

49525

MFN 34826

FELIZARDO ADENILSON ROCHA

**DESEMPENHO DE UM EQUIPAMENTO DE IRRIGAÇÃO
AUTOPROPELIDO EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Geraldo Magela Pereira

BIBLIOTECA CENTRAL - UFLA



49525

BIBLIOTECA CENTRAL

UFLA
N.º CLAS T631.587

RDC

des 49525
N.º REGISTRO

DATA 02/08/00

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2000

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

Rocha, Felizardo Adenilson

Desempenho de um equipamento de irrigação autopropelido em condições de campo / Felizardo Adenilson Rocha. -- Lavras : UFLA, 2000.

80 p. : il.

Orientador: Geraldo Magela Pereira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Irrigação por aspersão. 2. Autopropelido. 3. Avaliação. 4. Uniformidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.587

FELIZARDO ADENILSON ROCHA

**DESEMPENHO DE UM EQUIPAMENTO DE IRRIGAÇÃO
AUTOPROPELIDO EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA 22 em de Maio de 2000

Prof. Antônio Marciano da Silva

UFLA

Prof. Jacinto de Assunção Carvalho

UFLA


Prof. ~~Geraldo Magela Pereira~~
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A DEUS, por tudo;

Ao meu pai Felizaldo (in memorian);

*A minha mãe Maria das Graças, pelo incentivo e esforço dedicados a
minha formação;*

*Aos meus irmãos, Fernando, Renato, Doralice e Joice, e a minha
cunhada Silvânia.*

DEDICO E OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Engenharia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa, a que tornou possível a realização deste trabalho.

À empresa Metal Lavras pelo apoio que tornou viável a realização deste trabalho, em especial ao Verner, por ter cedido o equipamento e toda a infraestrutura necessária na condução dos testes.

Aos funcionários da Metal Lavras, Francisco (Chico), Marquinhos, Adriano (Boy), Cacá, Valdeci e aos demais funcionários que colaboraram para este trabalho.

Ao professor Geraldo Magela Pereira pela orientação, apoio, amizade e pelas valiosas sugestões.

Ao Professor Antônio Marciano da Silva, responsável pelo convênio entre o DEG/FIEMG e a Metal Lavras.

Aos meus irmãos, Fernando e Renato, sem a ajuda dos quais este trabalho não teria obtido êxito, em especial ao Fernando pela inestimável ajuda no trabalho de coleta dos dados.

Aos colegas de curso, Maria Emília, Claudionor, Ricardo, Fabinho, Rui, Geraldo Jr., Rogério e Raimundo, pelo agradável convívio neste período e pelos muitos momentos de descontração. Em especial aos dois últimos, pela grande ajuda prestada na coleta dos dados e, principalmente, pela amizade que se formou.

Ao Júlio pela amizade, companheirismo e ajuda prestada.

Aos professores Jacinto de Assunção Carvalho e Antônio Marciano da Silva, membros da Banca examinadora, pelas sugestões.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE SÍMBOLOS.....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Características do sistema de irrigação por autopropelido.....	3
2.2 Uniformidade de distribuição de água.....	7
2.3 Aspectos econômicos.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Descrição da área experimental.....	14
3.2 Caracterização do equipamento autopropelido Hidro-Roll ML.....	15
3.3 Procedimento de campo.....	19
3.3.1 Uniformidade de distribuição de água.....	19
3.3.2 Intensidade de precipitação.....	23
3.3.3 Perda de carga no sistema.....	24
3.3.4 Velocidade de recolhimento da mangueira.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Análise da uniformidade de distribuição de água do canhão.....	26
4.2 Perda de carga	42
4.2.1 Perda de carga na turbina.....	42
4.2.2 Perda de carga na mangueira.....	46
4.3 Verificação da velocidade de recolhimento da mangueira.....	47
5 CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXOS.....	56

LISTA DE SÍMBOLOS

B22	diâmetro do bocal usado no aspersor de 22 mm
CUC	coeficiente de uniformidade de Christiansen (%)
DM	diâmetro molhado pelo aspersor (m)
E	Erro cometido na velocidade programada, para mais ou para menos, no trecho considerado (%)
HFM	perda de carga na mangueira (mca)
HFT	perda de carga na turbina (mca)
p400	pressão de 400 kPa no aspersor
RT	rotação da turbina (rpm)
TPM	tomada de pressão na mangueira (mca)
TPT	tomada de pressão na turbina (mca)
V120	velocidade de recolhimento da mangueira de 120 m/h

RESUMO

ROCHA, Felizardo Adenilson. **Desempenho de um equipamento de irrigação autopropelido em condições de campo**. Lavras: UFLA, 2000. 80p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola, Irrigação e Drenagem)*

O sistema autopropelido representa uma etapa importante no processo de automatização dos métodos de irrigação. A utilização deste sistema tem crescido bastante, principalmente por causa da necessidade cada vez maior de redução nos gastos com mão-de-obra. Em função da aplicabilidade deste equipamento, estudos visando uma melhor avaliação deste aparelho são necessários. Assim sendo, este trabalho objetiva avaliar o desempenho do autopropelido tipo carretel enrolador Hidro-Roll ML 90/240, fabricado pela Metal Lavras, que utiliza o aspensor do tipo canhão hidráulico setorial *Big River* 76,2 mm, em condições de campo, seguindo as normas ISO 8224/1 (1985) e ISO 7749/2 (1990). Para este estudo, foram testadas três pressões (400, 450 e 500 kPa), três velocidades de recolhimento da mangueira (40, 70 e 120 m/h) e dois bocais (22 e 24 mm), com a finalidade de verificar a influência destes parâmetros na uniformidade de distribuição de água, intensidade de aplicação, lâmina média aplicada, rotação no eixo da turbina e as perdas de carga na mangueira e turbina. Utilizou-se ângulo setorial de operação de 270° em todos os testes. Observou-se, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, que de maneira geral os maiores valores de CUC foram verificados para larguras de faixas correspondentes a 70% e 80% do diâmetro molhado pelo aspensor (DM). Além disto, na maioria dos testes observou-se que é possível trabalhar com pressão de 450 kPa e até mesmo 400 kPa, ao invés de 500 kPa, sem prejuízo considerável na uniformidade de distribuição de água. No que se refere à perda de carga na mangueira, constatou-se que a mesma aumenta com o enrolamento pelo carretel, já na turbina ocorreu o inverso. Isto ocorre porque o comprimento de mangueira em contato com o solo é cada vez menor, diminuindo o atrito, conseqüentemente a exigência de esforço na turbina é menor. Verificou-se também que a variação na velocidade de recolhimento do carro aspensor é menor para velocidades menores.

* Orientador: Geraldo Magela Pereira - UFLA

ABSTRACT

ROCHA, Felizardo Adenilson. **Performance of a traveler irrigation equipment under field conditions**. Lavras: UFLA, 2000. 80p. (Dissertation - Master of Science in Agricultural Engineering, Irrigation and Drainage)*

The traveler systems represent an important step in the automation process of the irrigation methods. The utilization of that system has grown greatly, chiefly because of the increasing need of the reduction in the expenditure on labor cost. In terms of the applicability of this equipment, studies aiming at a better evaluation of this apparatus are needed. So, this work intended to evaluate the performance of the type coiling spool traveler equipment Hidro-Roll 90/240, manufactured by Metal Lavras, which utilizes the type sectorial hydraulic cannon sprinkler *Big River* 76,2 mm, under field conditions, following the guidelines ISO 8224/1 (1985) and ISO 7749/2 (1990). For this study, three pressures (400, 450 and 500 kPa), three hose coiling velocities (40, 70 and 120 m/h) and two nozzles (22 and 24 mm) were tested with the purpose of verifying the influence of these parameters upon of water distribution uniformity, application intensity, applied average height, rotation on the turbine axis and the head losses in the hose and turbine. The sectorial operating angle of 270° was used in every test. It was observed by Tukey's test at the 5% level of probability that in general way, the greatest values of CUC were verified for band breadhts corresponding to 70% and 80% of the diameter wetted by the sprinkler (WD). In addition, in most tests it was found that ist is possible to work with pressure of 400 kPa and even 400 kPa, rather than 500 kPa, without impairing the water distribution uniformity. The head loss in the hose increases with the coiling by spool, occuring the inverse on the turbine. The hose length in contact with the soil is every time lower, reducing the friction, demand lower effort. It was also verified that the variation in the coiling velocity is lower for lowest velocitys.

* Advisor: Geraldo Magela Pereira - UFLA

1 INTRODUÇÃO

O principal objetivo da irrigação é fornecer uma quantidade adequada de água às plantas para prevenir o estresse hídrico que pode afetar, tanto em quantidade como em qualidade, a produção da cultura. A quantidade de água requerida em cada irrigação e o momento de sua aplicação são parâmetros governados pelas condições climáticas locais, tipo de cultura e seu estágio de crescimento, profundidade efetiva do sistema radicular e umidade do solo. Assim sendo, os sistemas de irrigação por aspersão são projetados e manejados de modo a fornecer uma quantidade de água que mantenha o solo com umidade em condições desejáveis, objetivando uma produtividade em níveis economicamente viáveis.

O avanço tecnológico no setor de irrigação, tem proporcionado o surgimento de novos equipamentos pelos fabricantes. Neste contexto, o sistema autopropelido representa, sem dúvida, no processo de automatização dos métodos de irrigação, uma etapa que tem se expandido bastante, buscando principalmente uma redução nos gastos com mão-de-obra. Por outro lado, o custo variável dos sistemas autopropelidos pode tornar-se um fator limitante na escolha deste tipo de equipamento; porém, adotando-se um manejo adequado, muitas vezes é possível utilizar o sistema de irrigação em tempo inferior àquele para o qual foi projetado, economizando em termos de operação, com reflexos diretos nos custos de energia de bombeamento e mão-de-obra.

Em função da grande aplicabilidade deste equipamento, vários estudos são feitos visando obter sua uniformidade de distribuição de água por ser este um dos critérios mais importantes para avaliação de seu desempenho. Sabe-se, também, que estes testes são desenvolvidos em condições ideais, de acordo com os critérios das normas de controle de qualidade. Entretanto, em condições de

campo, verifica-se que este equipamento pode sofrer alterações em seu funcionamento, seja no desempenho hidráulico do aspersor (por manutenção inadequada, variações de temperatura e umidade) ou no próprio equipamento, devido aos desgastes sofridos pelas partes móveis ao longo do tempo e tipo de solo quando submetido a condições adversas em campo. Daí a importância de se realizar testes no campo, operando o sistema nas condições que prevalecem, quando em normal funcionamento.

O sistema autopropelido é bastante prático e tem tido boa aceitação entre os produtores de cana-de-açúcar e em destilarias de álcool, sendo utilizado na distribuição da vinhaça, junto com a água de irrigação, como forma de aproveitamento racional deste subproduto da produção do álcool. Entretanto, a falta de mão-de-obra qualificada para operá-lo tem contribuído para o seu uso de forma inadequada, levando a danos no equipamento e até mesmo a sérios acidentes de trabalho. Desta forma, todo o trabalho de pesquisa que vise orientar os produtores e operadores é de fundamental importância.

Assim sendo, aliando o interesse da indústria Metal Lavras LTDA, empresa que produz equipamentos de irrigação, ao do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho do conjunto autopropelido Hidro-Roll ML 90/240 série compacta, acoplado com aspersor do tipo canhão hidráulico *Big River* 76,2 mm, setorial de reversão automática, conforme as normas ISO 8224/1 (1985) e ISO 7749/2 (1990), sob diferentes condições operacionais de campo.

Com essa iniciativa, serão geradas informações técnicas no que diz respeito ao seu funcionamento em campo, de interesse da empresa, bem como dos futuros consumidores e/ou profissionais da área, que terão informações mais qualificadas, facilitando a tomada de decisão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características do sistema de irrigação por autopropelido

O autopropelido foi um dos primeiros sistemas de irrigação mecanizados que surgiram no Brasil. Consta basicamente de um aspersor que se desloca sobre a área a ser irrigada, molhando faixas individuais. Após a irrigação de uma faixa, o equipamento é transportado para outra, seguindo uma seqüência de irrigação. No final desta seqüência, toda a área deverá estar irrigada e a máquina disponível para iniciar um novo ciclo de irrigação (Vilela, 1999).

A irrigação por aspersão com sistema autopropelido surgiu da necessidade do mercado de irrigação, exigindo, cada vez mais, maiores áreas irrigadas, com menor utilização de mão-de-obra. O autopropelido é um equipamento que se locomove pela energia da água de irrigação, proporcionando, em relação à aspersão convencional portátil e semiportátil, grande economia de mão-de-obra. Scaloppi e Colombo (1995) destacam que, do ponto de vista prático, este equipamento apresenta razoável adaptação às culturas de porte elevado, notadamente as frutíferas, além de boa adaptação a terrenos irregulares. Por outro lado, observa-se a insuficiência de critérios específicos para dimensionamento, de uso generalizado, capazes de proporcionar um desempenho satisfatório e competitivo desses sistemas em diferentes condições.

Os autopropelidos existem desde de 1960 em escala comercial nos Estados Unidos. No Brasil foram produzidos e comercializados por volta de 1975, os quais seguiram duas linhas básicas de produção: propulsão por pistão e por turbinas hidráulicas (Folegatti, 1997).

O mesmo autor relata que de acordo com tipo de tracionamento do equipamento no campo, existem no mercado dois sistemas: com uso de cabo de aço e com a própria mangueira de condução de água.

A grande diferença que o modelo tracionado por mangueira apresenta em relação ao modelo tracionado por cabo de aço consiste no emprego de mangueira flexível de polietileno de média densidade (PEMD) para provocar o movimento do aspersor, instalado sobre um chassi com duas ou quatro rodas pneumáticas, devido ao tracionamento provocado pelo enrolamento da mangueira no carretel. Os componentes de um sistema completo tracionado por mangueira não diferem muito do modelo tracionado por cabo de aço, sendo a maior diferença a exclusão do cabo de aço. Para Danieletto (1990), a vida útil da mangueira de polietileno de média densidade é de aproximadamente 10 anos. Vale lembrar que em função do tipo de solo e do manejo, esta afirmação pode se alterar completamente. O autor comenta que o máximo raio de curvatura admitido por um tubo é dependente de sua classe de pressão, do módulo de elasticidade do material e da tensão admissível, que, por sua vez, variam em função do tempo de aplicação da carga e da temperatura.

Vieira et al. (1996), analisando a influência do raio de curvatura na perda de carga em tubos de polietileno, verificou que para uma mesma velocidade de escoamento, verificou-se um aumento da perda de carga com a redução do raio de curvatura. Para um tubo de 1", o acréscimo foi de 25,8% para um raio de curvatura de 0,32 m. No caso de mangueiras de sistemas autopropelidos, em que o funcionamento ocorre em um sistema de carretel, portanto formando curvaturas, a perda de carga será menor quando toda a tubulação estiver disposta sobre o terreno.

Colombo (1991), equacionando o esforço de tração exigido por um autopropelido chuveiro, verificou que sobre carreador vegetado, a adoção de um coeficiente de atrito da ordem de 0,8 é recomendada, e para o caso de carreador

em solo nú, um coeficiente de atrito da ordem de 0,55 é mais adequado. Segundo o autor, isto ocorreu porque a água que irrigava a área molhava o local por onde a mangueira passava, reduzindo o atrito.

A força de tração necessária para arrastar a mangueira é menor quando os carregadores contêm vegetação rasteira. Por exemplo, para arrastar 200 m de mangueira de 100 mm de diâmetro interno sobre um solo franco-arenoso sem vegetação, é necessária uma força de 2.086 kgf (20,86 kN), enquanto para arrastar a mesma mangueira em um terreno com vegetação, é necessária uma força de 1.632 kgf (16,32 kN). Além de exigir menor esforço de tração, o solo com vegetação faz com que a mangueira tenha maior tempo de vida útil (Ashbacher, 1978).

Rocha (1998), analisando a influência de ângulos setoriais e pressão de serviço na uniformidade de distribuição de água de um equipamento de irrigação autopropelido, verificou que os valores de CUC:

- a) aumentaram até um comprimento de 70 m de mangueira desenrolada, diminuindo em seguida;
- b) Aumentaram com o aumento da pressão de serviço;
- c) Em condições de sobreposição, os maiores ângulos setoriais proporcionaram menores valores de CUC;
- d) A perda de carga na turbina diminuiu à medida que a mangueira foi enrolada;
- e) A perda de carga na mangueira aumentou à medida que a mangueira foi enrolada.

Oakes e Rochester (1986), citados por Charmelo (1990), estudando a utilização de energia em dois equipamentos autopropelidos acionados por pistão hidráulico e turbina, concluíram que o mecanismo de pistão hidráulico resulta em maior perda de água, enquanto o mecanismo de turbina resulta em maior perda de pressão. Eles consomem em torno de 6 a 7 % da energia de entrada

para o funcionamento do pistão e da turbina, respectivamente. Os autores encontraram maior eficiência no uso da energia de entrada para a irrigação no equipamento tracionado por turbina, ocorrendo essa distribuição da seguinte forma: no sistema de pistão, 45% da energia foram consumidos pelas perdas por atrito e voltas da mangueira no carretel, e aproximadamente a mesma quantidade foi consumida na irrigação propriamente dita; no sistema com turbina, as perdas por atrito e voltas da mangueira no carretel foram de 20%, e o uso de energia propriamente dita foi de 69%.

Shull e Dylla (1979), ao trabalharem com um sistema autopropelido, simularam vários espaçamentos entre carregadores, sob diversas condições de vento, e verificaram que os menores espaçamentos entre carregadores proporcionaram uma melhor uniformidade de distribuição. Nestas condições ocorre uma aplicação de altas lâminas médias e normalmente estes espaçamentos não são operacionalmente eficientes devido ao maior trabalho necessário à mudança do equipamento entre faixas, fato constatado também por Frizzone (1992). O autor cita que os sistemas autopropelidos não são recomendados em áreas onde a velocidade do vento frequentemente ultrapassa 2 m/s.

Grant, Anderson e Rochester (1984) registram que em sistemas de irrigação autopropelido, a uniformidade de aplicação de água é geralmente inferior no início e fim da trajetória de aplicação do jato. Segundo os autores, menores ângulos setoriais de operação causam maior intensidade de aplicação para solos com baixa taxa de infiltração, este fator é limitante.

De acordo com Addink et al. (1983), o coeficiente de uniformidade de aplicação de água de um equipamento autopropelido de irrigação decresce caso a velocidade de deslocamento do carro aspersor ao longo do carregador não seja constante. Estes autores relatam que na literatura encontraram-se valores extremos de até 60% de variação na velocidade de deslocamento de

autopropelidos. A causa desta variação é atribuída a variações no diâmetro do carretel enrolador de cabo de aço ou mangueira e a variações na velocidade de rotação do mecanismo propulsor.

2.2 Uniformidade de distribuição de água

Sempre que a água proveniente da precipitação efetiva não for suficiente para atender a demanda hídrica das plantas e a disponibilidade de água do solo for esgotada a níveis que irão provocar redução significativa de produtividade, haverá necessidade de suprir as necessidades hídricas das culturas com a aplicação de água de irrigação (Gomide, 1998). Além disso, o rendimento da cultura está estreitamente relacionado com a uniformidade de distribuição de água (Bernardo, 1989).

