AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE TUBOS FLEXÍVEIS
DE POLIETILENO PERFURADOS A LASER
UTILIZADOS NA IRRIGAÇÃO

DIRCEU VILELA DE ANDRADE
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. TARLEI ARRIEL BOTREL

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Irrigação e Drena-
gem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

A553a Andrade, Dirceu Vilela de
Avaliação hidráulica de tubos flexíveis de polietileno perfurados a laser utilizados na irrigação. Pi
racicaba, 1990.
147p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Irrigação - Tubo perfurado de polietileno 2. Tu
bo perfurado de polietileno - Hidráulica - Avaliação
1. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Pi
racicaba

CDD 631.7

AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE TUBOS FLEXÍVEIS
DE POLIETILENO PERFURADOS A LASER
UTILIZADOS NA IRRIGAÇÃO

Dirceu Vilela de Andrade

Aprovada em: 13.07.90

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel	ESALQ/USP
Prof. Dr. Marcos Vinicius Folegatti	ESALQ/USP
Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova	ESALQ/USP

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel
Orientador

À minha mãe Lalia
À memória de meu pai Wolmy
À minha esposa Rejane
As minhas filhas Virginia e Juliana

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, pela liberação para a realização do curso.

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", por intermédio do Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade oferecida.

Ao Prof. Tarlei Arriel Botrel, pela orientação, amizade e apoio recebidos no decorrer do curso e na realização deste trabalho.

A empresa SANSUY do Nordeste S/A - Indústria de Plásticos, pela doação de parte dos materiais utilizados no experimento.

Aos demais professores, colegas do curso e funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pelo apoio e sugestões recebidos durante o decorrer do Mestrado.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vii
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Irrigação por tubos perfurados	04
2.2. Hidráulica de sistema de irrigação por tubos perfurados	15
2.2.1. Hidráulica dos emissores dos tubos perfurados	17
2.2.2. Perda de carga	23
2.2.3. Fator de redução de perda de carga	26
2.3. Uniformidade de distribuição	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1. Ensaio para determinação da equação característica de vazão-pressão e da uniformidade de vazão dos emissores dos tubos perfurados	37
3.2. Determinação da perda de carga	41
3.3. Determinação do diâmetro interno dos tubos	44
3.4. Cálculo do coeficiente de descarga dos orifícios	44
3.5. Cálculo do fator de redução de perda de carga F de Christiansen e do comprimento máximo da linha de tubulação perfurada	45
3.6. Ensaio para a determinação do perfil de distribuição da precipitação, do alcance e da uniformidade de distribuição	48

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1. Equação característica de vazão dos emisso- res do tubo perfurado	52
4.2. Coeficiente de descarga dos orifícios	56
4.3. Equação característica de perda de carga do tubo perfurado	57
4.4. Fator de redução de perda de carga de Chris- tiansen e comprimento máximo da tubulação perfurada	61
4.5. Perfil médio da precipitação e uniformida- de de distribuição	69
5. CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
APÊNDICE	103

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE TUBOS FLEXÍVEIS
DE POLIETILENO PERFURADOS A LASER
UTILIZADOS NA IRRIGAÇÃO**

Autor: Dirceu Vilela de Andrade
Orientador: Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel

RESUMO

No Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, foram estudadas as características hidráulicas e a uniformidade de distribuição de um tubo perfurado flexível de polietileno, com orifícios feitos com raios laser a ser fabricado no Brasil.

Utilizou-se o tubo perfurado Sumi-Sansui Mark II, com fita de 50 mm de largura, diâmetro dos orifícios igual a 0,3 mm, espaçados em grupo de dois a cada 0,15 metros.

Os tubos perfurados foram submetidos a ensaios visando a determinação dos seguintes parâmetros: equação vazão-pressão, coeficiente de variação de vazão decorrente do processo de perfuração dos orifícios, equação de perda de carga-vazão na tubulação sem os emissores, coeficiente de descarga dos orifícios, fator de redução de perda de carga F, comprimentos máximos da mangueira de acordo com critérios pré-estabelecidos de variação de pressão permitidos, per

fil de distribuição da precipitação, alcance do jato e uniformidade de distribuição.

A equação vazão-pressão encontrada para os emissores do tubo perfurado Sumi-Sansui, foi a seguinte:

$$q = 1,6085 H^{0,5491}$$

onde: q = vazão do emissor (conjunto de 02 orifícios) em l/h;
 H = pressão na entrada do emissor, em m.c.a. (*)

O coeficiente de variação médio verificado foi de 1,95%, o que classifica os emissores como de uniformidade excelente.

A equação perda de carga-vazão obtida para os tubos perfurados, foi a seguinte:

$$J = 0,0823 q^{1,6686}$$

onde: J = perda de carga unitária, em m.c.a./m;
 q = vazão que percorre o tubo em $10^3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Os coeficientes de descarga médio obtidos para os orifícios perfurados a raios laser foram 0,74; 0,76; 0,78; 0,79 e 0,80 respectivamente para as pressões de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10 m.c.a.

Foi elaborado um programa de computador para

(*) 1 m.c.a. = 10 KPa

determinar o coeficiente de redução de perda de carga F (Christiansen) e o comprimento máximo da tubulação de acordo com os critérios de se permitir uma variação de 10, 20, 30 e 40% na pressão entre o primeiro e o último emissor, sendo os valores de F determinados em função do número de saídas, do espaçamento entre emissores e da pressão.

Os comprimentos máximos encontrados para o tubo em estudo variaram de 56 a 96 metros, respectivamente para os critérios de 10 e 40% de variação de pressão admitida.

Os alcances da precipitação foram de 2,53 a 7,52 metros, respectivamente na pressão de 2,0 m.c.a. e trecho final e 10,0 m.c.a. e trecho inicial.

Em função dos resultados obtidos, observou-se que os espaçamentos mais adequados entre mangueiras, pode ser determinado pelos valores dos coeficientes de uniformidade, precipitação média e capacidade de infiltração dos solos.

HYDRAULIC EVALUATION OF FLEXIBLE
POLIETILENE LASER PERFORATED PIPES USED IN
IRRIGATION

Author: Dirceu Vilela de Andrade
Adviser: Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel

SUMMARY

At the Rural Engineering Department in the "Luiz de Queiroz" Agriculture School from the São Paulo University, were studied the hydraulic characteristic and distributing uniformity of a polietilene flexible pipe perforated with laser beams to be manufactured in Brasil.

The pipe used is a Sumi Sansui Mark II perforated like a 50 mm wide strip, 0.3 mm orifices in diameter, too in every 0.15 m.

The perforated pipes underwent several tests in order to determine the following guidelines: discharge - pressure equation, pressure discharge variation rate in the orifice perforation, head loss-discharge equation in the pipe without emitters, discharge rating of the orifices, head loss factor F , maximum length of the pipe according to the present criteria of pressure variation allowed, precipitation distribution profile, jet reach and distribution uniformity.

The equation discharge against pressure found

in the perforated pipe emitters was the following:

$$q = 1,6085 H^{0,5491}$$

where:

q = emitter discharge (set of 2 orifices), in l/h;

H = emitter entry pressure in m.c.a.

The average variation rate was 1.95% which classifies the emitters as excellent uniformity.

The head loss equation versus discharge in the perforated pipes was:

$$J = 0,0823 q^{1,6686}$$

where:

J = unitary head loss, in m.c.a./m;

q = pipe discharge in $10^3 \times m^3$.

The average discharge rates in the perforated orifices with laser beams were 0.74, 0.76, 0.78, 0.79 and 0.80 for the pressures of 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 and 10 m.c.a.

To determine the discharge loss rate F (Christiansen) a computer program was made, and the pipe maximum length according to a criterias to allow a variation of 10, 20, 30 and 40% in the pressure between the first and the last emitters. The F values were set according to the outlets, the spacing between the emitters and the pressure.