Rosa (1986), Tomazela (1996) e Pair (1968), estudando a uniformidade de distribuição de água num sistema de irrigação autopropelido, concluíram que ela é influenciada pelo tipo de perfil de distribuição do aspersor, pela velocidade e direção do vento, pressão de serviço, uniformidade de rotação do aspersor, altura de elevação do aspersor, diâmetro e tipo de bocal dos aspersores.

Para Fischer e Wallender (1988), o tamanho do coletor e a duração do teste também produzem efeito significativo na determinação da uniformidade de distribuição de água do aspersor, uma vez que o coeficiente de variação (C.V.) diminui quando o diâmetro do coletor e a duração do teste são aumentados. Yanagi Júnior (1995) acrescenta que neste caso específico, o espaçamento entre carregadores e a velocidade de deslocamento do carro aspersor também influenciam a uniformidade de distribuição.

Keller e Bliesner (1990) citam que os aspersores tipo canhão hidráulico empregados nos autopropelidos necessitam operar com ângulo setorial para proporcionar maior uniformidade de distribuição; além disso, nestas condições

o carreador por onde passa o carro aspersor permanece seco. Entretanto, o uso de aspersores setoriais aumenta a taxa de aplicação. Os próprios autores citam que entre os ângulos setoriais utilizados, o que produz um perfil mais uniforme é o de 210°; por outro lado, o perfil produzido pelo ângulo de 240°, e até mesmo de 270°, são quase tão bons quanto o de 210°, se considerarmos a sobreposição da lâmina aplicada por carreadores adjacentes. Alterações no ângulo setorial podem ocasionar variações no perfil de distribuição de água do aspersor, como demonstra a Figura 1.

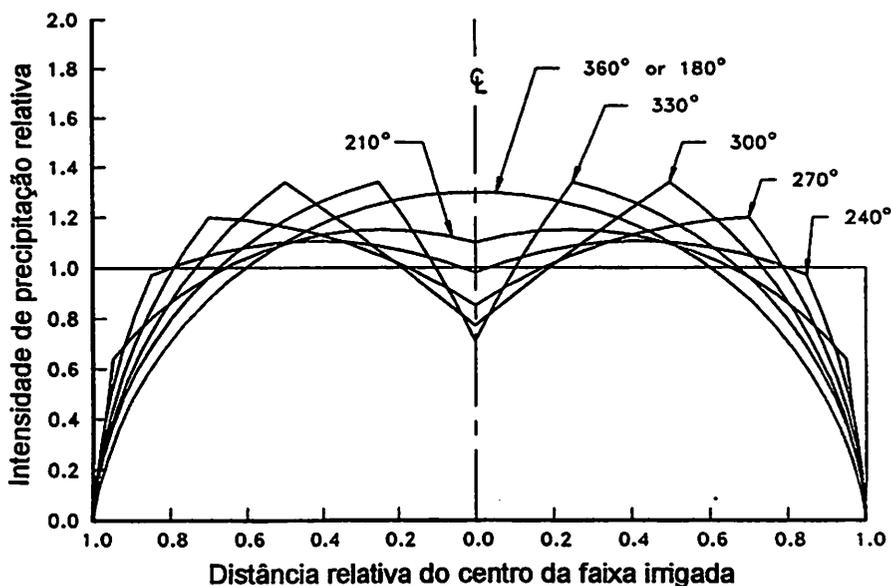


FIGURA 1. Perfis de distribuição de água de um aspersor autopropelido cobrindo diferentes ângulos setoriais

Segundo Solomon (1979); Vories e Von Bernuth (1986), um fator que deve ser considerado ao avaliar aspersores é a variação na velocidade de rotação, pois ela afeta significativamente a intensidade de aplicação de água do aspersor. Li e Kawano (1998) observaram que o ângulo de contração do bocal afeta o

perfil de distribuição e a rotação do aspersor, sendo que a velocidade de rotação do aspersor decresce quando o ângulo de contração aumenta.

A uniformidade de distribuição de água na irrigação por aspersão tem sido objeto de muitos estudos. Christiansen (1965) propôs uma equação conhecida atualmente como Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), ou seja:

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |xi - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

em que :

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

\bar{x} = precipitação média geral, mm;

xi = precipitação observada em cada coletor, mm;

n = número de coletores.

O mesmo autor fez um comentário sobre a aplicação do CUC, afirmando que a principal vantagem está na simplicidade do cálculo, que fornece uma relativa informação da distribuição de água. Caso seja o CUC igual a 100% , conclui-se que a irrigação será perfeitamente uniforme. Ele alerta que embora o CUC seja muito utilizado, ele é dependente dos desvios médios das medições em relação à média e não é muito sensível, pois duas diferentes distribuições de água podem produzir coeficiente de uniformidade semelhantes. Além do mais, desvios positivos e negativos são considerados de igual efeito, o que não é verdadeiro para as plantas.

Klar (1991), referindo-se a este coeficiente, relata que o termo $\sum_{i=1}^n |xi - \bar{x}| / n \cdot \bar{x}$ descreve o desvio absoluto médio em relação à média \bar{x} .

Isto significa que quanto menores os desvios absolutos em relação à média, maior o coeficiente de uniformidade.

Keller (1978), citado por Del Pino (1998), recomenda certos valores mínimos para o coeficiente de uniformidade:

- a) para culturas de alto valor econômico, especialmente aquelas com sistema radicular raso, o sistema de irrigação deve operar com altas uniformidades, isto é, coeficiente de uniformidade maior que 87%;
- b) para culturas típicas com sistema radicular médio e textura média do solo, o coeficiente de uniformidade deve estar entre 81 a 87%;
- c) Para pomares ou culturas de sistema radicular profundo e forrageiras, nos quais a chuva é suficiente para manter a umidade do solo, o coeficiente de uniformidade deve variar entre 72 a 83%.

O ângulo de inclinação do bocal tem efeito no alcance e na altura do jato. Menores ângulos de inclinação implicam jatos mais rasantes e de menor alcance (Marouelli, 1989). Em geral a velocidade do vento aumenta com a altura em relação ao solo, por isso os aspersores tipo canhão serem fabricados com ângulos de trajetória que vão de 18 a 32°, sendo mais recomendados aqueles que possuem entre 23 e 25° utilizados, principalmente em regiões sujeitas a ventos constantes (Keller e Bliesner, 1990).

Para Pair et al. (1969), a eficiência total de aplicação de água em sistemas por aspersão varia de 70% em regiões quentes e áridas, a 85% em regiões úmidas e frias. Os fatores que afetam diretamente ou indiretamente esta eficiência são o tamanho das gotas de água, a temperatura, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a intensidade de aplicação do aspersor. A correta seleção, instalação e operação do aspersor é que vão determinar a eficiência do sistema, permitindo uma boa uniformidade de distribuição de água.

Young (1973), citado por Solomon (1979), fez observações a respeito da influência do vento na uniformidade de distribuição. Para ele, mesmo que todos

os outros fatores conhecidos que influenciam a uniformidade de distribuição sejam mantidos constantes, algumas variações são esperadas; fato também confirmado pelo autor, que realizou vários testes para um mesmo aspersor e observou uma variação, no CUC, de 79,2% a 90,9%, sendo este resultado já esperado.

Tarjuelo (1991) classificou o vento segundo três níveis de velocidade: vento fraco (0 a 2 m/s); vento mediano (2,1 a 4 m/s), e vento forte (acima de 4 m/s). Este mesmo autor cita que a uniformidade de distribuição diminui 20% quando a velocidade do vento passa de valores menores que 2 m/s a valores superiores a 4 m/s, o que permite recomendar a interrupção da irrigação nas condições de ventos fortes.

Pereira (1995), simulando as perdas de água por evaporação e a uniformidade de distribuição na irrigação por aspersão convencional, constatou que as perdas de água por evaporação e arrastamento pelo vento variam de 9,25 a 11,50 % do volume de água aplicado, sendo que as perdas por evaporação durante o trajeto do jato d'água foram praticamente desprezíveis.

Olitta (1981) e Vilela (1995) afirmam que, de modo geral, gotas com diâmetro menor que 1mm são facilmente arrastadas pelo vento, enquanto gotas acima de 4 mm de diâmetro tendem a danificar as partes tenras das plantas e a causar desagregação superficial do solo, podendo ocasionar problemas de encrostamento e erosão.

O mau uso do recurso água em escala mundial vem afetando a qualidade de um outro fator, o solo. Nos países em desenvolvimento, praticamente a metade das terras aráveis irrigadas necessitaria de recuperação imediata, devido à salinidade e à deficiência de drenagem. Ao mesmo tempo, 30% das terras aráveis na América Central, 17% na África, 20% no sudoeste da Ásia e 36% no sudeste asiático estão sendo afetadas pela erosão e pela esterilidade do solo (Ryff, 1995).

Isto demonstra que o espectro de gotas formado por aspersores é de grande importância, podendo se destacar duas razões: primeiro porque gotas pequenas são sujeitas à deriva devido ao vento, sofrendo distorção no jato aplicado; segundo porque gotas maiores possuem maior energia cinética, a que é transferida à superfície do solo, causando deslocamento das partículas e empocamento, o que resulta no selamento da superfície, escoamento superficial (*runoff*) e conseqüente erosão do solo (Kohl, 1974; Alves Sobrinho e Bonomo, 1996).

2.3 Aspectos econômicos

Os custos de implantação de um sistema de irrigação constituem importante aspecto a ser considerado na seleção e no uso de determinado tipo de aspersão, pois são relativamente elevados e refletem diretamente nos custos operacionais do sistema utilizado.

Membros de missão técnica da FAO/Banco Mundial, citados por Aguirre et al. (1989), examinaram custos de implantação, operação e manutenção de projetos privados de irrigação na região nordeste do Brasil, confrontando dois tamanhos de área (dois e seis hectares) e dois tipos de fonte de energia para bombeamento (elétrica e diesel). Os resultados obtidos permitiram concluir, além de outros aspectos, que independente da fonte de energia, o custo de investimento por hectare decrescia com o aumento da área irrigada em decorrência da indivisibilidade de certos componentes dos sistemas de irrigação.

Os custos operacionais e de manutenção ou variáveis abrangem, essencialmente, os dispêndios realizados com lubrificantes, mão-de-obra, reparos dos equipamentos e da infra-estrutura utilizados na operação do sistema de irrigação e energia, sendo esta, não raro, o principal item do custo variável.

Scaloppi (1985) comparou o consumo de energia entre os sistemas de irrigação por aspersão convencional, pivô central e autopropelido. Os resultados obtidos mostraram que o sistema autopropelido foi o de maior consumo energético, superando todos os outros sistemas, e que os motores acionados a óleo diesel apresentam consumo de energia, requerida no bombeamento, seis vezes superior ao dos motores elétricos.

Melo (1993), analisando os custos de três sistemas de irrigação em Minas Gerais, para áreas entre 60 e 80 hectares, operando com motores a diesel, observou que o custo de implantação de um sistema autopropelido é de US\$ 2.651/ha, ficando o preço um pouco acima dos pivôs centrais (US\$2.573/há). Já na aspersão convencional semiportátil, este custo é relativamente baixo, ficando em torno de US\$1.753/ha.

Por outro lado, dados mais recentes demonstram que o custo de instalação do autopropelido, para áreas superiores a 40 hectares, oscila entre US\$900 a US\$2.100/ha, inferior à aspersão convencional, que está na faixa de US\$ 1.700 a US\$3.000/ha. Para pivôs centrais, este custo é de US\$900 a 1.500/ha (Catálogo Valley,1999). A mangueira é a parte mais sensível do sistema autopropelido devido ao seu alto custo, que varia de 25 a 50% do preço de venda do equipamento, dependendo do comprimento da mangueira (Catálogo Metal Lavras, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Avaliou-se, com este trabalho, o desempenho de um equipamento autopropelido em condições de campo. Foram avaliadas três pressões (400, 450 e 500 kPa), três velocidades de recolhimento da mangueira (40, 70 e 120 m/h) e dois diâmetros de bocais (22 e 24 mm), todos dentro das especificações recomendadas pelo fabricante, com a finalidade de verificar a influência destes parâmetros na uniformidade de distribuição de água, intensidade de aplicação de água, lâmina média aplicada, rotação da turbina e perdas de carga na turbina e mangueira. Utilizou-se um ângulo setorial para o aspersor de 270°, em todos os testes, por recomendações do fabricante e da literatura consultada.

3.1 Descrição da área experimental

Os trabalhos foram conduzidos no campo experimental da empresa Metal Lavras, situada no município de Lavras-MG.

As características físicas deste local foram determinadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Através da análise realizada pelas amostras retiradas ao longo do carreador, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, apresentando classificação textural argilosa, conforme diagrama de classificação de solos (Andrade e Souza, 1993?). A área de testes apresentava 120 m de largura por 250 m de comprimento, sendo parcialmente gramada e com declividade inferior a 1%, tanto no sentido longitudinal como no sentido transversal.

A captação d'água para os testes foi realizada por dois conjuntos motobomba, da seguinte forma: um primeiro conjunto motobomba foi instalado próximo a um córrego, bombeando água até um reservatório com volume de 40

m³, situado ao lado da área experimental. Neste local, outro conjunto motobomba captava a água para os testes. Este procedimento ocorreu durante os testes com os dois conjuntos funcionando simultaneamente. Cada conjunto tinha as seguintes características: motor diesel MWM turbo com 6 cilindros, rotação de 1750 rpm, bomba FAL 125/100/40 com capacidade de 125 m³/h.

3.2 Caracterização do equipamento autopropelido Hidro-Roll ML

O equipamento autopropelido avaliado neste trabalho foi o Hidro-Roll ML, modelo 90/240, série compakta, fabricado e comercializado pela empresa Metal Lavras Sistemas de Irrigação, situada no município de Lavras-MG. Trata-se de um modelo recentemente lançado no mercado e que emprega uma tecnologia moderna, diferente dos modelos até então existentes. O conjunto autopropelido possui as características construtivas, relatadas na Figura 2. Maiores detalhes são apresentados na Figura 2B, em anexo.

- estrutura em tubos de aço quadrados e retangulares;
- redutor de 2 velocidades;
- turbina em alumínio de alta performance;
- sistema de velocímetro digital por rolo contado (medição direta na mangueira);
- proteção do carretel em plástico ABS;
- fim de curso automático;
- possibilidade de giro total (360°) do carretel.

A velocidade de recolhimento da mangueira se dá através de um instrumento eletrônico computadorizado, o Irrigamatic 100, marca *Matermacc*, que monitora e regula automaticamente velocidades que vão de 5 a 200 m/h., de acordo com a lâmina de água a ser aplicada. É composto por central eletrônica computadorizada, que está interligada por um cabo a um conjunto

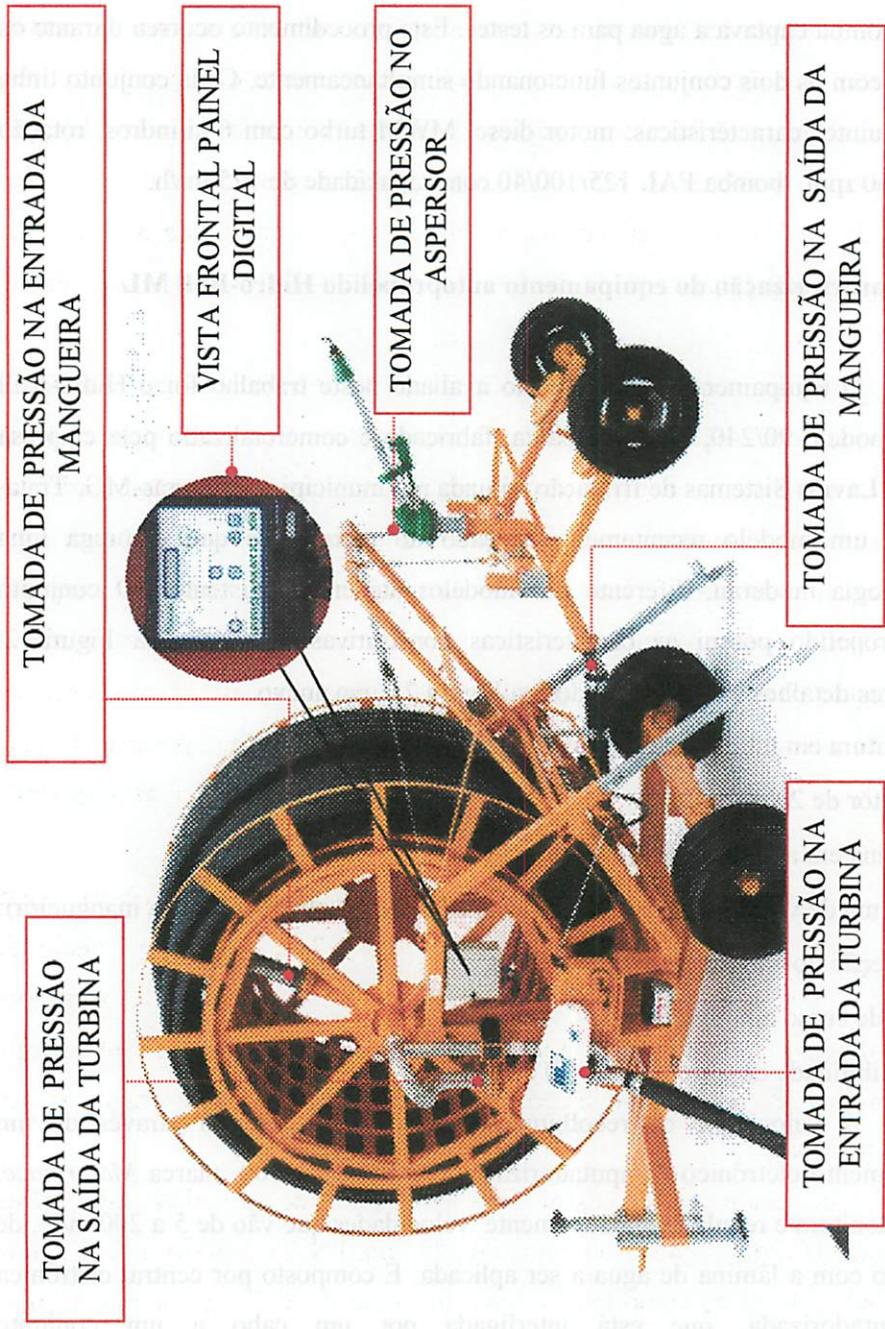


FIGURA 2. Conjunto autopropelido HIDRO-ROLL 90/240.

rolo medidor (rolete), que se movimenta quando a mangueira está sendo enrolada. Este rolete possui um sensor que transmite um sinal à central eletrônica que promove o acionamento de um micro motor acoplado a uma válvula by-pass, fechando a mesma de forma a manter a velocidade de recolhimento constante. A velocidade é monitorada a cada 0,80 m de mangueira recolhida, fechando gradativamente a válvula by-pass, mantendo a velocidade programada estabilizada. Maiores detalhes podem ser observados pela Figura 3B, em anexo.