The maximum length found for the pipes varied from 56 to 96 m, for the criteria of 10 and 40% variation of the admitted pressure.

The precipitation reaches were 2.53 to 7.52 m, with 2.0 m.c.a. pressure for the final part, and 10 m.c.a. for the start.

With the data obtained, it was verified that the best spacing between the hoses, can be set by the uniformity rates, average precipitation and soil infiltration capacity.

1. INTRODUÇÃO

Existe, atualmente uma forte tendência de redução da pressão de operação dos aspersores, para diminuir o consumo de energia em certos sistemas por aspersão.

No sistema de tubos perfurados a água é aspergida através de orifícios na forma de spray formando uma faixa molhada retangular, sendo que consta basicamente de linhas laterais de polietileno flexível em forma de fita com orifícios perfurados a laser de tamanho reduzido (0,3 mm de diâmetro) em alta densidade (02 furos a cada 0,15 metros). Trabalham numa pequena faixa de pressão (2 a 10 m.c.a.), o que em alguns casos, pode-se dispensar o uso de bombeamento. Os orifícios são de alta precisão feitos com raios laser, o que dificulta o entupimento por não possuírem arestas. A tubulação é bastante leve com possibilidades de contar com equipamentos de rebobinação, apresentando ainda uma boa durabilidade e custos reduzidos, podendo ser os tubos vendidos individualmente.

Estes tubos perfurados tanto podem ser utilizados em irrigação localizada e aspersão, de acordo com a pres-

são usada e a permanência ou não de uma faixa seca entre as linhas de plantio.

Uma das mais expressivas aplicações da irrigação localizada nos últimos tempos é o emprego de tubulações perfuradas de polietileno de paredes finas em culturas cujo plantio é sob a forma de linha.

Os sistemas de irrigação localizada existentes no Brasil são fixos e muito complicados, sendo vendidos pelas firmas que os produzem na forma de um "pacote", incluindo peças e acessórios muitas vezes desnecessárias, contribuindo assim para elevar o custo do sistema, limitando o mesmo para aplicação em culturas permanentes de alta rentabilidade (frutíferas). Estes fornecedores atuais de sistemas localizados não estão interessados em descomplicar os equipamentos e nem comercializar estes individualmente.

Para incrementar o uso da irrigação no Brasil é necessário que sejam desenvolvidos sistemas de irrigação simples, de menor custo, que gastem menos energia e que possam ser comercializados individualmente.

A utilização de tubos perfurados na irrigação localizada contribui para a redução de custo, simplificação do sistema e menores gastos com energia, sendo que neste caso, os emissores são os próprios orifícios perfurados na parede do tubo.

Para uma aplicação uniforme de água, em quantidade adequada e no momento certo, de tal forma que os custos

do equipamento e seu manejo sejam econômicos, torna-se necessário o conhecimento das características hidráulicas e da uniformidade de distribuição de água dos seus componentes, sendo que estes dados devem estar sempre disponíveis aos projetistas.

Diante desses fatos, os objetivos desse trabalho são:

a) Determinar as características hidráulicas do tubo perfurado flexível de polietileno com orifícios executados com raio laser a ser fabricado no Brasil e estabelecer a relação vazão-pressão e o coeficiente de descarga dos orifícios.

b) Estudar a perda de carga na tubulação, estabelecendo uma relação perda de carga-vazão, o fator de redução (F) de perda de carga, e os comprimentos máximos admitidos nos tubos de acordo com os critérios estabelecidos de variação na pressão.

c) Estabelecer os perfis de distribuição da precipitação, alcance do jato e coeficiente de uniformidade de Christiansen, de acordo com várias pressões, posições dentro da linha teste e espaçamentos entre mangueiras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Irrigação por tubos perfurados

Segundo o fabricante Sumitomo (1987) o tubo perfurado Sumi Sansui Mark II apresenta as seguintes características:

- 1) São produzidos com polietileno flexível especial linear de baixa densidade;
- 2) Apresentam os emissores (conjunto de 02 orifícios) espaçados a cada 15 cm alternados em ambos os lados da fita, com o diâmetro de 0,3 mm perfurados a raio laser, com 02 orifícios a cada espaçamento;
- 3) Possuem as fitas 50 mm de largura;
- 4) Cada 100 metros de mangueira pesa 2,3 kg;
- 5) Trabalham no intervalo de pressão de 2,0 a 8,0 m.c.a., sendo que a excessiva taxa de pressão pode prejudicar o tubo, alcançando faixas retangulares de 2,5 a 5,0 metros;

- 6) A taxa de vazão standard varia de 7,8 a 28,8 l/h por metro de tubulação de acordo com a Tabela 1;

Tabela 1. Valores de vazão (l/h por metro) de acordo com a pressão e o comprimento da tubulação perfurada Sumi Sansui Mark II (especificação do fabricante).

Pressão (m.c.a.)	Comprimento do tubo (m)		
	30	50	100
2,0	12,0	10,8	7,8
8,0	28,8	26,4	20,4

- 7) Podem chegar até o comprimento máximo de 100 m, para uma variação de vazão permitida de 20% entre o primeiro e o último emissor;
- 8) É necessário o uso de filtros para prevenir entupimentos nos tubos, principalmente se a alimentação dos mesmos for feita com águas sujas.
- 9) Podem ser usados de 02 maneiras; Spray (micro aspersão) e gotejamento utilizando alta e baixa pressão respectivamente;

- 10) Para prevenir o enrolamento dos tubos pelo vento é necessário utilizar um grampo de fixação na forma de U para fixar a mangueira; e
- 11) Podem ser usados em casas de vegetação e culturas de campos, sendo indicada para olerícolas, frutíferas e culturas em linhas.

A empresa Sumi Sansui do Japão desenvolveu uma técnica de perfuração de orifícios muito finos com diâmetros de 0,15 a 0,3 mm com alta densidade (02 furos/15 cm) na irrigação por mangueiras, usando uma máquina especial a laser com sistema ótico.

Normalmente ambos os lados das mangueiras convencionais se quebram facilmente por atrito com a superfície do solo, devido ao tempo de instalação e estocagem, sendo que no Sumi Sansui os lados são soldados por calor, imprimindo grande resistência para ambas as partes. Através da tecnologia usual por calor seria impossível processar filmes de 200 microns com alta velocidade e resistência aceitável. A Sumitomo entretanto, resolveu estes problemas com uma máquina especial.

Um programa de computador calcula a uniformidade de irrigação para o tubo, através do diâmetro da mangueira e orifícios e do intervalo entre emissores.

São produzidos na mesma série mais dois modelos de mangueiras flexíveis, ou seja, a Sumisansui M, com conjunto de orifícios de 0,2 mm de diâmetro, espaçados a cada 5 cm e o Sumi Sansui R, com conjuntos de orifícios de 0,35 mm de diâmetro espaçados a cada 10 cm e trabalhando numa pressão de serviço mais alta (20 m.c.a.), atingindo uma maior faixa de alcance que o Sumi Mark II.

No Brasil inicialmente será produzido pela SAN SUI em associação com a POLITENO o modelo Mark II. A Figura 1 mostra o esquema da mangueira flexível perfurada e respectiva perfuração a laser e disposição dos orifícios.

Figura 1. Esquema de perfuração a laser e disposição dos orifícios no tubo perfurado Sumi Sansui Mark II.

No Brasil já foi produzido um tubo semelhante pela IRTEC, com 13 mm de diâmetro, com orifícios perfurados a laser e espaçamentos de 20 a 80 cm entre emissores, sendo que a citada empresa já não existe mais.

Segundo informações técnicas da empresa, SUMITOMO (1987) o principal defeito na fabricação é a variação da espessura dos orifícios, porém os maiores problemas recaem na utilização, pois cada cultura ou área irrigada tem que ser estudada para dimensionamento da bomba, da quantidade de tubos, do acoplamento com a linha primária. Outro problema seria o vento, que poderá exigir o uso de grampos. O sistema Sumisansui foi dimensionado para mangueiras com até 100 metros, sendo a diferença de pressão permitida nos orifícios entre o primeiro furo e o último da ordem de 30 a 40%, sendo que o produto pode ser utilizado como gotejamento quando é aplicada pressão abaixo da faixa de utilização. A média utilizada no Japão é de 3,0 Km de mangueira por hectare, com espaçamento entre as mesmas de 3,3 m.

As tubulações perfuradas de polietileno flexível podem ser usadas deixando pequenas faixas secas entre linha, o que em alguns casos é desejável.

Segundo OLITTA (1986), uma outra modalidade de aspersor seria o uso de tubos perfurados, onde a aspersão se faz através de perfurações nas canalizações, localizadas de modo ordenado e simétrico para produzir uma chuva uniforme. Devido ao seu emprego ser mais limitado à pastagens, pomares e hortaliças, apresentam a vantagem de trabalhar a bai-

xa pressão, em geral de 5 a 20 m.c.a., entretanto apresentando pre cipitações bastante elevadas na aplicação de água, sendo que as perfurações não podem ser muito pequenas, pois facilmente ocorreria seu entupimento. Em geral as precipitações são maiores que 12 mm/h, podendo chegar até 50 mm/h.

De acordo com BERNARDO (1982), no sistema de aspersão por tubos perfurados portáteis, a aspersão é feita por meio de linhas laterais perfuradas, do tipo leve com acoplamento rápido. Estas linhas trabalham sob baixa pressão, normalmente inferior a 10 m.c.a., irrigando faixa de 8 a 10 m de largura, possuindo um dispositivo manual ou mecânico que permite um giro de 450, em torno da vertical, irrigando primeiro um lado, e depois o outro.

Segundo MERRIAN & KELLER (1978), os tubos perfurados para a irrigação por aspersão sempre se mostraram obsoletos para a rega, mas continuam a serem usados para pequenos sistemas. Devido aos recentes conceitos sobre avaliação e custos de energia, surgiram interesses sobre os tubos perfu rados em sistemas de pomares. Eles utilizam as mais baixas pressões (3,5 a 21 m.c.a.) da irrigação por aspersão. A pressão por gravidade em alguns casos é suficiente para operar o sistema sem bombas. Ademais, tubos com pequena resistência a pressões podem ser usados para distribuir a água (tubos plás ticos de paredes afinadas). Os sistemas de tubos perfurados asperge água através de pequenos orifícios de 1,56 mm de diâmetro perfurados em uniformes distâncias no topo ou nas late-

rais dos tubos. Os orifícios são calibrados (perfurados) e espaçados para aplicar água com razoável uniformidade entre as linhas adjacentes da tubulação perfurada.

A água emerge dos orifícios e produz uma aplicação de chuva através de uma faixa retangular. Cada orifício emite um jato de água, o qual se eleva e cai, se quebrando em pequenas gotas que são espalhadas através da área irrigada pela turbulência do ar. A distribuição forma faixas de 7,62 a 15,24 m, incrementadas com o aumento da pressão. Tais sistemas podem operar efetivamente a pressões entre 3,5 a 21,0 m.c.a., podendo ser usados apenas em solos com alta capacidade de infiltração, tal como os de natureza arenosa e os solos de textura grosseira.

Segundo SAINT-FOULC (1972), as tubulações perfuradas para irrigação por aspersão são em geral tubulações metálicas ou plásticas que possuem orifícios ou bocais repartidos a intervalos regulares ou não, em toda a sua extensão. Estas aberturas estão colocadas no topo da geratriz superior, para fazer com que a água seja projetada em faixas ou em jatos segundo o desenho do tubo, ou colocadas em ambos os lados da geratriz dando assim um certo ângulo aos jatos. Os tubos que proporcionam rega em faixas são normalmente oscilantes, o que permite obter uma uniformidade de repartição de água, irrigando um setor relativamente importante. Ao contrário, as tubulações cujas aberturas estão colocadas em ambos os lados do tubo, com orifícios cônicos, são normalmente fixas. Estas

tubulações perfuradas possuem a vantagem de funcionar a baixa pressão, de 5 a 20 m.c.a., sendo que pelo contrário, os alcances são curtos de 5 a 10 m no máximo e a pluviometria é elevada, de 10 a 50 mm/h, o que obriga a efetuar irrigações de curta duração. Para evitar este inconveniente, as tubulações são montadas em estruturas sobre rodas, que facilitam os deslocamentos. O emprego dos tubos perfurados está reservado aos cultivares de hortaliças ou a cultivos de pequenas áreas.