O equipamento apresenta ainda a característica de possuir um fim de curso automático (parada automática). A parada se dá quando uma haste metálica acoplada na mangueira, próxima ao carro aspersor, desloca para trás uma barra na parte inferior do carretel, interligada ao redutor por uma cabo metálico, que promove o acionamento de uma chave seletora para a posição desacoplado (desengrenado). Nesta posição, a caixa redutora não transmite o movimento para o carretel que enrola mangueira, e com isso o carro aspersor pára. A caixa redutora permite duas posições de trabalho: posição 1, para velocidades menores (0 a 50 m/h), e posição 2, para velocidades maiores (50 a 200 m/h).

Sobre o carro aspersor foi instalado um canhão hidráulico da marca Sime, de fabricação italiana, modelo *Big River* 76,2 mm, com ângulo de inclinação do bocal de 25° (Figura 3), de reversão lenta e automática (feita por um conjunto de engrenagens), diferente dos modelos tradicionais, que utilizam um sistema composto por braço reversor e balancim para promover seu funcionamento.

Este equipamento possui uma mangueira de polietileno de média densidade (PEMD), diâmetro nominal de 90 mm, PN 8 e espessura de 6,7 mm, possuindo 240 m de comprimento, com um peso de 6,37 kg por metro linear quando cheia de água.

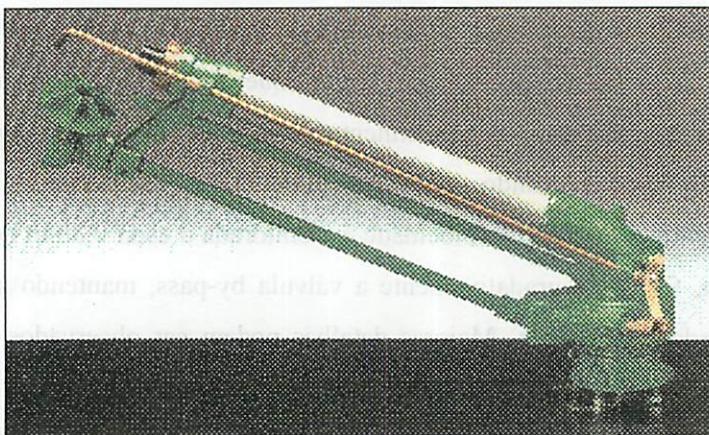


FIGURA 3. Aspersor *Big River* de reversão lenta e automática .

Seu mecanismo propulsor é dotado de uma turbina, operando, neste caso, com um bocal de 32 mm que direciona o jato d'água que toca nas paletas da turbina, proporcionando mais eficiência ao sistema. Este modelo permite irrigar faixas de até 2,4 hectares por vez, operando com vazões que vão de 40 a 80 m³/h. O tambor enrolador da mangueira possui largura de 1,20 m e diâmetro de 1,55 m. Para recolher a mangueira, existe um par de engrenagens, interligadas por corrente, que acionam um eixo de rosca cruzada (barra guia) quando o equipamento está em funcionamento, orientando uniformemente o enrolamento da mangueira no carretel e evitando que a mangueira enrosque (monte) durante seu recolhimento (Figura 3B, em anexo).

O sistema de propulsão é constituído por uma turbina, acionada pela própria água de irrigação. A água passa pela turbina (tipo pelton), que está interligada através de polia e correia a uma caixa redutora de velocidade. Esta caixa aciona o sistema de engrenagens que promove o giro do carretel, responsável pelo enrolamento da mangueira e o conseqüente movimento do carro aspersor.

3.3 Procedimento de campo

No estudo do desempenho de equipamentos de irrigação, vários são os parâmetros necessários para uma correta análise. Com relação ao autopropelido, deve se levar em conta o comportamento do conjunto aspersor e carretel. Neste caso, para verificar suas características hidráulicas, é necessário determinar alguns parâmetros exigidos pelas normas de qualidade internacional ISO 8224/1 (1985) e ISO 7749/2 (1990), que discorrem sobre o método de avaliação do autopropelido em condições de campo. A metodologia proposta pelas normas é descrita a seguir.

3.3.1 Uniformidade de distribuição de água

Na determinação da uniformidade de distribuição de água foi utilizado o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). Para isso, foram distribuídas 3 linhas de coletores na posição perpendicular à direção de deslocamento, com espaços equidistantemente de 3 m, sendo a distância das mesmas, em relação ao carretel enrolador, de 72 m, 75 m e 78 m, respectivamente.

Os coletores utilizados nos testes foram de PVC rígido, fabricados pela Fabrimar, e foram instalados sobre hastes de alumínio a 0,60 m do solo, possuindo as dimensões de 80 mm de diâmetro por 75 mm de altura. Em cada linha foram colocados 100 coletores, 50 de cada lado do carro aspersor, sendo o espaço entre eles de 1 m a partir do aspersor (canhão hidráulico), ficando um espaço de 2 m, no centro da linha de coletores, para passagem do carro aspersor. Sobre o carro aspersor (com 1,95 m de largura), no tubo de subida, foi instalado o canhão hidráulico, de forma que a distância vertical entre a seção de captação do coletor e o bocal do aspersor fosse de aproximadamente 1,13 m, superior ao

valor mínimo de 0,50 m exigido pela norma ISO 7749/2 (1990). A Figura 4 mostra uma vista parcial da distribuição das linhas de coletores na área experimental.

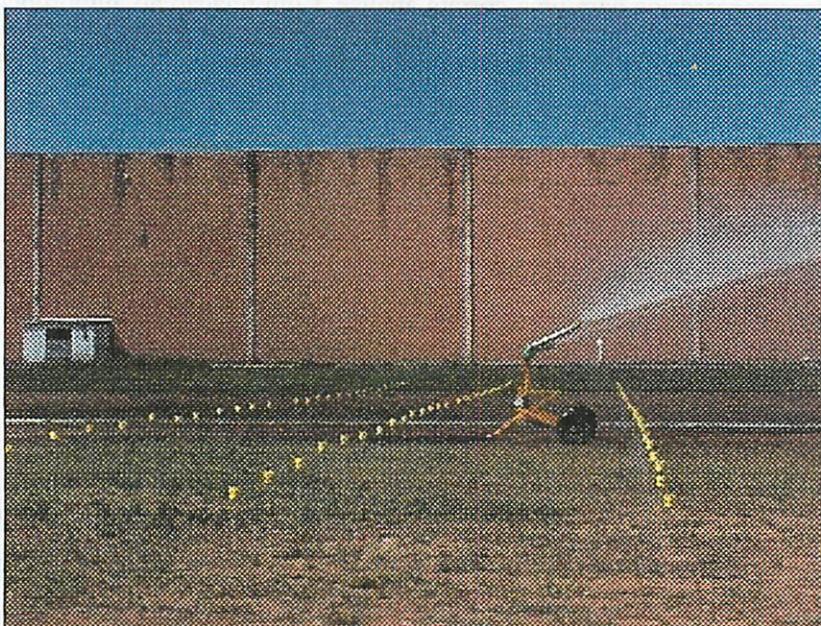


FIGURA 4. Vista parcial da distribuição das linhas de coletores na área experimental.

Ao lado da área experimental, a aproximadamente 50 m das linhas de coletores, foi montada um mini estação meteorológica digital da marca *Davis*, instalada a uma altura de 3 m, permitindo obter dados instantâneos de umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade e direção do vento, de onde foi feito o acompanhamento das condições atmosféricas locais durante a realização dos testes. Os testes foram conduzidos no mês de fevereiro de 2000, em períodos do dia em que a velocidade do vento era baixa ou nula, o que ocorreu geralmente nas primeiras horas do dia e no final da tarde. A velocidade do vento no decorrer dos testes se manteve inferior a 1,5 m/s.

Com a finalidade de determinar as perdas por evaporação durante a coleta de dados e posteriormente corrigir os volumes de água coletada, utilizaram-se 3 coletores extras, colocados ao lado da área de teste. Nestes coletores, colocou-se um volume de água conhecido (com auxílio de uma proveta graduada) no início do teste. No final do teste, mediu-se o volume de água contido nos coletores, e pela diferença de volume foi obtida a evaporação, sendo considerada a média desses valores para cálculo.

Em função da forma do perfil apresentado pelos aspersores tipo canhão, ser normalmente bastante irregular, torna-se necessário simular a sobreposição da lâmina de água aplicada para diferentes condições de funcionamento em campo, ou seja, diferentes condições de vento.

Caso o deslocamento do carro aspersor em cada faixa ocorra em direção oposta à da faixa imediatamente anterior, podem ocorrer duas formas de sobreposição na área: lado direito com lado esquerdo do perfil de distribuição de água e lado esquerdo com lado esquerdo, o que é mais freqüente para os autopropelidos tracionados a cabo. Para uma mesma direção de deslocamento, a sobreposição se efetua sempre lado direito com lado esquerdo. Esta foi a situação adotada no estudo por ser a que normalmente se utiliza na prática para o equipamento em questão.

Na determinação da uniformidade de distribuição de água, seguiu-se o seguinte procedimento: primeiramente foi considerada, como lâmina mínima, para fins de cálculo, aquela correspondente à intensidade de aplicação de no mínimo 0,25 mm/h no coletor, conforme recomendação da norma ISO 7749/2 (1990).

O diâmetro molhado efetivo, em cada teste, foi definido como sendo o alcance obtido pela média das lâminas médias mínimas resultantes em cada lado do carreador (lado direito e lado esquerdo). Em seguida, e conforme o procedimento descrito anteriormente, foi obtida a largura de faixa irrigada

considerando a média das 3 linhas de coletores. A largura de faixa resultante encontrada foi considerada a mesma para cada uma das 3 linhas de coletores. Posteriormente, foi determinado o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para cada uma das linhas de coletores. Esta metodologia foi seguida para todos os testes.

Utilizando-se a planilha eletrônica e os valores de precipitação encontrados em cada linha de coletor, simulou-se a distribuição de água para diferentes espaçamentos entre carregadores, ou seja, 100%, 80%, 70% e 60% do valor do diâmetro molhado do teste em questão. Deve-se salientar que estas simulações foram realizadas seguindo recomendações de Vilela (1999) e baseando-se na Tabela 1, a qual leva em consideração a velocidade do vento sobre a área. Ou seja, ao realizar um sobreposição de 80% do diâmetro molhado (DM), admite-se que a área se encontra numa condição de vento nulo. Mediante as condições atmosféricas presentes na área, emprega-se a situação de superposição do jato que melhor se adapta à realidade local, de maneira a obter a melhor uniformidade de distribuição de água sobre a área. Posteriormente, com os resultados das simulações, foram gerados os gráficos para analisar a variabilidade da lâmina de água aplicada para as situações citadas.

TABELA 1. Largura da faixa molhada ou espaçamento entre carregadores em função do diâmetro molhado pelo canhão e da velocidade do vento.

Velocidade do vento (m/s)	Largura da faixa (m)
sem vento	80% do diâmetro molhado pelo aspersor
até 2,2	70 a 80% do diâmetro molhado pelo aspersor
2,2 a 4,7	60 a 70% do diâmetro molhado pelo aspersor
acima de 4,7	50 a 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

3.3.2 Intensidade de precipitação

A escolha do aspersor está diretamente relacionada com o tipo de solo, mais especificamente com a capacidade de infiltração de água apresentada pelo mesmo e a intensidade de precipitação de água do aspersor. Sabe-se que para aplicar uma quantidade de água adequada e evitar escoamento superficial, a intensidade de precipitação de água deve ser igual ou inferior à capacidade de infiltração do solo. Em sistemas autopropelidos, nos quais um grande volume de água é aplicado em tempo relativamente pequeno, este parâmetro nunca deve ser desconsiderado, devendo ser corretamente calculado.

Em sua determinação, primeiramente foi determinado o volume médio aplicado, tomando-se a média aritmética da evaporação ocorrida nos coletores, acrescentando-se a esse o volume médio coletado em cada teste. Em seguida, dividindo-se o volume médio aplicado pela seção transversal dos coletores, foi encontrada a lâmina média aplicada, seguindo os critérios adotados anteriormente.

De posse da lâmina média aplicada, a intensidade de aplicação média sobre os coletores foi calculada dividindo a lâmina média coletada pelo tempo de aplicação sobre os coletores, obtido com o auxílio de um cronômetro digital. De posse destes dados, pôde-se gerar o perfil de distribuição de água do aspersor para as diversas condições de operação.

Outra informação obtida foi o tempo de rotação gasto para o aspersor cobrir o ângulo de 270° . Para isto, foram feitas 3 leituras utilizando um cronômetro digital com precisão de centésimos de segundos, sendo a média das leituras a rotação considerada.

3.3.3 Perda de carga no sistema

Em cada teste foram feitas leituras de pressão, através de tomadas instaladas na entrada e saída da turbina e da mangueira, com a finalidade de obter, pela diferença de pressão, a perda de carga na turbina e na mangueira, respectivamente como pode ser visto pela Figura 2. As tomadas de pressão na turbina foram do tipo engate rápido para permitir leituras instantâneas e precisas; já na mangueira a leitura, foi realizada com manômetros fixos devido à dificuldade de leitura ocasionada pela movimentação do carretel enrolador. As pressões no canhão hidráulico, turbina e mangueira foram medidas por um manômetro de Bourdon com glicerina, previamente aferido, com escala de 1 a 1500 kPa.

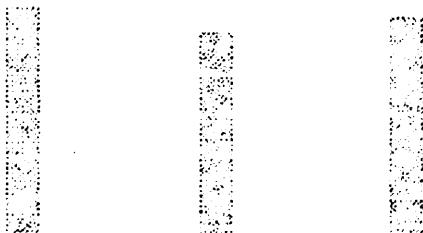
A perda de carga foi determinada para as pressões de 400 e 500 kPa, para o aspersor trabalhando com bocal de 22 e 24 mm e para a máquina operando com velocidade de recolhimento da mangueira de 40, 70 e 120 m/h.

As perdas de carga na turbina e na mangueira, para cada teste, foram determinadas para 2 posições do carro aspersor: com 15 e 160 metros de mangueira desenrolada. Além da pressão, foi medida a rotação no eixo da turbina através de um Tacômetro digital, marca *Dynapar*, modelo HT 100.

3.3.4 Velocidade de recolhimento da mangueira

Atualmente, uma nova geração de equipamentos autopropelidos tem surgido no mercado, diferente dos modelos tradicionais existentes até então. Estes são dotados com tecnologias mais avançadas, sendo mais versáteis e sofisticados (computadorizado), capazes de minimizar ao máximo as alterações na velocidade de recolhimento, facilitando o manejo da irrigação.

Com o objetivo de verificar a velocidade de recolhimento, mediu-se, com estacas espaçadas de 30 m em um trecho total de 90 m, o tempo necessário para que o carro aspersor percorresse o comprimento conhecido entre as estacas ao longo do carreador. Em todos os testes foi verificada a velocidade de recolhimento de 90 m de mangueira, ou seja, entre 120 e 30 m de mangueira desenrolada.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise da uniformidade de distribuição de água do canhão

Os valores médios dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) em função das três velocidades de recolhimento (40, 70 e 120 m/h), três pressões de serviço (400, 450 e 500 kPa) e dos dois diâmetros de bocais utilizados (22 e 24 mm), para o aspersor operando com ângulo de 270°, podem ser observados nas Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10. Tais informações foram simuladas para uma condição de largura de faixa irrigada correspondente a 100%, 80%, 70% e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor.

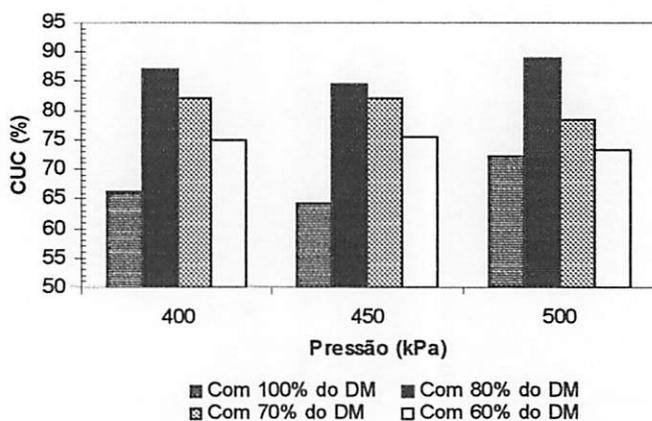


FIGURA 5. Valores de CUC médios para a velocidade de recolhimento de 120 m/h, com aspersor operando com bocal de 22 mm, nas quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

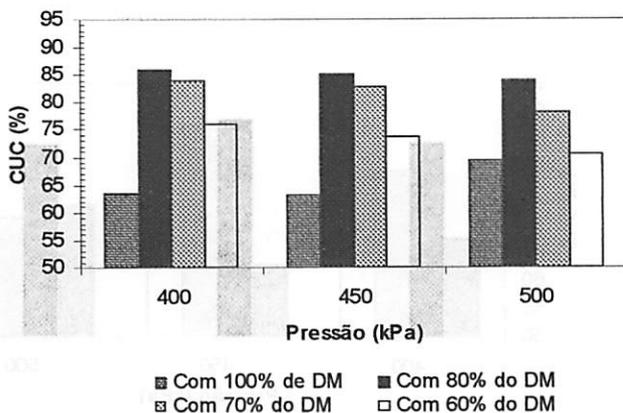


FIGURA 6. Valores de CUC médios para a velocidade de recolhimento de 120 m/h, com aspersor operando com bocal de 24 mm, nas quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

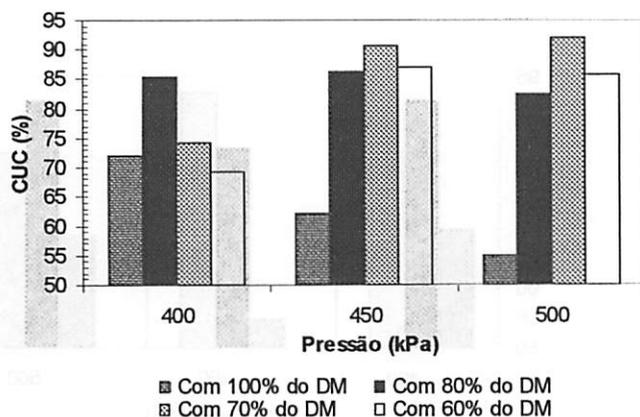


FIGURA 7. Valores de CUC médios para a velocidade de recolhimento de 70 m/h, com aspersor operando com bocal de 22 mm, nas quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

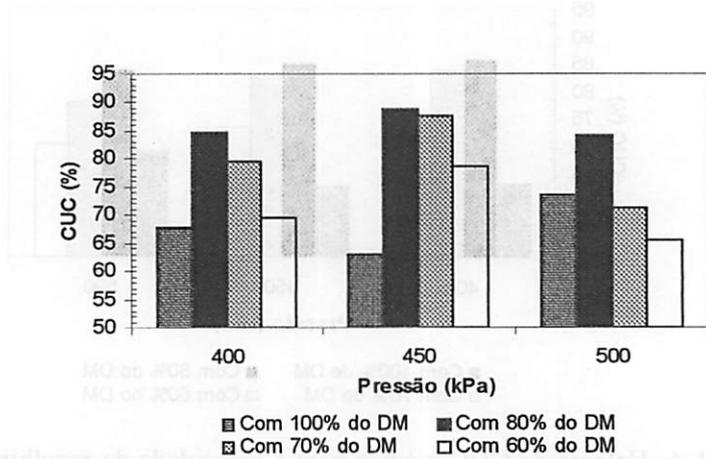


FIGURA 8. Valores de CUC médios para a velocidade de recolhimento de 70 m/h, com aspersor operando com bocal de 24 mm, nas quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