Segundo SCALOPPI & COLOMBO (1988) as principais consequências da moderna tecnologia aplicada aos sistemas de aspersão estão voltadas na redução da pressão de operação, e no aumento da uniformidade de distribuição de água e grau de automação dos sistemas, existindo atualmente uma forte tendência para a redução da pressão de operação dos aspersores, para reduzir o consumo de energia em determinados sistemas por aspersão.

A utilização de tubos perfurados em irrigação localizada contribui grandemente para a redução do custo e simplificação do sistema, sendo que neste caso, os emissores são os próprios orifícios perfurados na parede do tubo.

Segundo Pogrell, citado por BELTRÃO (s.d.) podem-se utilizar tubos de parede dupla, perfurados, com bom coeficiente de uniformidade, quando o seu comprimento máximo estiver entre 150 e 200 metros. O mesmo autor verificou que, em pressões entre 5 e 20 m.c.a. no tubo externo e com orifí-

cios de 0,5 mm de diâmetro (perfurados com raio "laser"), estes forneciam vazões entre 1,2 e 3,0 l/h. BELTRÃO (s.d.), afirma que o tubo de parede dupla tem período de vida útil menor do que os tubos das linhas laterais com gotejadores. No entanto, nas condições em que são usados, são mais econômicos. Apesar da grande redução no custo, o uso de tubos de paredes simples apresenta o inconveniente da baixa uniformidade de distribuição, em razão dos furos não serem perfeitamente iguais quando feitos com furadores comuns.

De acordo com BERNARDO (1982), para se reduzir os custos e simplificar a construção de um sistema de irrigação localizada, pode-se utilizar como linha lateral tubos perfurados, ou seja, uma tubulação em cuja parede são feitos orifícios, dispensando o uso de gotejadores. O diâmetro destes orifícios deve ser pequeno, geralmente menor que 1 mm, para que estes emitam uma pequena vazão, acarretando com isso um dos inconvenientes do uso de tubos perfurados, que é o entupimento destes orifícios que causam irregularidades na aplicação de água.

O PNB 12:02-08-021 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1986) diz que a tubulação perfurada é um emissor puntual constituído por orifícios na própria tubulação.

Segundo ARMONI (1984) uma perfuração no tubo serve como gotejador, eliminando-se a existência física deste emissor que se converte em um componente integral do tubo.

A perfuração é feita com raios laser para assegurar a exatidão dos orifícios, apresenta as vantagens de serem de baixo preço, ser um tubo extremamente liso e fácil de manejar, apresentando no entanto, os inconvenientes de cortar a trajetória do fluxo, possuírem orifícios muito pequenos e serem expostos a entupimentos, sendo recomendados unicamente para a água de boa qualidade e filtração de alto nível.

Segundo PRONI (1986) nos tubos perfurados ou porosos não existem emissores cujas funções são desempenhadas pelos orifícios ou poros. O sistema tipo Xique-Xique pode ser considerado como um aperfeiçoamento ou adaptação do tipo tubos perfurados, sendo a concepção a mesma, porém, adotando um envolvimento da região de cada furo por uma luva de tubulação de um diâmetro superior com ou sem a abertura de pequenas bacias de infiltração ao redor de cada planta. Os tubos perfurados consistem em um sistema cujas linhas de irrigação são constituídas por tubos perfurados de câmara simples (TCS) ou câmara dupla (TCD). Os tubos são leves, dispendo de engate rápido e instalados sobre armações rústicas de madeiras ou aproveitando as estacas de sustentação da cultura. O sistema opera a baixa pressão (10 m.c.a.), irrigando uma faixa de 12 a 15 m de largura. A linha pode ser deslocada para posições sucessivas sendo utilizado na irrigação de hortas e muito pouco usada no Brasil. As câmaras simples são tubulações de polietileno de parede fina, com orifícios de saída d'água em espaçamento reduzido e sujeitos a frequentes problemas de en-

tupimento. As tubulações de câmara dupla consistem num tubo de polietileno flexível com parede de fração de mm de espessura, fabricado com uma seção ou câmara maior, à qual se adere externamente outra seção ou câmara tubular de menor diâmetro.

Segundo HALL (1985) uma das melhores aplicações da irrigação localizada nos últimos anos tem sido observada em culturas em linhas, como cana-de-açúcar, abacaxizeiro, algodoeiro, tomateiro, morangueiro e outras culturas oleícolas, empregando-se tubulações perfuradas de polietileno de paredes finas, sendo os referidos tubos responsáveis pela irrigação de mais de 70.000 ha nos Estados Unidos, dos quais, 40.000 ha cultivados com cana-de-açúcar no Havaí.

De acordo com BUI & KINOSHITA (1985) a utilização de tubos perfurados de polietileno flexível na cultura da cana-de-açúcar no Havaí vem crescendo a cada ano, tendo sido verificado a demanda de 75 milhões de metros por ano. Segundo os mesmos autores, o tubo se apresenta livre de defeitos físicos pelo período de 02 anos.

Segundo MERRIAM & KELLER (1978) para a avaliação do sistema de tubos perfurados é necessário a instalação de medidores na faixa de atuação ao longo da linha de tubulação, no início, meio e final. Estes estudos proporcionam a determinação da uniformidade da distribuição, do alcance da precipitação, dos melhores espaçamentos entre tubos e do efeito do vento.

2.1. Hidráulica de sistema de irrigação por tubos perfurados

O tubo de polietileno flexível apresenta o movimento permanente não uniforme e acelerado, devido ao seu diâmetro não ser constante ao longo de sua extensão, diminuindo com a perda de carga ocorrida.

Segundo AZEVEDO NETTO (1986) o movimento é permanente quando as características (força, velocidade, pressão) são funções exclusivas do ponto independentemente do tempo, sendo constante a vazão. O movimento é permanente e não uniforme quando a velocidade média não permanece constante ao longo da corrente, podendo ser acelerado ou retardado, sendo que um rio pode servir como exemplo, onde há trechos regulares em que o movimento pode ser considerado permanente e uniforme, e em outros trechos (estreitos, corredeiras, etc.) o movimento embora permanente (vazão constante), passa a ser acelerado.

De acordo com NEVES (1982) no movimento permanente não uniforme, embora a vazão seja sempre constante em qualquer seção do conduto, a velocidade é variável de uma para outra. A perda de carga não é uniforme ao longo da tubulação; e a equação de Bernoulli deve levar em conta essa circunstância. Observando que a diferença de cotas piezométricas que representa a diminuição da energia dinâmica, ou o abaixamento da linha piezométrica é igual a diferença das energias cinéticas nas duas seções (independente dos valores in-

intermediários de velocidade), mais a perda de carga entre as mesmas; essa perda pode ser uma função bastante complexa, devido serem variáveis a seção e a velocidade. A integração depende do conhecimento da variação dessas grandezas ao longo do percurso.

STREETER & WYLIE (1982) afirmam que num escoamento no qual o vetor da velocidade varia de local para local num instante qualquer é dito não uniforme. Um líquido que escoa por um conduto de seção variável ou por um conduto curvo possuem movimento não uniforme.