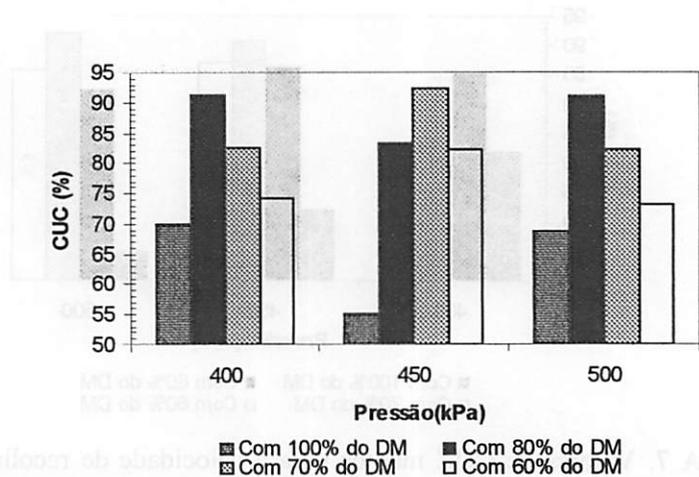


FIGURA 9. Valores de CUC médios para a velocidade de recolhimento de 40 m/h, com aspersor operando com bocal de 22 mm, nas quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

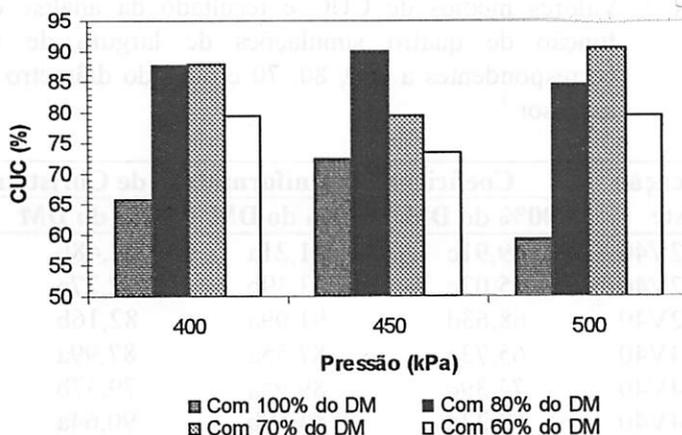


FIGURA 10. Valores de CUC médios para a velocidade de recolhimento de 40 m/h, com aspersor operando com bocal de 24 mm, nas quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

Pelos resultados obtidos pela análise estatística, observou-se que, de maneira geral, os maiores valores de CUC foram verificados para as condições em que a sobreposição estava entre 70 e 80% do diâmetro molhado (DM) pelo aspersor (Tabela 2). Portanto, as larguras de faixa mais recomendadas devem ser aquelas correspondentes a estas situações. Nestas circunstâncias, e considerando apenas as sobreposições, verificam-se, também, os maiores espaçamentos entre carreadores, e obviamente um menor custo por área irrigada; além de uma uniformidade dentro dos limites aceitáveis (CUC acima de 75%). Aliado a isto, nestas duas condições simuladas, a velocidade do vento fica abaixo de 2,2 m/s, enquadrando-se na faixa de velocidade de vento recomendada para sistemas autopropelidos (Shull e Dylla, 1979). Para valores de velocidade do vento acima de 2,2 m/s, estes mesmos autores recomendam parar a irrigação. Do ponto de vista prático, a melhor sobreposição a ser adotada vai depender das condições de vento sobre a área a ser irrigada.

TABELA 2. Valores médios de CUC e resultado da análise estatística, em função de quatro simulações de largura de faixa irrigada correspondentes a 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor.¹

Especificação do teste	Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%)			
	100% do DM	80% do DM	70% do DM	60% do DM
P400B22V40	69,91c	91,21a	82,48b	74,12c
P450B22V40	55,03c	83,39b	92,27a	82,26b
P500B22V40	68,63d	91,09a	82,16b	73,26c
P400B24V40	65,73c	87,55a	87,99a	79,54b
P450B24V40	72,39c	89,95a	79,37b	73,37c
P500B24V40	59,22d	84,59b	90,64a	79,49c
P400B22V70	72,02b	85,33a	74,09b	69,10b
P450B22V70	62,05b	86,27a	90,70a	86,93a
P500B22V70	54,95d	82,49c	91,93a	85,77b
P400B24V70	67,63b	84,71a	79,64a	69,57b
P450B24V70	63,04c	88,76a	87,53a	78,78b
P500B24V70	73,43b	84,14a	71,29b	65,46c
P400B22V120	66,29c	87,13a	83,09a	74,90b
P450B22V120	64,29c	84,60a	82,20a	75,42b
P500B22V120	72,24c	88,89a	78,56b	73,33c
P400B24V120	62,26b	82,41a	80,41a	75,37a
P450B24V120	62,38c	82,60a	80,66a	73,58b
P500B24V120	68,88c	83,27a	77,44b	70,44c

¹ médias seguidas por letras distintas, na horizontal, diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (Tukey);

P400 - pressão de 400 kPa no aspersor;

B22 - bocal de 22 mm;

V120 - velocidade de enrolamento programada de 120 m/h;

DM - diâmetro molhado pelo aspersor (m);

100% do DM - largura da faixa correspondente a 100% do diâmetro molhado pelo aspersor.

Contudo, quando se comparou a simulação equivalente a 100% do DM com a de 60% DM, os resultados de CUC se mostraram geralmente inferiores para a simulação de 100% do DM, ou seja, sem sobreposição do jatos d'água,

como mostra a análise estatística (Tabela 2). Porém, comparando-se estas duas situações citadas (60 e 100% do DM) com aquelas correspondentes a 70 e 80% do DM, elas se mantiveram normalmente inferiores. Esta situação demonstra que: primeiro - a superposição do jato torna-se necessária, em sistemas autopropelidos, para corrigir as distorções no perfil de distribuição de água, comum neste sistema. Segundo - lâminas mais uniformes sobre a área irrigada são conseguidas com a superposição dos jatos. Por outro lado, pôde-se notar claramente a existência de uma condição ótima de sobreposição dos jatos que proporciona um melhor CUC; a partir daí, aumentando a sobreposição, o CUC diminuiu. Este fato é facilmente verificado pelas Figuras 5 a 10, segundo os quais aumentando a sobreposição dos jatos de 80% do DM até 60% do DM, o CUC tendeu a cair. Isto ocorreu porque uma quantidade cada vez maior de água era aplicada em faixas cada vez menores, aumentando, portanto, a superposição dos jatos, o que significa lâminas maiores no centro da faixa irrigada, como é mostrado pelas Figuras que vão de 11 a 22. Estas figuras demonstram o perfil de distribuição de água do aspersor para as condições citadas anteriormente.

Nota-se que para as condições de faixa irrigada correspondentes a 70% e 80% do DM, a lâmina tendeu a ser mais uniforme (constante) que nas demais situações, o que é confirmado pelos maiores valores de CUC encontrados nestes casos.

Analisando-se a Tabela 3, observou-se pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, que para um mesmo bocal e velocidade de recolhimento da mangueira, as simulações correspondentes a 70 e 80% do DM sugerem que na maioria dos testes, ao invés de operar com pressão de 500 kPa, o aspersor pode trabalhar com a pressão de 450 kPa, ou até mesmo 400 kPa, sem prejuízo

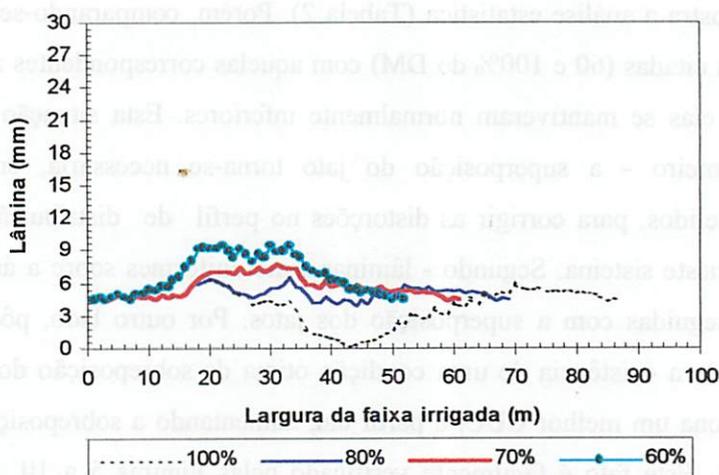


FIGURA 11. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 400 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de 120 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

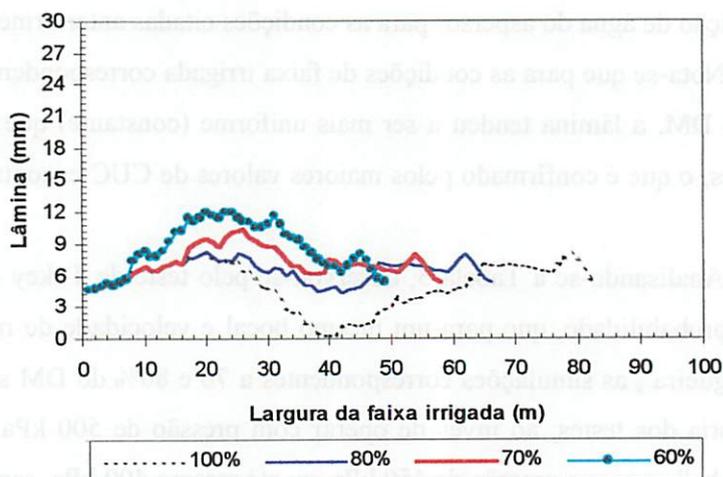


FIGURA 12. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 400 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de 120 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

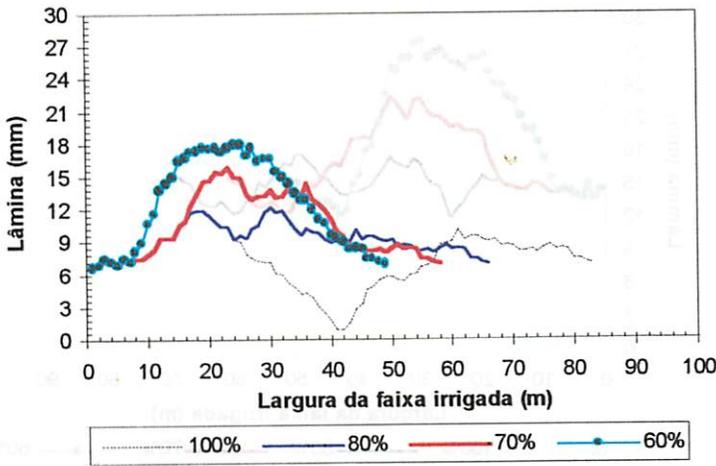


FIGURA 13. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 400 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de 70 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

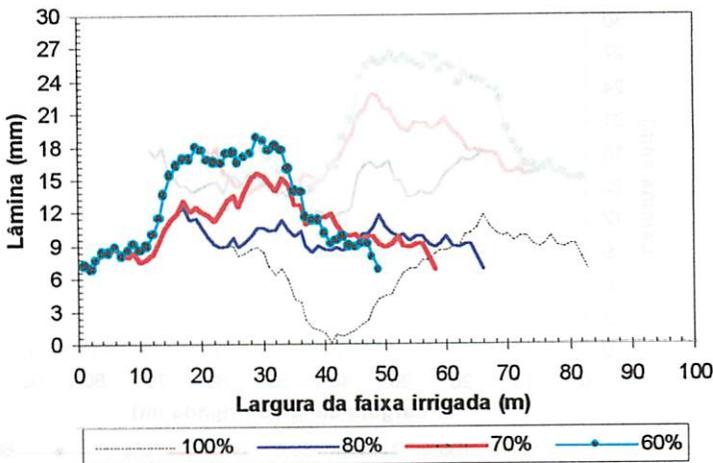


FIGURA 14. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 400 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de 70 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

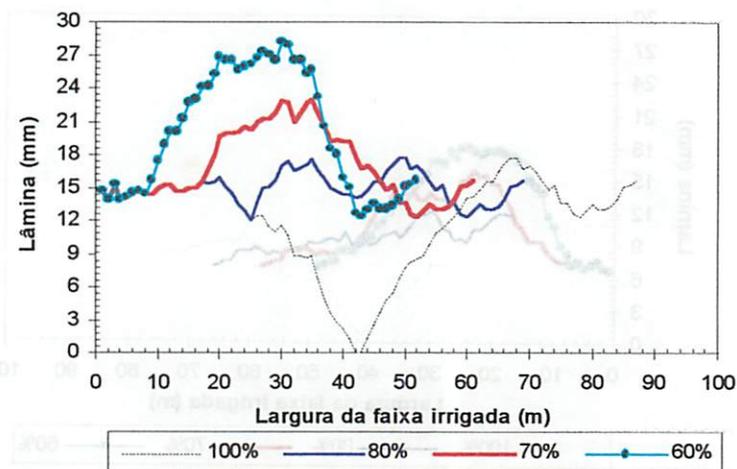


FIGURA 15. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 400 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de 40 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

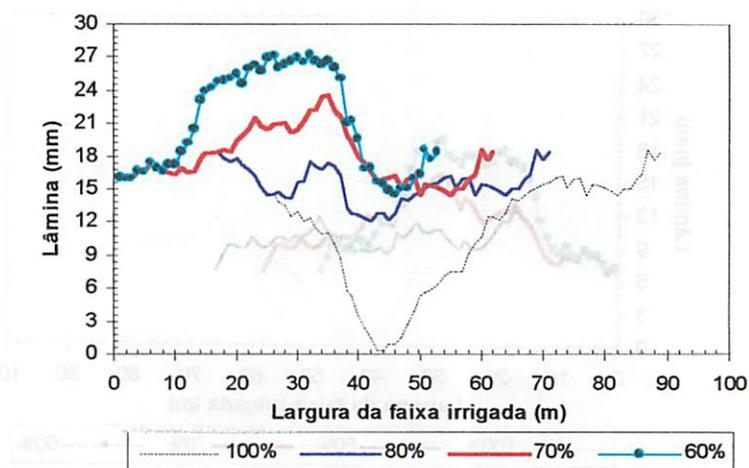


FIGURA 16. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 400 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de 40 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

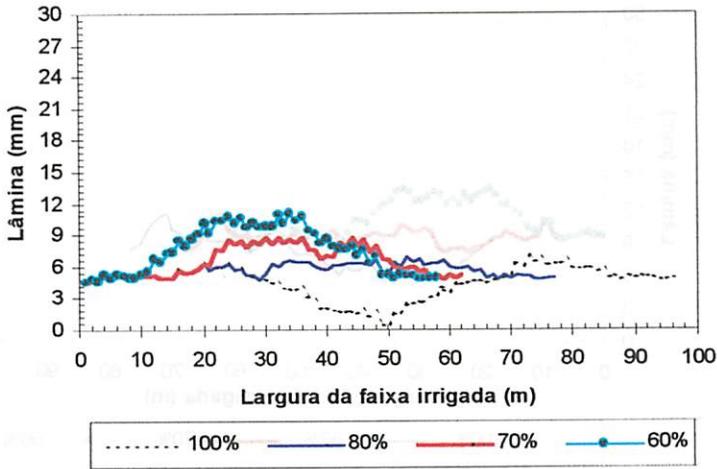


FIGURA 17. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 500 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de 120 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

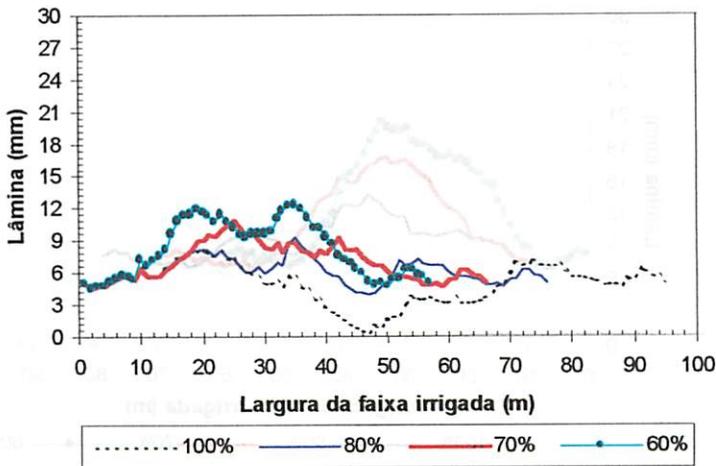


FIGURA 18. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 500 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de 120 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

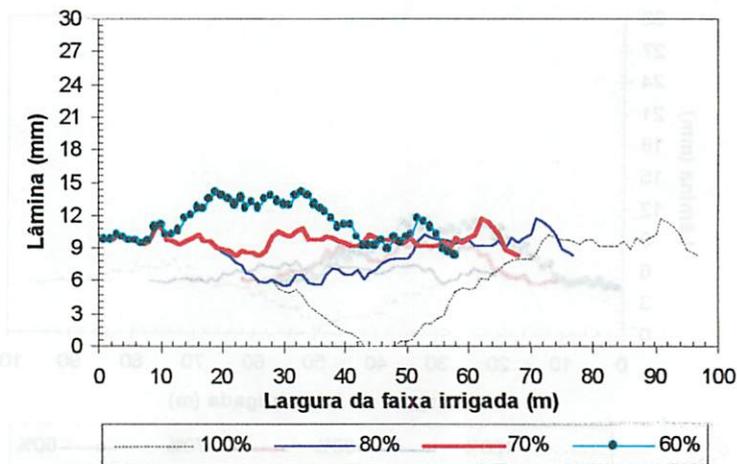


FIGURA 19. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 500 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de 70 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

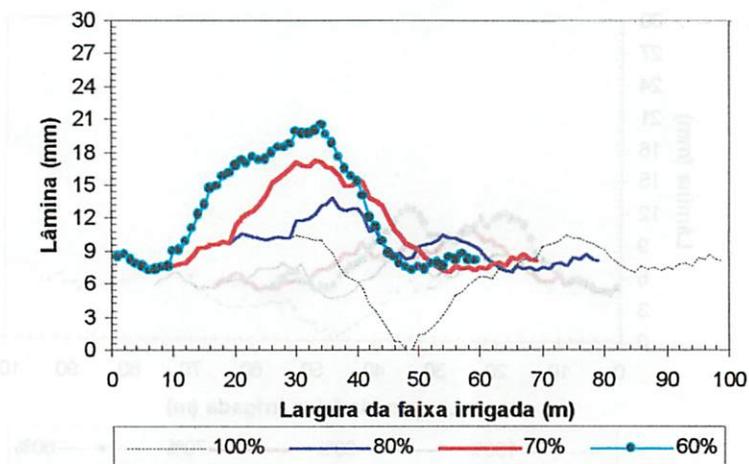


FIGURA 20. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 500 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de 70 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

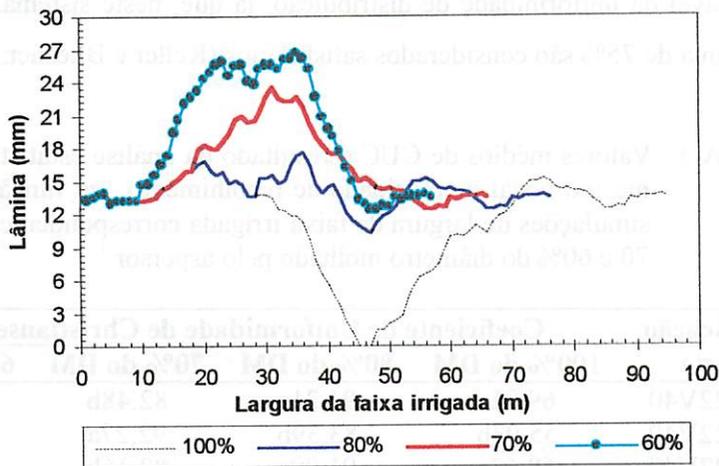


FIGURA 21. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 500 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de 40 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

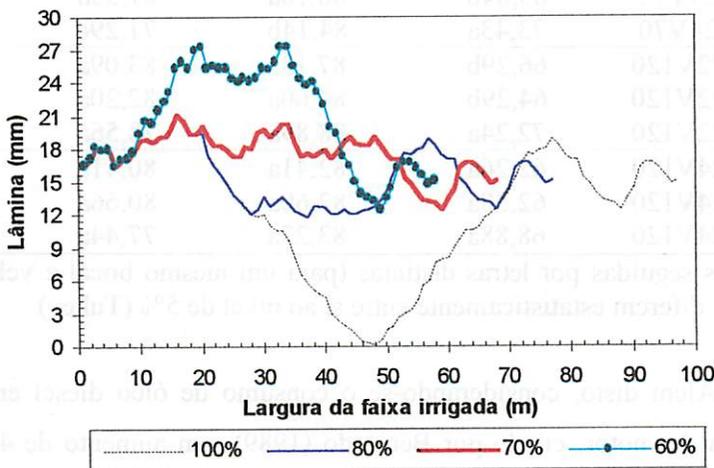


FIGURA 22. Perfil de distribuição de água do aspersor operando com pressão de 500 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de 40 m/h, para as quatro condições simuladas, 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor

considerável da uniformidade de distribuição, já que, neste sistema, valores de CUC acima de 75% são considerados satisfatórios (Keller e Bliesner, 1990).

TABELA 3. Valores médios de CUC e resultado da análise estatística para um mesmo bocal e velocidade de recolhimento, em função de quatro simulações de largura de faixa irrigada correspondentes a 100, 80, 70 e 60% do diâmetro molhado pelo aspersor.¹

Especificação do teste	Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%)			
	100% do DM	80% do DM	70% do DM	60% do DM
P400B22V40	69,91a	91,21a	82,48b	74,12b
P450B22V40	55,03b	83,39b	92,27a	82,26a
P500B22V40	68,63a	91,09a	82,16b	73,26b
P400B24V40	65,73b	87,55a	87,99a	79,54a
P450B24V40	72,39a	89,95a	79,37b	73,37b
P500B24V40	59,22c	84,59a	90,64a	79,49a
P400B22V70	72,02a	85,33a	74,09b	69,10b
P450B22V70	62,05b	86,27a	90,70a	86,93a
P500B22V70	54,95c	82,49a	91,93a	85,77a
P400B24V70	67,63ab	84,71ab	79,64b	69,57b
P450B24V70	63,04b	88,76a	87,53a	78,78a
P500B24V70	73,43a	84,14b	71,29c	65,46b
P400B22V120	66,29b	87,13a	83,09a	74,90a
P450B22V120	64,29b	84,60a	82,20a	75,42a
P500B22V120	72,24a	88,89a	78,56a	73,33a
P400B24V120	62,26a	82,41a	80,41a	75,37a
P450B24V120	62,38a	82,60a	80,66a	73,58a
P500B24V120	68,88a	83,27a	77,44a	70,44a

¹ médias seguidas por letras distintas (para um mesmo bocal e velocidade), na vertical, diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (Tukey).

Além disto, considerando-se o consumo de óleo diesel em função da potência do motor, citado por Bernardo (1989), um aumento de 400 kPa para 500 kPa na pressão de serviço do aspersor implica em um aumento no consumo de óleo diesel, em litros por m² irrigado, da ordem de 13,26%, podendo chegar a 25,37%.

A partir dos valores de largura média de faixa irrigada (espaçamento entre carregadores) correspondentes a 70 e 80% do DM médio obtidos nos testes (Tabela 1A), foram obtidas as lâminas médias sobre os coletores para cada diâmetro de bocal, pressão de serviço e velocidade do carro aspersor avaliada. Nota-se, pelas Tabelas 4 e 5, que para uma mesma pressão de serviço, aumentando-se a velocidade de recolhimento da mangueira, houve uma redução na lâmina média aplicada, uma vez que o tempo para irrigar uma mesma área é cada vez menor. Além disto, para um mesmo bocal e velocidade, o aumento na pressão de serviço não mostrou uma tendência clara de aumento ou diminuição na lâmina média aplicada sobre os coletores.

Nas Tabelas 4 e 5 são mostrados os resultados de intensidade de precipitação média sobre os coletores para uma largura média de faixa (espaçamento entre carregadores) equivalente a 70 e 80% do DM. É possível constatar um aumento na intensidade de precipitação com o aumento do bocal de 22 para 24 mm. Isto ocorreu devido ao fato de que, para uma mesma pressão pré-fixada no aspersor e mesma largura de faixa irrigada, a vazão é maior para o bocal de 24 mm. Verifica-se, também, que o alcance do jato, e consequentemente a largura de faixa irrigada, são funções da pressão de serviço e não do diâmetro do bocal.

Para uma mesma pressão de serviço e diâmetro de bocal, comparando-se as Tabelas 4 e 5, verifica-se que reduzindo a largura da faixa irrigada, ou seja, aumentando a sobreposição do jato de 80 para 70% do DM, a intensidade de precipitação aumenta. O mesmo ocorreu com a lâmina média aplicada sobre os coletores.

TABELA 4. Valores de lâmina média sobre os coletores (mm) e intensidade de precipitação (mm/h) para uma largura média da faixa irrigada correspondente a 80% do diâmetro molhado médio.

Pressão (kPa)	Bocal (mm)	Velocidade recolhimento (m/h)	Largura da faixa (m)	Lâmina média (mm)	Tempo de molhamento (min)	Intensidade de precipitação (mm/h)
400	22	40	70	14,9	93,67	9,6
	22	70	67	9,2	50,92	10,9
	22	120	70	5,0	30,20	9,95
	24	40	72	15,7	98,42	9,6
	24	70	67	9,4	50,67	11,1
	24	120	67	6,3	28,30	13,4
450	22	40	77	13,9	94,99	8,8
	22	70	70	8,5	54,58	9,3
	22	120	66	6,8	31,70	12,9
	24	40	75	15,9	96,00	9,9
	24	70	72	9,6	52,83	10,9
	24	120	74	5,6	26,08	12,9
500	22	40	78	14,0	98,83	8,5
	22	70	78	8,5	56,75	9,0
	22	120	78	5,6	34,00	9,9
	24	40	78	15,5	101,08	9,2
	24	70	80	9,4	57,52	9,8
	24	120	77	6,1	35,20	10,4

TABELA 5. Valores de lâmina média sobre os coletores (mm) e intensidade de precipitação (mm/h) para uma largura média da faixa irrigada correspondente 70% do diâmetro molhado médio.

Pressão (kPa)	Bocal (mm)	Velocidade recolhimento (m/h)	Largura da faixa (m)	Lâmina média (mm)	Tempo de molhamento (min)	Intensidade de precipitação (mm/h)
400	22	40	62	16,9	93,7	10,9
	22	70	59	10,5	50,9	12,4
	22	120	62	5,7	30,2	11,3
	24	40	63	17,9	98,4	10,9
	24	70	59	10,7	50,7	12,7
	24	120	59	7,2	28,3	15,3
450	22	40	67	16,0	94,9	10,1
	22	70	62	9,6	54,6	10,6
	22	120	57	7,9	31,7	14,9
	24	40	66	18,0	96,0	11,3
	24	70	63	10,9	52,8	12,4
	24	120	64	6,5	26,1	14,9
500	22	40	67	16,1	98,8	9,8
	22	70	69	9,6	56,8	10,2
	22	120	69	6,5	34,0	11,5
	24	40	69	17,5	101,1	10,4
	24	70	70	10,8	57,5	11,2
	24	120	67	7,0	35,2	11,9

Um outro fator também avaliado foi a velocidade de rotação do aspersor. Independentemente da velocidade de recolhimento da mangueira e do diâmetro do bocal de serviço usado, o tempo de giro do aspersor reduziu com o incremento da pressão de 400 kPa para 500 kPa, para um ângulo setorial constante de 270°, conforme Tabela 2A, em anexo .

A redução no tempo de giro ocorreu porque com o aumento da pressão, o jato auxiliar do canhão gira a turbina do mesmo com maior velocidade, transmitindo, através das engrenagens, maior rapidez no giro do canhão.

4.2 Perda de carga

4.2.1 Perda de carga na turbina

Utilizando-se as Tabelas 6 e 7, observou-se que com o enrolamento da mangueira pelo carretel, a perda de carga na turbina reduziu, independentemente da velocidade de recolhimento programada.

Para a análise em questão, constata-se que com o enrolamento da mangueira no carretel, menor é o comprimento de mangueira em contato com o solo, o que diminui o atrito com o mesmo, e conseqüentemente menor é a exigência de esforço na turbina. Colombo (1991) e Rocha (1998) encontraram resultados semelhantes.

Em se tratando das Tabela 6 e 7, foi possível verificar que reduzindo a velocidade de recolhimento de 120 para 70 m/h, houve uma redução na perda de carga devido a uma diminuição da vazão que passa pela turbina. Nesta situação, a máquina operou com a mesma relação de transmissão no redutor (1/117), ou seja, a posição II da alavanca de mudança de velocidade. Entretanto, para se trabalhar com a velocidade de 40 m/h, a relação de transmissão no redutor deve ser alterada, passando a 1/254 (posição I da alavanca de mudança de

TABELA 6. Valores de rotação no eixo da turbina e perda de carga na mangueira e na turbina, obtidos em campo para 15 metros de mangueira desenrolada.

Especificação do Teste	RT (rpm)	TPT (mca)		HFT (mca)	TPM (mca)		HFM (mca)	AC (%)
		PE	PS		PE	PS		
P400B22V120	585,00	74,89	68,21	6,68	68,20	43,60	24,60	18,96
P500B22V120	592,75	89,31	80,86	8,45	80,03	54,15	25,88	
P400B22V70	349,50	71,03	68,20	2,82	67,86	42,19	25,67	13,34
P500B22V70	350,00	90,72	86,49	4,23	80,52	54,15	26,37	
P400B22V40	435,40	71,03	68,91	2,12	68,21	42,90	25,32	22,81
P500B22V40	436,33	85,79	82,97	2,82	82,28	54,15	28,13	
P400B24V120	561,00	77,36	71,37	5,99	71,03	42,19	28,83	15,28
P500B24V120	565,67	94,23	87,89	6,34	85,09	52,74	32,35	
P400B24V70	329,00	72,08	69,98	2,10	69,95	42,19	27,76	13,26
P500B24V70	343,20	91,77	89,30	2,47	82,98	50,90	32,08	
P400B24V40	410,00	75,25	71,37	3,88	71,03	42,19	28,83	25,37
P500B24V40	420,25	90,37	85,08	5,29	84,39	51,34	33,05	

AC - Acréscimo no consumo de óleo diesel por m² irrigado, em %, quando se aumenta a pressão de 400 kPa para 500 kPa;

TPT - tomada de pressão na turbina (mca);

PE - tomada de pressão na entrada;

PS - tomada de pressão na saída;

HFT - perda de carga na turbina (mca);

TPM - tomada de pressão na mangueira (mca);

HFM - perda de carga na mangueira (mca);

RT - rotação no eixo da turbina (rpm).

TABELA 7. Valores de rotação no eixo da turbina e perda de carga na mangueira e na turbina, obtidos em campo para 160 metros de mangueira desenrolada.

Especificação do teste	RT (rpm)	TPT (mca)		HFT (mca)	TPM (mca)		HFM (mca)
		PE	PS		PE	PS	
P400B22V120	643,00	74,54	66,81	7,73	66,80	44,30	22,50
P500B22V120	630,00	86,50	77,34	9,14	75,95	52,74	23,21
P400B22V70	410,00	72,98	67,70	5,27	66,60	42,74	22,86
P500B22V70	428,25	83,33	77,34	5,98	75,95	52,74	23,21
P400B22V40	452,00	72,63	67,34	5,27	65,25	42,39	22,86
P500B22V40	470,00	82,98	77,34	5,63	75,60	51,34	24,26
P400B24V120	629,33	81,07	73,67	7,38	69,47	42,74	26,72
P500B24V120	691,25	92,12	84,38	7,74	82,98	54,15	28,83
P400B24V70	377,33	71,17	67,87	3,30	67,85	42,19	25,67
P500B24V70	392,75	87,55	82,97	4,57	80,52	51,34	29,18
P400B24V40	450,50	73,84	68,56	5,27	67,86	42,19	25,67
P500B24V40	456,25	90,01	83,67	6,33	81,93	53,45	28,48

TPT - tomada de pressão na turbina (mca);

PE - tomada de pressão na entrada;

PS - tomada de pressão na saída;

HFT - perda de carga na turbina (mca);

TPM - tomada de pressão na mangueira (mca);

HFM - perda de carga na mangueira (mca);

RT - rotação no eixo da turbina (rpm).

velocidade), não permitindo comparações com as velocidades de 70 e 120 m/h, uma vez que mudando a relação de transmissão, os esforços exigidos na turbina serão diferenciados. Contudo, estas análises demonstram que para uma mesma relação de transmissão, menores velocidades de recolhimento do carro aspersor resultam em menores valores de perda de carga na turbina.

É de conhecimento que este tipo de equipamento exige altas pressões de funcionamento. Neste caso em particular, constatou-se que para se conseguir 400 kPa de pressão de serviço no aspersor, é preciso ter, na entrada do autopropelido, pelo menos 674,4 kPa (representando 68,6 % a mais na pressão), isto considerando as perdas de carga existentes na turbina e na mangueira, desprezando aquelas existentes no tubo de subida do aspersor e nas curvas da tubulação. Entretanto, este acréscimo em relação à pressão de serviço do aspersor devido às perdas de carga pode chegar a mais de 87,05%, dependendo da velocidade de recolhimento e do bocal. Trabalhando-se com 500 kPa no aspersor, a pressão mínima necessária na entrada do autopropelido sobe para 809 kPa. Este acréscimo de 309,5 kPa (61,9% a mais de pressão) é devido às perdas de carga existentes na mangueira e na turbina, podendo atingir valores superiores a 77,38%.

No que se refere à rotação na turbina, constatou-se uma grande variação da mesma para um mesmo teste realizado. Esta variação foi proveniente da diferença de esforço exigido, que, por sua vez, foi dependente do comprimento de mangueira em contato com o solo, de acordo com as Tabela 6 e 7. Esta variação no esforço exigido fez a válvula by-pass atuar constantemente, às vezes abrindo-se ou fechando-se, alterando a rotação da turbina. Entretanto, para uma mesma relação de transmissão e reduzindo a velocidade de recolhimento da mangueira, a rotação caiu. Com esta redução na rotação, a perda de carga diminuiu, o que também foi verificado por Colombo (1991).

4.2.2 Perda de carga na mangueira

Os resultados de perda de carga na mangueira para o equipamento funcionando com três velocidades de recolhimento (40, 70 e 120 m/h), dois diâmetros de bocal (22 e 24 mm), e duas pressões de serviço (400 e 500 kPa), em duas posições (com 15 e 160 metros de mangueira desenrolada) são apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Em todas as velocidades de recolhimento avaliadas, observou-se que a perda de carga na mangueira aumentou à medida que ela foi sendo enrolada no carretel. Isto se deve ao fato de que à medida que a mangueira é enrolada no carretel, aumenta a resistência ao escoamento, ou seja, o aumento do número de camadas de mangueira disposta na forma não retilínea (circular) ocasiona maior perda de carga, fato também constatado por Vieira (1996) e Ullmann (1999).

Para uma mesma velocidade de recolhimento, aumentando-se a pressão, a perda de carga tendeu a ser maior, o que também se verificou quando se aumentou o diâmetro do bocal de 22 para 24 mm. Isto porque com o aumento da vazão, maior é a velocidade de escoamento e a turbulência do líquido no interior da mangueira, causando uma maior perda de energia de pressão do líquido devido à rugosidade da parte interna da mangueira e/ou às características do fluido, ou seja, viscosidade, peso específico e da velocidade.

Para cada teste realizado em um trecho de 145 m de mangueira recolhida, observou-se que houve um acréscimo na perda de carga na mangueira devido ao enrolamento da mesma pelo carretel. Na pressão de 400 kPa houve um acréscimo máximo na perda de carga de até 3,16 mca, o que significa 13,31% a mais de perda de carga na mangueira somente por causa do enrolamento da mesma pelo carretel. Para a pressão de 500 kPa, este acréscimo chegou a 4,57 mca, representando 16,05% a mais de perda de carga.

4.3 Verificação da velocidade de recolhimento da mangueira

A Tabela 8 mostra a velocidade de recolhimento da mangueira medida e sua variação, quando comparada com a velocidade programada.

TABELA 8. Velocidade de recolhimento da mangueira medida e sua variação em cada teste para os três trechos analisados.

Especificação do teste	Tp (120 a 90 m)	E (%)	Tp (90 a 60 m)	E (%)	Tp (60 a 30 m)	E (%)
P400B22V40	39,39	-1,5	39,78	-0,6	40,22	+0,6
P450B22V40	39,74	-0,7	39,93	-0,2	40,22	+0,6
P500B22V40	40,94	+2,4	41,14	+2,9	40,45	+1,1
P400B24V40	38,96	-2,6	39,78	-0,6	40,42	+1,1
P450B24V40	39,50	-1,3	39,78	-0,6	40,28	+0,7
P500B24V40	39,13	-2,2	39,85	-0,4	40,37	+0,9
P400B22V70	70,20	+0,3	71,05	+1,5	71,29	+1,8
P450B22V70	69,14	-1,2	70,13	+0,2	70,82	+1,2
P500B22V70	68,79	-1,7	69,23	-1,1	74,10	+5,8
P400B24V70	68,90	-1,6	69,45	-0,8	71,52	+2,2
P450B24V70	67,01	-4,3	67,49	-3,6	73,47	+4,9
P500B24V70	67,11	-4,1	67,92	-2,9	73,47	+4,9
P400B22V120	116,80	-2,7	117,52	-2,1	127,21	+6,0
P450B22V120	115,80	-3,5	116,13	-3,2	129,10	+7,6
P500B22V120	117,60	-2,0	118,1	-1,6	124,60	+3,8
P400B24V120	127,10	+5,9	126,32	+5,3	120,0	0
P450B24V120	111,40	-7,2	112,38	-6,4	125,0	+4,2
P500B24V120	118,0	-1,7	118,42	-1,3	114,53	-4,6

E(%) - erro cometido para mais ou para menos, no trecho considerado, para as velocidades de recolhimento programada de 40, 70 e 120 m/h;

Tp - trecho percorrido, m;

P500 - pressão de 500 kPa no aspersor;

B22 - diâmetro do bocal de 22 mm;

V120 - velocidade de recolhimento de 120 m/h.

Por exemplo, para um erro máximo de + 7,6% obtido ao trabalhar com a velocidade de 120 m/h, observou-se uma redução de 5,7 mm para 5,3 mm, ou seja, uma lâmina 7,02% inferior. Para as velocidades de recolhimento de 70 m/h e 40 m/h, verificou-se uma redução de 5,53% para 2,77%, respectivamente, na

lâmina aplicada. Isto mostra que com maiores velocidades de recolhimento (120 m/h), ocorreu maior oscilação na velocidade de programada. Entretanto, para velocidades menores (40 m/h), o regulador de velocidade eletrônico (irrigamatic 100) conseguiu manter maior uniformidade na velocidade de recolhimento do carro aspersor.

Esta variação na velocidade se deu provavelmente devido ao tempo de resposta do aparelho regulador de velocidade (irrigamatic 100), já que a regulagem é lenta e gradativa (feita pela válvula by-pass), sendo monitorada somente a cada 0,80 m de mangueira, ou seja, a velocidade de recolhimento é monitorada (verificada) a cada 24, 41 e 72 segundos para as velocidades de 120, 70 e 40 m/h, respectivamente. Nestes intervalos de tempo, a válvula by-pass deve atuar e ajustar a velocidade de recolhimento do carro aspersor. Entretanto, para velocidades maiores (120 m/h), este tempo não é suficiente, já que o tempo gasto para percorrer os 0,80 m de mangueira é menor do que o tempo gasto para que a válvula ajuste a velocidade. Com isso, o controle da velocidade não é tão preciso. Para velocidades menores (40 m/h), este controle já é mais preciso; além do mais, os esforços exigidos na turbina são variados, o que ocasiona constantes mudanças no aparelho.

Nota-se, para o trecho estudado, que em termos médios, esta oscilação na velocidade de recolhimento do carro aspersor foi pequena, principalmente se considerar que nos modelos antigos, variações extremas de até 60% na velocidade de recolhimento eram encontradas (Addink et al., 1983). Estes autores constataram que esta variação foi atribuída a variações no diâmetro do carretel enrolador da mangueira. Dentro do exposto, e visando uma análise mais próxima da realidade de campo, é possível afirmar que menores velocidades de recolhimento do carro aspersor (entre 40 e 70 m/h) são recomendadas.

Um outro fato constatado foi o desgaste natural que ocorre na mangueira em condições de campo. Este desgaste é ainda maior em se tratando

de solos muito abrasivos (arenosos). Uma das formas de contornar este problema pode ser com o uso de carregadores vegetados. Além disto, como a mangueira, além de condutora de água, executa a função de puxar o carro aspersor, observa-se que com o tempo ocorre uma deformação em sua seção circular (diâmetro), ficando a mangueira, após algum tempo de uso, achatada. Estes relatos pretendem mostrar que é preciso ter cuidado especial com a mangueira, uma vez que ela apresenta um alto custo e sua vida útil é de no máximo 10 anos (Danieletto, 1990).

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que:

- a) Para uma largura de faixa irrigada correspondente a 70% e 80% do diâmetro molhado, ao invés de operar com pressão de 500 kPa, o aspersor pode trabalhar com pressão de 450 kPa, ou até mesmo 400 kPa, na maioria dos testes realizados, sem prejuízo considerável da uniformidade de distribuição, conforme teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
- b) Para uma largura de faixa irrigada correspondente a 70% e 80% do diâmetro molhado, obtêm-se os melhores resultados de uniformidade de distribuição de água.
- c) Com o enrolamento da mangueira pelo carretel, a perda de carga na turbina reduz, independentemente da velocidade de recolhimento programada.
- d) A perda de carga na mangueira aumenta à medida que ela é enrolada no carretel.
- e) Para uma mesma relação de transmissão, menores velocidades de recolhimento do carro aspersor resultam em menores valores de perda de carga e rotação no eixo da turbina.
- f) Com maiores velocidades de recolhimento, ocorre maior oscilação na velocidade de enrolamento da mangueira, mostrando que o aparelho irrigamatic 100 funciona melhor para velocidades de recolhimento inferiores a 70 m/h.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDINK, J. W.; KELLER, J.; PAIR, C. H.; SNEDO, R. E.; WOLFE, J. W. Design and operation of sprinkler systems. In: JENSEN, M. E. (ed.) **Design and operation of farm Irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1983. Cap.15, p621-658.
- AGUIRRE, B.; BIANCHI, A. M.; MOLDAU, J. H.; MOLINA, A. **Projetos de irrigação: [o custo da transformação social.]** São Paulo, PRONI/FIPE, 1989. 160p. (Relatórios de pesquisa).
- ANDRADE, H.; SOUZA, J. J. de. **Solos: [Origem, Componentes e Organização.]** Curso por Tutoria à Distância. Lavras: ESAL/FAEPE. [1993?].
- ASHABACHER, G. [Riego rodante automatizado.] *Agricultura de las Américas*, Kansas City, v.27, n.7.p. 5-94, 1978.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5 ed. Viçosa: UFV, 1989. 596p.
- CHARMELO, L. L. C. **Desempenho de um sistema de irrigação autopropelido sob diferentes condições operacionais**. Viçosa: UFV, 1990. 50p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- CHRISTIANSEN, J. E. Discussion of "Nonuniformity and sprinkler application efficiency" of David T. Howell. **Journal of the Irrigation and Drainage ASCE**, Ann Arbor, v.91, n.1, p.224-226, 1965.
- COLOMBO, A. **Simulação do desempenho de um equipamento autopropelido de irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 120p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- DANIELETTO, J. R. B. **Tubos de polietileno e polipropileno: [Características e dimensionamento.]** São Caetano do Sul: Medialdéa, 1990. 340p.
- DEL PINO, M. A. I. T. **Análise do desempenho de três modelos de aspersores escamoteáveis utilizados em irrigação de projetos paisagísticos**. Lavras: UFLA, 1998. 53p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).

- FISCHER, G. R.; WALLENDER, W. W. Collector size and test duration effects on sprinkler water distribution measurement. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.31, n.2, p.538-542, Mar/Apr. 1988.
- FOLEGATTI, M. V.; AZEVEDO, B. M. de; PEREIRA, F. A.; PAZ, V. P. da S. **Irrigação por aspersão: Autopropelido**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. 30p. Apostila.
- FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: [uniformidade e eficiência.]** Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 53p. Apostila.
- GOMIDE, R. L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27; 1998, Poços de Caldas. **Simpósio... Poços de caldas: SBEA, 1998. Cap. 2, p. 133-238.**
- GRANT, T. W.; ANDERSON, W. C.; ROCHESTER, E. W. Constant and Variable operating angle sprinklers for traveler irrigations. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.27, n.4, p.1106-1110, July/Aug. 1984.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7749/2. **Irrigation equipment - Rotating sprinklers - Part 2: Uniformity of distribution and teste methods.** Switzerland, 1990. 6p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8224/1. **Traveller irrigation machines - Part 1: Laboratory and field test methods,** Switzerland. 1985. 9p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- KLAR, A. E. **Irrigação: [frequência e quantidade de aplicação.]** São Paulo: Nobel, 1991. 185p.
- KOHL, R. A. Drop size distribution from medium agricultural sprinklers. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.17, n.4, p.690-693, July/Aug. 1974.
- LI, J.; KAWANO, H. Sprinkler performance as affected by nozzle inner contraction angle. *Irrigation Science*, Berlim, v.18, n.2, p.63-66, May. 1998.

- MAROUELLI, W. A. Escolhas de aspersores e manejo de sistemas convencionais sob condições de vento. *Revista ITEM*, Brasília, v.39, p.19-21, 1989.
- MELO, J. F. de. **Custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1993. 147p. (Tese de Mestrado).
- METAL LAVRAS. **Catálogo técnico**, 2000.
- OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Nobel, 1981. 267p.
- PAIR, C. H. Water distribution under sprinkler irrigation. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v.11, n.5, p.648-651, Sept./Oct. 1968.
- PAIR, C. H.; WALTER, W. H.; CRAWFOR, D. R.; KENNITH, R. F. **Sprinkler irrigation**. Washington, D. C: Sprinkler Association, 1969. 444p.
- PEREIRA, G. M. **Simulação das perdas de água por evaporação e da uniformidade de distribuição na irrigação por aspersão**. Viçosa: UFV, 1995. 125p. (Tese - Doutorado em Irrigação e Drenagem).
- RIFF, T. B. B. Agricultura e meio ambiente, uma abordagem econômica. *Revista AGROANALYSIS*. A revista de economia agrícola da FGV. Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p.7-13, Abril. 1995.
- ROCHA, W. W. **Influência de ângulos setoriais e pressão de serviço na uniformidade de distribuição de água de um equipamento de irrigação autopropelido**. Lavras: UFLA, 1998. 46p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- ROSA, J. A. **Avaliação do desempenho de um sistema de irrigação microautopropelido em diferentes condições de operação**. Viçosa: UFV, 1986. 72p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- SANTOS, W. L. dos; ALVES SOBRINHO, T.; BONOMO, R. Análise da energia de impacto de gotas produzidas por aspersores de média e alta pressão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25. ; CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRICOLA, 2; 1996, Bauru. *Anais...* Bauru: SBEA/ALIA, 1996. p.535.
- SCALLOPI, E. J. Exigências de energia para irrigação. *Revista ITEM - Irrigação e tecnologia moderna*, Brasília, v.12, n.2, p.7-13, 1985.

- SCALLOPI, E. J.; COLOMBO, A. Dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersores autopropelidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24; 1995, Viçosa. Anais... Sorocaba: SBEA, 1995. p.218.
- SHULL, H.; DYLLA, A. S. Traveling boom sprinkler operation in wind. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.22, n.3, p.537-539, May/June. 1979.
- SOLOMON, K. Variability of sprinkler coefficient of uniformity test results. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.22, n.5, p.1078-1086, Sept./Oct.1979.
- TARJUELO, J. M. El riego por aspersão: [diseño y funcionamiento.] La Mancha, Albacete: 1991, 403p.
- TOMAZELA, C. Otimização do uso de um aspersor tipo canhão em função das características operacionais e velocidade média do vento. Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. 59p. (Tese - Doutorado em irrigação e Drenagem).
- ULLMANN, M. N.; SOCCOL, O. J. Perda de carga linear em tubulações de polietileno em função do raio de curvatura e o número de voltas circulares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30; 1999, Pelotas. Anais... Pelotas: SBEA, 1999.
- VALLEY, Sugar Cane Irrigation. Catálogo técnico, 1999.
- VIEIRA, A. C.; BOTREL, T. A.; PAZ, U. P. Z.; FRIZZONE, J. A. Influência do raio de curvatura na perda de carga em tubos de polietileno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25.; CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRICOLA, 2; 1996, Bauru. Anais... Bauru: SBEA/ALIA, 1996. p.388.
- VILELA, L. A. Avaliação do impacto de gotas sobre a superfície de um latossolo vermelho escuro irrigado por aspersão. Lavras: UFLA, 1995. 76p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- VILELA, L. A. Sistemas pressurizados de irrigação: [irrigação por autopropelido e pivô central.] Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 81p. Apostila.

VORIES, E. D.; VON BERNUTH, R. D. Single nozzle sprinkler performance in wind. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.29, n.5, p.1325-1330, Sept./Oct. 1986.

YANAGI JUNIOR, T. Dimensionamento e predição da distribuição de água em sistemas de irrigação por aspersores autopropelidos. Lavras: UFLA, 1995. 79p. (Dissertação - Mestrado em Irrigação e Drenagem).

ANEXOS

ANEXO A

		Página
TABELA 1A	Largura da faixa irrigada (m) ou espaçamento entre carregadores, equivalentes a 100%, 80%, 70% e 60% do diâmetro molhado, em função do bocal, velocidade e pressão de serviço.....	58
TABELA 2A	Tempo de rotação gasto pelo aspersor para cobrir um ângulo setorial de 270° e tempo gasto entre o início e fim do molhamento sobre os coletores (tempo de passagem).....	59
TABELA 3A	Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 400 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de recolhimento de 40 m/h.....	60
TABELA 4A	Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 500 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de recolhimento de 40 m/h.....	62
TABELA 5A	Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 400 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de recolhimento de 40 m/h.....	64
TABELA 6A	Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 500 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de recolhimento de 40 m/h.....	66
TABELA 7A	Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 400 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de recolhimento de 70 m/h.....	68

TABELA 8A	Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 500 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de recolhimento de 70 m/h.....	70
TABELA 9A	Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 400 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de recolhimento de 70 m/h.....	72
TABELA 10A	Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 500 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de recolhimento de 70 m/h.....	74

TABELA 1A. Largura da faixa irrigada (m) ou espaçamento entre carregadores equivalentes, a 100%, 80%, 70% e 60% do diâmetro molhado, em função do bocal, velocidade e pressão de serviço.

Especificação do teste	Largura da faixa irrigada (m)				
	DM	100% DM	80% DM	70% DM	60% DM
P400B22V40	88	88	70	62	53
P450B22V40	96	96	77	67	58
P500B22V40	96	96	77	67	58
P400B24V40	90	90	72	63	54
P450B24V40	94	94	75	66	56
P500B24V40	98	98	78	69	59
P400B22V70	84	84	67	59	50
P450B22V70	88	88	70	62	53
P500B22V70	98	98	78	69	59
P400B24V70	84	84	67	59	50
P450B24V70	90	90	72	63	54
P500B24V70	100	100	80	70	60
P400B22V120	88	88	70	62	53
P450B22V120	82	82	66	57	49
P500B22V120	98	98	78	69	59
P400B24V120	84	84	67	59	50
P450B24V120	92	92	74	64	55
P500B24V120	96	96	77	67	58

P500 - pressão de serviço de 500 kPa;

B22 - diâmetro do bocal do aspersor de 22 mm;

V120 - velocidade de recolhimento da mangueira de 120 m/h;

DM - diâmetro molhado pelo aspersor, (m);

100% DM - largura de faixa correspondente a 100% do diâmetro molhado pelo aspersor.

TABELA 2A. Tempo de rotação gasto pelo aspersor para cobrir um ângulo setorial de 270° e tempo gasto entre o início e fim do molhamento sobre os coletores (tempo de passagem).

Especificação do teste	Tempo de giro (minutos)	Tempo de passagem (minutos)
P400B22V120	3,02	30,20
P450B22V120	2,98	31,70
P500B22V120	2,79	34,00
P400B24V120	3,17	28,30
P450B24V120	3,01	26,08
P500B24V120	2,87	35,20
P400B22V70	3,21	50,92
P450B22V70	3,03	54,58
P500B22V70	3,83	56,75
P400B24V70	3,06	50,67
P450B24V70	2,99	52,83
P500B24V70	2,79	57,52
P400B22V40	3,19	93,67
P450B22V40	3,01	94,99
P500B22V40	2,81	98,83
P400B24V40	3,26	98,42
P450B24V40	3,02	96,00
P500B24V40	2,86	101,08

TABELA 3A. Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 400 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de recolhimento de 40 m/h.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
1	70,0	73,5	74,0	75,5	76,0	87,5
2	68,0	74,0	69,5	75,5	72,0	80,5
3	71,5	70,0	77,5	72,0	79,5	85,5
4	62,5	62,5	73,0	70,0	74,5	77,0
5	61,5	56,5	73,5	70,5	76,5	73,0
6	65,0	60,0	74,0	68,0	78,5	69,5
7	67,0	61,5	77,0	70,5	77,0	64,5
8	62,5	66,0	78,5	70,0	75,0	66,5
9	73,5	58,0	74,5	71,5	68,0	65,0
10	79,5	54,5	73,5	69,5	72,0	61,0
11	84,0	60,0	74,5	65,0	70,5	65,0
12	75,5	65,0	76,5	69,5	77,5	71,5
13	73,0	69,0	72,5	74,5	75,0	62,0
14	69,0	74,0	71,0	72,0	80,0	83,0
15	73,5	70,0	74,0	75,5	77,5	78,0
16	65,0	76,5	81,0	67,5	79,0	90,5
17	65,5	75,5	84,5	81,0	83,0	90,5
18	70,0	77,5	84,5	85,5	76,5	92,5
19	75,0	70,0	75,5	85,5	82,5	95,0
20	79,5	85,5	77,5	89,0	84,0	93,0
21	73,5	80,0	75,5	95,0	78,5	93,0
22	70,0	77,0	73,0	97,5	76,5	83,5
23	67,5	85,5	72,0	86,5	62,5	77,5
24	63,5	86,5	70,0	80,5	60,0	67,5
25	57,5	78,5	65,0	79,0	59,0	76,5
26	60,5	80,5	69,0	70,0	58,5	73,0
27	62,5	84,0	67,5	65,0	57,5	65,5
28	57,0	83,0	61,0	64,5	54,5	64,5
29	52,5	64,5	60,5	58,5	52,5	73,0
30	56,5	56,5	64,0	55,5	53,5	72,5
31	49,5	59,0	61,5	57,5	51,5	62,5
32	40,5	55,5	46,5	58,5	45,0	57,0

...continua...

TABELA 3A, Cont.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
33	42,5	51,5	43,0	53,5	46,5	58,0
34	38,5	46,5	43,5	52,5	48,5	48,0
35	42,0	43,5	47,5	44,5	42,0	45,5
36	32,0	47,0	35,0	40,5	35,5	40,5
37	25,5	44,5	28,5	43,0	21,0	35,0
38	22,0	44,0	19,5	39,5	13,0	33,0
39	16,0	41,5	16,5	28,5	10,0	31,0
40	11,5	31,5	12,0	23,5	8,5	26,5
41	10,0	23,0	10,0	21,5	0	27,5
42	0	22,0	0	11,5	0	22,0
43	0	17,5	0	0	0	20,0
44	0	10,5	0	0	0	10,0

Obs.: 3D - valores de volume (ml) coletados na terceira linha do lado direito do carro aspersor;

3E - valores de volume (ml) coletados na terceira linha do lado esquerdo do carro aspersor;

2D - valores de volume (ml) coletados na segunda linha do lado direito do carro aspersor;

2E - valores de volume (ml) coletados na segunda linha do lado esquerdo do carro aspersor;

1D - valores de volume (ml) coletados na primeira linha do lado direito do carro aspersor;

1E - valores de volume (ml) coletados na primeira linha do lado esquerdo do carro aspersor.

TABELA 4A. Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 500 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de recolhimento de 40 m/h.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
1	62,6	67,6	69,1	68,1	68,1	67,1
2	63,6	67,1	69,1	69,1	70,1	70,6
3	70,6	66,1	70,1	71,1	66,1	67,1
4	64,6	66,1	71,1	69,1	73,1	71,1
5	65,6	65,6	65,1	69,1	66,1	71,1
6	62,1	64,1	70,1	70,6	65,6	65,6
7	65,1	64,6	67,6	70,1	65,6	68,1
8	61,6	62,6	67,6	61,1	69,6	66,1
9	61,1	61,1	71,6	65,1	65,1	65,6
10	63,1	61,1	65,6	62,1	70,1	65,1
11	64,6	59,1	65,1	63,6	70,6	65,6
12	64,1	63,6	72,1	61,6	66,6	70,1
13	65,6	65,6	75,6	65,1	73,6	69,6
14	67,1	71,1	75,1	67,6	76,1	70,1
15	66,6	70,1	79,1	69,1	79,1	71,6
16	69,6	67,6	76,6	70,1	83,6	74,1
17	76,1	71,6	79,1	70,6	82,6	74,1
18	76,6	68,6	81,1	71,1	83,6	75,1
19	77,1	70,6	88,6	77,1	82,6	69,1
20	84,1	72,6	84,6	79,1	84,1	72,6
21	79,1	77,1	75,6	81,1	85,6	71,6
22	81,1	77,6	73,1	78,1	80,1	68,6
23	83,6	77,1	74,6	74,6	79,6	73,1
24	69,6	76,1	74,1	72,1	78,1	67,6
25	77,1	69,1	73,1	66,1	78,1	72,1
26	72,6	60,6	70,6	62,1	78,1	69,1
27	67,6	56,6	64,6	65,6	73,6	60,1
28	64,6	56,1	67,6	57,1	73,1	65,6
29	71,6	53,1	65,6	57,1	70,6	60,6
30	72,1	48,1	66,6	51,6	68,6	55,6
31	71,1	53,6	64,6	50,6	68,1	54,6
32	65,1	55,6	61,1	54,1	61,6	55,1

...continua...

TABELA 4A, Cont.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
33	64,1	53,6	59,1	50,1	61,6	52,6
34	63,1	50,1	56,1	51,1	60,6	48,6
35	58,6	49,6	58,1	50,1	61,1	52,1
36	57,1	54,1	54,1	50,1	59,6	46,6
37	51,1	49,6	48,1	44,1	49,6	40,6
38	37,1	38,1	37,6	39,1	42,1	35,6
39	33,1	37,1	33,1	32,1	31,1	34,1
40	29,1	34,6	31,6	31,6	22,6	34,1
41	25,6	31,1	24,6	32,1	20,6	31,6
42	23,1	27,6	19,6	30,6	11,6	23,6
43	10,6	19,6	14,6	25,1	8,1	24,1
44	6,1	16,1	5,1	13,6	5,6	12,6
45	0	13,6	0	10,1	0	11,6
46	0	10,1	0	9,1	0	11,1
47	0	6,6	0	5,6	0	10,6
48	0	7,1	0	5,6	0	8,6

TABELA 5A. Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 400 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de recolhimento de 40 m/h.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
1	77,8	82,8	80,8	96,8	82,8	97,8
2	77,8	84,8	82,8	90,8	77,8	90,8
3	77,8	77,8	87,8	93,8	72,8	109,0
4	84,8	70,8	86,8	86,8	79,8	88,8
5	82,8	67,8	88,8	77,8	77,8	93,8
6	85,8	63,8	92,8	73,8	83,8	87,8
7	85,8	73,8	89,8	71,8	78,8	80,8
8	80,8	68,8	85,8	69,8	84,8	78,8
9	81,8	75,8	85,8	73,8	79,8	74,8
10	76,8	71,8	89,8	76,8	79,8	79,8
11	83,8	66,8	90,8	82,8	79,8	81,8
12	83,8	67,8	85,8	77,8	78,8	87,8
13	80,8	65,8	86,8	76,8	82,8	73,8
14	88,8	78,8	90,8	76,8	88,8	85,8
15	83,8	71,8	93,8	78,8	97,8	88,8
16	88,8	71,8	87,8	73,8	97,8	83,8
17	92,8	74,8	90,8	77,8	93,8	91,8
18	81,8	76,8	91,8	81,8	93,8	82,8
19	85,8	70,8	84,8	81,8	93,8	81,8
20	82,8	66,8	84,8	81,8	102,0	84,8
21	83,8	64,8	84,8	74,8	89,8	88,8
22	83,8	66,8	79,8	75,8	88,8	81,8
23	80,8	61,8	78,8	73,8	84,8	81,8
24	77,8	63,8	71,8	73,8	78,8	73,8
25	70,8	57,8	73,8	73,8	73,8	80,8
26	72,8	59,8	68,8	60,8	77,8	72,8
27	66,8	53,8	65,8	62,8	75,8	66,8
28	59,8	58,8	65,8	58,8	77,8	71,8
29	62,8	63,8	56,8	60,8	69,8	63,8
30	62,8	56,8	62,8	53,8	69,8	49,8
31	50,8	51,3	56,8	48,8	73,8	49,8
32	48,8	49,8	60,8	45,8	75,8	42,8

...continua...

TABELA 5A, Cont.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
33	51,8	44,3	56,8	34,8	64,8	33,8
34	56,3	43,3	53,8	35,3	53,8	34,8
35	51,8	39,8	56,8	28,8	57,8	44,3
36	47,8	35,8	48,8	26,8	54,8	43,8
37	46,3	26,3	39,8	30,3	45,8	38,3
38	24,8	22,3	29,8	38,3	32,3	28,8
39	19,8	25,3	31,3	29,8	28,3	28,3
40	13,8	20,8	19,3	31,8	20,3	26,8
41	11,3	13,3	13,3	21,8	11,8	21,8
42	8,8	8,3	7,8	11,3	4,8	20,3
43	4,3	4,8	0	6,8	0	11,3
44	4,3	3,8	0	4,3	0	4,3
45	0	4,3	0	4,3	0	4,3

TABELA 6A. Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 500 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de recolhimento de 40 m/h.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
1	84,3	61,3	81,3	80,3	83,3	86,3
2	89,8	66,3	77,3	75,3	91,3	81,3
3	86,3	74,3	91,3	78,3	95,3	80,3
4	89,3	80,3	88,3	89,3	91,3	75,3
5	86,3	77,3	87,3	90,3	98,3	83,3
6	79,3	81,3	77,3	84,3	90,3	85,3
7	85,3	77,3	83,3	87,3	88,3	79,3
8	83,3	72,3	87,3	79,8	87,3	63,3
9	84,3	71,3	95,3	66,3	87,3	65,3
10	87,3	68,3	105,0	61,3	89,3	58,3
11	92,3	66,3	101,0	64,3	91,3	66,3
12	89,3	61,3	103,0	64,3	88,3	72,3
13	92,3	64,3	102,0	72,3	91,3	65,3
14	98,3	70,3	98,3	73,3	93,3	65,3
15	101,0	72,3	101,0	80,3	94,3	71,3
16	110,0	78,3	109,0	81,3	99,3	72,3
17	102,0	89,3	101,0	76,3	104,0	89,3
18	101,0	95,3	93,3	78,3	97,3	83,3
19	100,0	86,8	91,3	86,3	100,0	90,3
20	100,0	85,3	95,3	89,3	96,3	100,0
21	91,3	89,3	90,3	89,3	80,3	106,0
22	82,3	81,3	83,3	90,3	82,3	99,3
23	74,3	86,3	82,3	91,3	79,3	91,3
24	65,3	80,3	78,3	91,8	78,8	90,3
25	64,3	80,3	75,3	94,3	68,3	90,3
26	67,3	81,3	71,3	85,3	59,3	85,3
27	64,3	72,3	67,3	79,3	59,3	79,3
28	62,3	67,3	60,3	71,3	58,3	75,3
29	63,3	63,3	58,3	67,3	57,3	71,3
30	59,3	59,3	63,3	59,3	57,3	71,8
31	52,3	53,3	59,3	62,3	53,3	67,3
32	49,3	51,8	51,3	63,3	58,3	61,8

...continua...

TABELA 6A, Cont.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
33	48,8	46,3	54,3	56,3	56,3	61,3
34	43,3	43,3	53,3	56,3	49,3	59,3
35	41,3	46,8	46,3	55,3	34,3	57,3
36	35,3	46,8	35,3	51,3	26,3	46,8
37	32,3	44,3	32,8	49,3	21,8	42,8
38	26,8	38,3	27,3	42,8	23,3	39,8
39	26,3	35,3	25,8	41,3	21,3	42,3
40	23,8	35,8	25,3	40,8	18,8	37,3
41	16,3	33,8	16,8	26,8	10,8	29,8
42	12,8	29,3	14,3	26,8	8,3	27,3
43	10,3	21,3	10,8	19,8	7,8	21,8
44	9,3	18,8	6,8	18,8	6,8	13,8
45	8,3	16,8	3,8	16,3	4,3	13,3
46	5,3	12,3	2,3	15,3	0	11,8
47	2,3	6,3	1,8	11,8	0	8,8
48	1,8	6,8	0	13,3	0	4,3
49	0	1,8	0	4,3	0	3,3

121565

TABELA 7A. Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 400 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de recolhimento de 70 m/h.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
1	34,8	31,3	29,8	37,8	36,3	35,8
2	33,8	31,3	32,3	40,3	36,3	36,3
3	35,8	32,3	37,8	40,3	37,8	38,3
4	28,8	35,3	34,8	39,3	44,8	37,3
5	28,3	41,8	32,3	39,3	42,3	44,3
6	28,3	41,3	33,3	36,8	50,8	48,8
7	29,8	40,8	32,8	39,8	44,3	44,8
8	31,3	41,3	36,8	38,3	44,8	52,3
9	32,8	42,3	35,8	39,3	42,8	46,3
10	34,8	41,8	36,3	35,3	47,8	43,8
11	38,8	38,8	38,8	41,8	47,8	45,3
12	42,3	37,3	50,8	41,8	47,8	44,3
13	44,3	35,8	51,8	41,3	45,3	45,8
14	45,3	36,8	51,8	45,8	44,8	48,3
15	52,8	38,8	52,8	45,3	54,3	47,3
16	57,3	40,8	58,8	46,3	49,8	43,3
17	59,8	43,3	60,8	51,3	56,8	43,3
18	57,3	47,3	62,8	45,3	59,8	43,8
19	59,3	47,3	61,3	50,3	57,8	42,3
20	55,3	49,8	57,3	51,8	59,3	41,8
21	49,8	48,8	55,3	46,8	59,3	47,3
22	50,3	44,8	52,3	44,3	53,8	49,3
23	47,3	52,3	52,3	46,8	56,8	53,8
24	47,3	44,8	47,3	47,3	44,3	44,3
25	47,3	44,8	47,3	44,3	41,8	45,8
26	40,3	42,8	42,3	47,8	36,3	41,8
27	41,3	35,3	40,3	40,8	31,8	33,8
28	40,3	41,3	37,8	36,3	31,3	26,3
29	41,3	33,8	32,3	39,8	34,8	27,8
30	37,3	29,8	31,8	31,8	38,8	30,3
31	33,3	28,8	28,8	30,3	30,8	29,8
32	38,8	24,8	24,3	29,8	27,3	26,8

...continua...

TABELA 7A, Cont.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
33	28,8	26,8	21,3	30,8	28,3	25,3
34	27,3	30,3	18,8	25,8	26,3	31,3
35	20,8	27,3	15,3	25,3	27,3	35,3
36	20,3	24,8	16,8	26,8	27,8	32,3
37	20,3	17,3	16,8	33,3	20,3	24,3
38	13,8	20,3	15,8	27,3	15,8	20,8
39	12,3	16,8	11,3	19,3	11,3	12,8
40	10,8	18,8	9,8	13,8	4,3	9,3
41	4,8	9,8	6,3	4,8	2,8	7,8
42	0	4,8	4,8	0	0	4,8

10/10

TABELA 8A. Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 500 kPa, bocal de 22 mm e velocidade de recolhimento de 70 m/h.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
1	49,1	41,1	49,1	44,6	49,8	40,1
2	50,6	41,1	43,6	47,6	52,1	41,1
3	51,1	42,1	48,6	43,1	54,1	48,6
4	46,1	51,1	49,6	52,1	54,1	50,1
5	41,1	56,1	48,1	56,1	54,6	52,6
6	40,1	52,6	50,1	60,1	53,6	59,1
7	41,1	56,1	48,6	62,1	50,1	57,6
8	45,6	45,6	50,1	56,6	49,6	51,1
9	49,1	45,1	55,1	53,1	59,6	51,1
10	45,6	42,6	52,1	45,6	64,6	53,6
11	45,1	45,1	43,1	50,1	59,1	55,1
12	44,1	46,1	47,1	49,1	52,6	38,6
13	42,6	51,1	51,6	46,6	46,1	47,6
14	45,1	45,6	52,1	50,1	47,6	42,6
15	48,6	43,6	54,1	49,6	47,6	44,1
16	52,6	42,6	56,1	49,1	45,6	46,1
17	51,6	44,1	48,6	49,6	45,6	44,6
18	57,1	45,1	45,1	50,6	41,6	52,1
19	49,6	46,6	44,1	46,1	41,6	54,6
20	45,1	42,6	43,1	43,1	40,1	54,6
21	42,6	42,1	41,1	46,1	40,6	55,6
22	37,6	41,1	37,6	49,1	40,1	56,6
23	35,6	46,1	33,1	45,1	43,1	55,6
24	32,6	48,6	30,1	43,1	36,6	56,6
25	29,6	46,1	32,6	46,1	36,1	61,1
26	24,6	45,1	32,6	45,6	31,1	53,6
27	26,6	41,6	29,6	42,1	31,6	44,1
28	26,6	36,6	33,1	41,1	31,1	42,1
29	25,6	36,1	27,6	40,6	28,1	44,6
30	27,1	38,6	25,1	36,6	23,1	44,1
31	25,1	37,6	25,1	35,1	24,1	44,6
32	24,1	37,6	29,1	35,1	25,6	41,6

...continua...

TABELA 8A, Cont.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
33	24,1	34,6	23,6	28,1	20,6	41,1
34	20,6	29,6	18,1	27,6	16,1	42,6
35	17,6	27,1	16,1	27,1	14,6	37,1
36	16,6	26,1	12,6	24,1	13,1	43,6
37	12,6	25,1	12,6	25,1	12,1	30,1
38	11,1	19,1	11,1	29,1	9,1	30,1
39	9,1	24,1	8,6	23,6	7,1	31,6
40	8,1	24,1	6,6	26,1	6,1	26,1
41	6,6	20,6	6,1	17,6	5,6	21,6
42	5,6	12,6	5,6	14,6	0	16,1
43	0	9,6	0	12,6	0	15,1
44	0	8,1	0	11,6	0	11,6
45	0	7,1	0	11,1	0	12,6
46	0	0	0	9,1	0	11,1
47	0	0	0	0	0	9,6
48	0	0	0	0	0	7,1
49	0	0	0	0	0	5,6

UNIVERSIDADE

TABELA 9A. Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 400 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de recolhimento de 70 m/h.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
1	28,5	33,5	38,5	33,5	41,5	36,0
2	25,0	35,5	37,5	40,0	41,5	44,5
3	37,0	36,5	35,5	44,0	43,0	58,0
4	35,0	34,0	45,5	49,5	45,5	53,5
5	39,5	35,0	40,0	45,5	47,0	52,5
6	38,5	33,0	45,5	42,0	48,0	60,5
7	36,0	41,5	43,5	46,5	43,0	59,5
8	37,0	36,5	42,0	46,0	41,0	55,5
9	39,0	30,5	41,0	54,0	46,0	49,0
10	36,5	29,5	39,5	57,5	38,0	51,5
11	38,0	35,5	40,0	53,5	38,5	60,5
12	40,0	41,5	41,5	47,0	42,0	60,5
13	40,5	44,5	48,5	45,5	52,5	52,0
14	42,0	45,0	50,0	55,0	64,5	51,5
15	41,5	43,5	57,0	56,0	72,0	49,5
16	40,5	47,5	63,0	52,5	75,5	53,0
17	42,0	52,5	64,5	47,5	81,5	62,0
18	42,5	55,0	57,0	52,5	70,5	69,0
19	47,5	42,0	57,0	57,0	69,5	60,5
20	48,0	39,5	52,5	53,0	61,5	61,0
21	44,0	45,0	53,5	49,5	52,0	57,0
22	38,5	40,0	50,5	42,5	47,5	50,0
23	39,0	39,0	47,5	44,0	46,0	50,0
24	40,0	35,5	44,0	43,5	52,0	49,5
25	39,5	39,5	47,0	44,5	49,5	45,0
26	37,5	42,5	46,5	43,5	37,5	39,0
27	40,0	40,0	47,5	41,0	37,5	34,5
28	42,5	42,5	47,5	41,0	40,0	31,5
29	45,5	38,0	43,0	34,5	43,5	31,5
30	46,5	34,0	45,5	35,0	35,0	34,5
31	39,0	33,5	39,5	37,5	28,0	26,5
32	34,0	28,0	34,5	32,5	27,5	25,0

...continua...

TABELA 9A, Cont.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
33	38,0	24,5	38,5	23,5	27,5	20,0
34	31,5	24,5	32,0	22,5	26,0	20,0
35	20,0	20,5	18,5	20,0	23,5	21,5
36	15,5	15,5	15,0	15,0	26,5	18,5
37	10,0	10,0	10,0	12,5	12,5	10,0
38	7,5	10,0	7,0	9,5	7,0	8,0
39	6,5	6,0	8,5	5,5	5,5	7,5
40	5,5	4,5	4,5	6,5	5,0	4,0
41	3,0	5,0	0	7,0	0	0
42	3,0	5,0	0	4,5	0	0

Srta. E.L.

TABELA 10A. Volume de água (ml) medido nas três linhas de coletores, acrescido da evaporação, com pressão de 500 kPa, bocal de 24 mm e velocidade de recolhimento de 70 m/h.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
1	43,0	39,5	41,5	41,5	43,5	41,5
2	43,0	39,5	42,0	42,0	46,0	42,0
3	40,5	40,0	39,0	44,0	45,0	46,0
4	38,5	38,0	39,0	43,5	40,5	43,0
5	38,5	39,5	38,5	43,5	37,5	42,5
6	33,5	34,5	37,5	38,5	39,0	43,0
7	35,5	35,0	34,5	41,0	40,0	43,5
8	37,5	35,5	37,0	41,0	39,5	40,5
9	37,0	35,0	37,0	36,0	42,0	40,5
10	36,5	36,0	37,5	35,0	41,5	42,5
11	36,0	33,0	37,5	35,5	43,0	40,5
12	36,5	37,0	40,5	36,0	42,5	39,5
13	47,5	36,5	39,5	37,0	41,5	36,5
14	47,0	37,5	49,0	38,0	44,5	39,5
15	46,0	35,0	46,0	35,0	48,5	36,0
16	50,0	36,0	47,0	36,5	48,0	36,5
17	50,5	39,0	48,5	40,0	45,5	35,0
18	48,0	39,0	51,5	43,5	48,0	37,0
19	46,0	39,5	53,0	43,5	48,0	42,5
20	48,0	41,5	54,5	44,5	50,0	51,5
21	54,5	42,0	54,0	44,0	52,0	55,0
22	50,0	44,5	54,5	46,5	53,5	55,5
23	47,5	43,5	55,5	53,5	51,5	50,5
24	47,0	49,0	52,0	52,0	53,5	51,5
25	46,0	50,0	53,5	54,5	51,5	48,5
26	48,5	56,5	58,0	56,5	46,5	44,5
27	54,0	58,0	53,5	51,0	47,0	42,0
28	54,5	55,5	51,5	46,5	47,5	43,5
29	58,5	50,5	49,0	50,0	46,0	43,0
30	62,0	49,5	53,5	49,5	42,0	43,5
31	57,5	45,0	53,0	45,0	44,0	37,5
32	56,0	43,5	51,0	43,5	45,5	36,5

...continua...

TABELA 10A, Cont.

Coletor	3D	3E	2D	2E	1D	1E
33	55,5	41,0	45,0	40,5	49,5	42,0
34	52,0	35,0	47,5	38,5	51,0	43,5
35	43,0	33,5	48,0	35,0	50,5	41,5
36	38,0	35,5	43,0	33,5	51,0	37,5
37	34,5	38,5	36,5	40,5	44,5	31,5
38	32,0	33,0	29,5	33,0	39,5	32,0
39	26,5	30,5	29,5	32,0	40,5	36,5
40	26,5	30,5	31,0	34,0	35,5	35,0
41	24,5	29,5	32,0	30,0	28,5	36,0
42	15,5	27,5	20,0	29,5	27,5	32,0
43	13,0	26,0	16,0	25,5	24,5	28,5
44	13,5	27,5	13,5	23,5	12,0	25,0
45	7,5	21,0	10,5	19,0	9,0	19,0
46	6,0	14,5	5,0	13,5	0	18,0
47	5,5	9,5	5,0	15,0	0	12,5
48	0	9,5	0	7,5	0	11,0
49	0	5,5	0	6,5	0	10,0
50	0	4,9	0	5,5	0	8,5

ANEXO B

	Página
FIGURA 1B Esquema dos testes de campo para determinação da uniformidade de distribuição de água do autopropelido Hidro-Roll 90/240.....	77
FIGURA 2B Detalhe dos componentes principais do Hidro-Roll 90/240.....	78
FIGURA 3B Conjunto barra guia do Hidro-Roll 90/240.....	79
FIGURA 4B Vista do conjunto regulador de velocidade.....	80

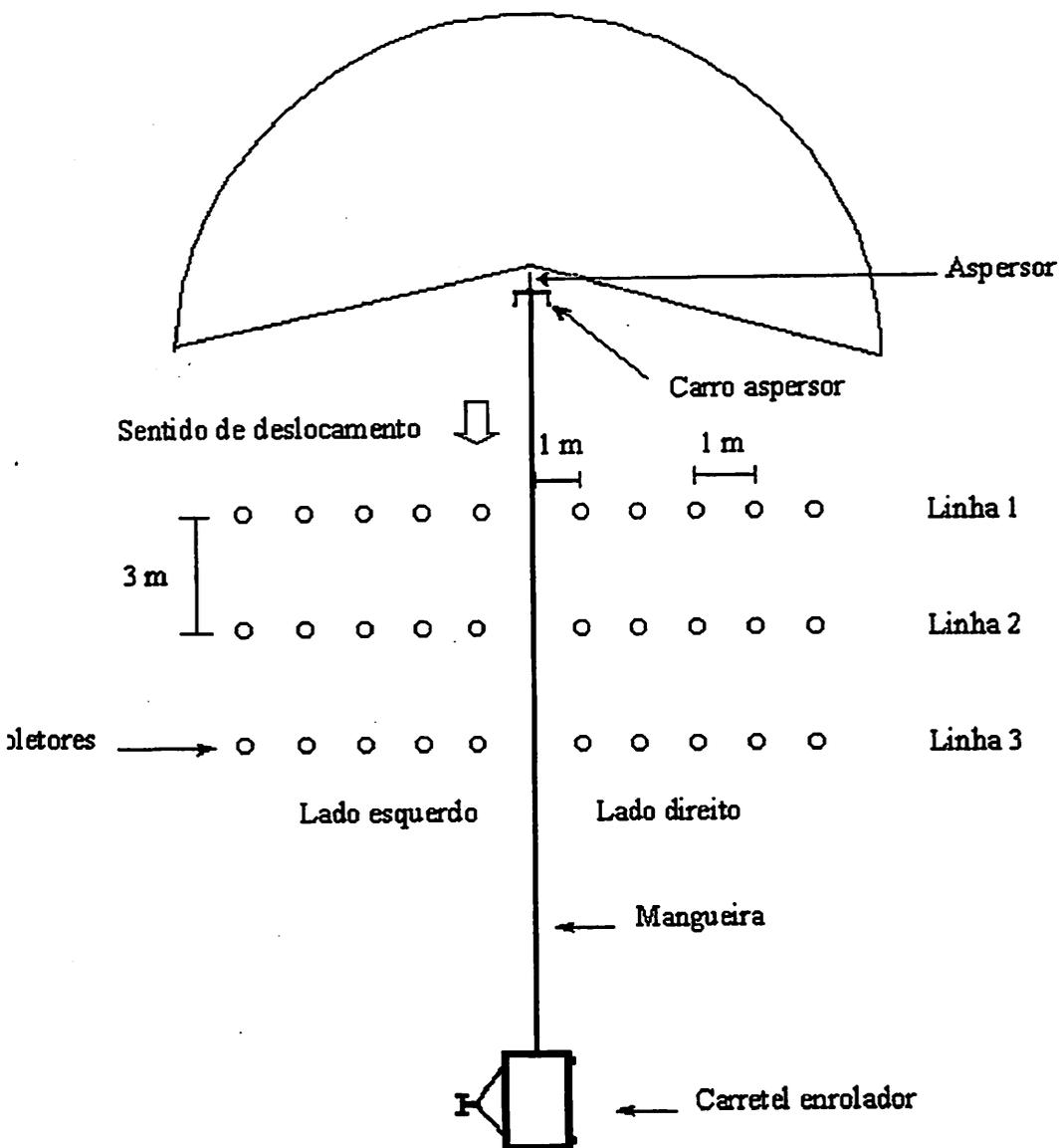
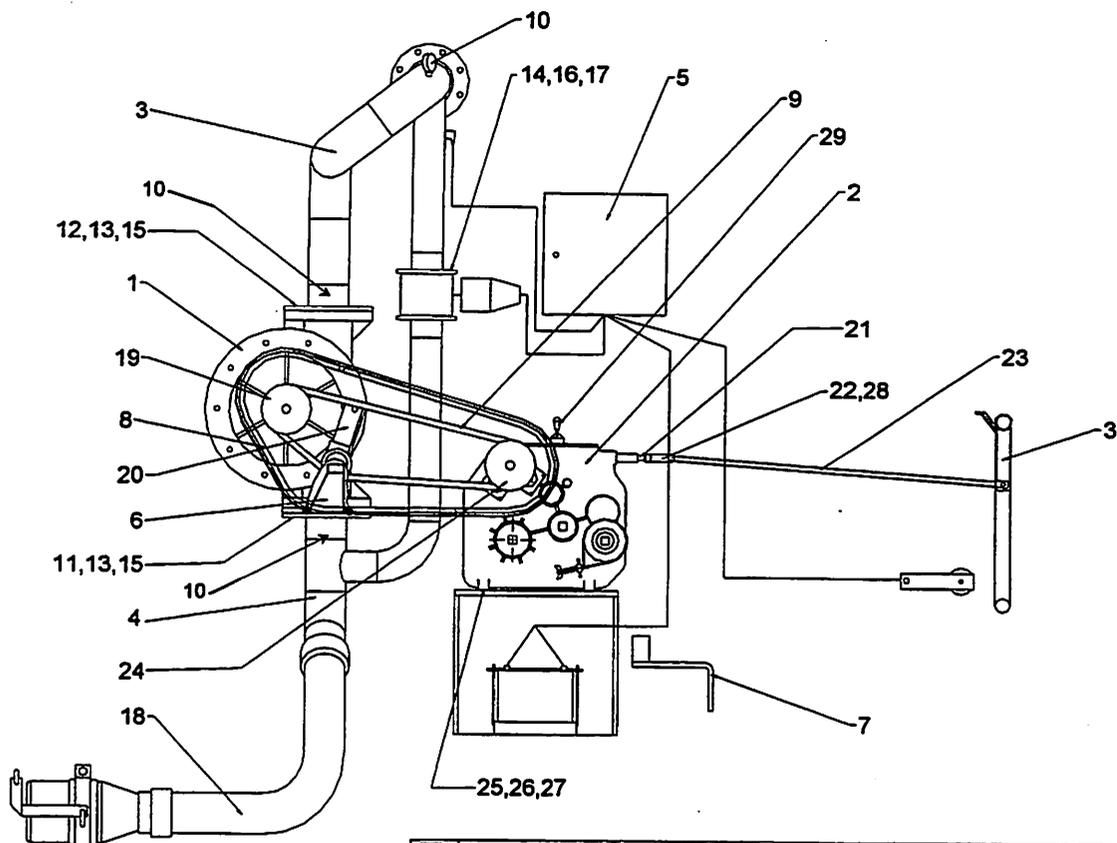
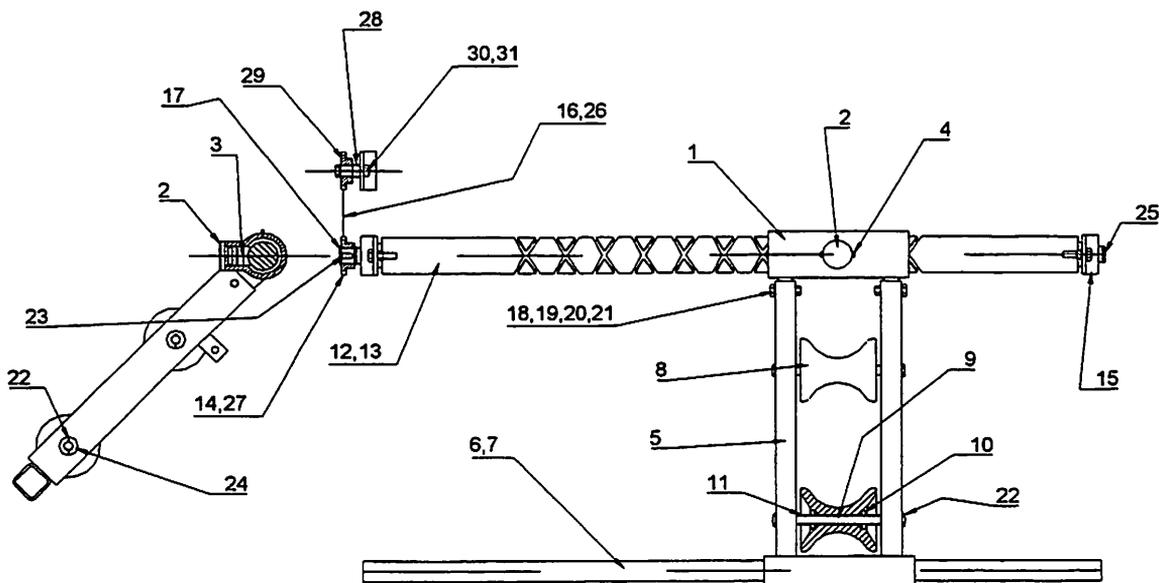


FIGURA 1B. Esquema dos testes de campo para determinação da uniformidade de distribuição de água do autopropelido Hidro-Roll 90/240.



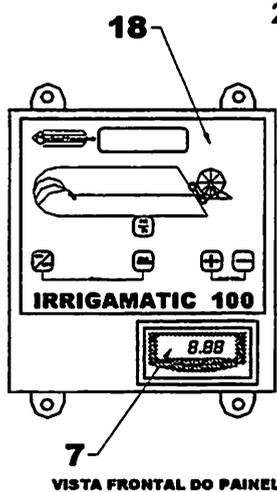
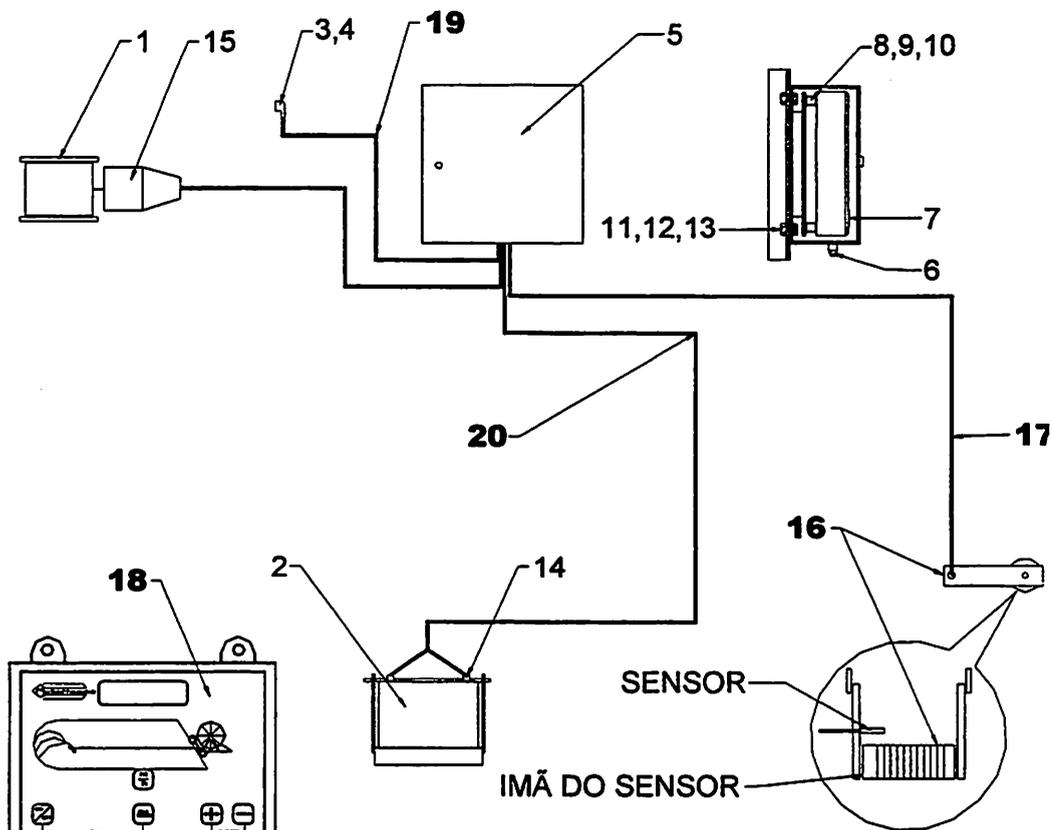
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUAN	ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUAN
1	CONJUNTO TURBINA ALUMÍNIO	1	16	PORCA SEXTAVADA	20
2	REDUTOR D.745-B	1	17	ARRUELA PRESSÃO	20
3	TUBULAÇÃO SAÍDA IRRIG. CPK	1	18	CJ. MANGUEIRA ENTRADA	1
4	TUBULAÇÃO ENTRADA IRRIG. CPK	1	19	POLIA 4" X 2 A (TURBINA) ALUMÍNIO	1
5	CJ. MONITOR ELETRÔNICO IRRIG.	1	20	CONJUNTO POLIA ESTICADORA	1
6	BOCAL EXC. Ø 32 INOX	1	21	PRISIONEIRO M12	1
7	MANVELA GALVANIZADA	1	22	FORQUILHA M12	2
8	PROTEÇÃO CORREIA PSAI	1	23	HASTE FIM DE CURSO CPK	1
9	CORREIA A33	2	24	POLIA 4" X 2 A (REDUTOR) ALUMÍNIO	1
10	MANÔMETRO 0-10 KG C/GLICERINA	1	25	PA ALLEM M12 X 30	4
11	PARAFUSO SEXTAVADO	4	26	ARRUELA LISA	4
12	PARAFUSO SEXTAVADO	4	27	ARRUELA PRESSÃO	4
13	PORCA SEXTAVADA	16	28	PNØ CAB. RD. M10	2
14	PARAFUSO SEXTAVADO	4	29	MANPULO DO REDUTOR	1
15	ARRUELA PRESSÃO	16	30	FIM DE CURSO CPK	1

FIGURA 2B. Detalhe dos componentes principais do Hidro-Roll 90/240



CONJUNTO GUIA DA MANGUEIRA HR 90/240					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUAN	ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUAN
1	CORPO GUIA FOFO	1	17	ANEL ELASTICO	1
2	TAMPA CORPO GUIA TREF. 1045	1	18	PA SX	2
3	CHAVETA GUIA TREF. 1045	1	19	PO SX	6
4	PA ALLEN	2	20	AR PR	6
5	QUADRO GUIA	1	21	AR LI	2
6	TUBO DE APOIO GUIA CPKIGI	1	22	CUPILHA	4
7	TUBO DE APOIO GUIA GIUGIII	1	23	CHAVETA 1045	1
8	ROLETE GUIA	2	24	AR LI	4
9	EIXO ROLETE GUIA INOX	2	25	PA SX	4
10	ROLAMENTO	4	26	CORRENTE TRANSMISSAO	1
11	BUCHA ML 4" GAL	4	27	ENG. PONTA EIXO ROSCA CRUZ	1
12	EIXO ROSCA CRUZADA GIII	1	28	BUCHA ENGRENAGEM ESTIC.	1
13	EIXO ROSCA CRUZADA CPK	1	29	ENGRENAGEM ESTICADORA	1
14	ENG. PONTA EIXO ROSCA CRUZ.	1	30	PA. SX	1
15	MANCAL	2	31	PO. SX	1
18	EMENDA SIMPLES	1	32	CORRENTE TRANSMISSAO	1

FIGURA 3B. Conjunto barra guia do Hidro-Roll 90/240



CONJUNTO MONITOR ELETRÔNICO IRRIGAMATIC 100		
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT
1	VALVULA BY-PASS MATERMACC	1
2	BATERIA 7 PLACAS	1
3	INTERRUPTOR DO HORIMETRO	1
4	PROTEÇÃO DO INTERRUPUTOR	1
5	CAIXA TALINUS	1
6	PRENSA CABO 3/4"	1
7	HORIMETRO	1
8	COXIM	4
9	PO SX	8
10	AR DEN	8
11	PA SX	4
12	PO SX	4
13	AR PR	4
14	TERMINAL P/BATERIA	2
15	MOTOREDUTOR P/ VALV. BY PASS	1
16	ROLO MATERMACC	1
17	SENSOR C/ CABO	1
18	CENTRALINA MATERMACC	1
19	CABO BIPOLAR 0,25 mm 2	1
20	CABO DE ALIMENTAÇÃO	1

FIGURA 4B. Vista do conjunto regulador de velocidade