Segundo LENCASTRE (1983), numa mangueira, a resistência ao movimento é função não só da rugosidade mas também da pressão absoluta pois que, para maiores pressões, devido à elasticidade do material, o diâmetro aumentará. Parece verificar-se a seguinte relação, entre as variações de perda de energia e as variações de diâmetro, para alguns tipos de mangueiras e para pequenas variações de pressão ($\Delta i/i = -5\Delta D/D$), sendo que em tabela dão-se os valores dos coeficientes, C , da fórmula de Chezy, o valor do termo D_i/U_2 e o valor $\Delta D/D$ e $\Delta i/i$ para o aumento de 10 N/cm² (0,10 m.c.a.).

O valor D é o diâmetro da mangueira, sem estar sujeita a qualquer pressão de água. O valor C é o valor do coeficiente de CHEZY para esse caso, sendo que para determinar Q pode-se então determinar o valor de i ; se a pressão aumentar de 10 N/cm², o diâmetro sofrerá um aumento relativo, $\Delta D/D$ e o valor de i sofrerá uma redução $\Delta i/i$.

2.2.1. Hidráulica dos emissores dos tubos perfurados

A relação entre a vazão e a pressão na entrada do emissor, a perda de carga localizada com sua inserção no tubo, o diâmetro dos orifícios, o regime de escoamento nele existentes constituem suas características hidráulicas.

Essas características hidráulicas podem ser determinadas em laboratório e devem estar sempre disponíveis (SOARES, 1978).

Os emissores, em um sistema de irrigação localizada segundo VERMEIREIN & JOBLING (1980), devem apresentar:

- descarga uniforme e constante;
- suficiente abertura para prevenir entupimentos;
- baixo custo, robustez e homogeneidade.

Os processos normalmente utilizados para dissipar energia de pressão nos emissores são os de percurso longo e o de orifícios.

Segundo KELLER & KARMELI (1975), a equação que descreve a vazão nos emissores pode ser apresentada como segue:

$$q = aH^b \quad (01)$$

onde: q = vazão do emissor (l/h);

a = coeficiente específico de cada emissor;

H = pressão na entrada do emissor (m.c.a.);

b = um expoente cujo valor depende do regime de escoamento.

OLITTA (1986) afirma que em sistemas de dissipação por orifícios, normalmente ocorre o regime de fluxo turbulento, e que no sistema de dissipação de longo percurso ocorre o fluxo laminar e apresenta o expoente b variando de 0,5 a 1,0, que quer dizer que o relacionamento entre a vazão e a pressão é linear, ou seja, dobrando a pressão, a vazão também dobra. Nos emissores de fluxo turbulento a vazão é proporcional à raiz quadrada da pressão, isto é, para o dobro da vazão é necessário aumentar quatro vezes a pressão.

Pela equação (1), observa-se que a redução na vazão é menos influenciada pela variação de pressão, à medida que o valor de b decresce. Os valores de b relacionam-se com o regime de escoamento, regime francamente turbulento ($Re > 10.000$), $b = 0,5$ e regime laminar ($Re < 2.000$), $b = 1,0$ (Re = número de Reynolds). Orifícios não compensadores (orifícios de área constante ao longo da linha lateral) e gotejadores tipo bocal apresentam regime de escoamento francamente turbulento, sendo o valor de $b = 0,5$ e para orifícios de plena compensação (a área do orifício é variável com a pressão), $b = 0,0$. Para gotejadores de longo percurso, entretanto, b pode variar de 0,5 a 1,0.

Segundo BERNARDO (1982), o princípio de funcionamento de tubos perfurados é semelhante ao do gotejador tipo orifício e pode ser representado pela equação:

$$q = SCd \sqrt{2g H} \quad (02)$$

onde:

q = vazão dos orifícios (m^3/s);
 S = área da seção transversal do orifício (m^2);
 C_d = coeficiente de descarga (adimensional);
 g = aceleração da gravidade (m/s^2);
 H = pressão na entrada do gotejador (m.c.a.).

GARCEZ (1960) classifica os orifícios como de parede espessa e de parede delgada, sendo que a parede se diz delgada quando a sua espessura não supera a metade do diâmetro do orifício circular, e espessa, no caso contrário.

AZEVEDO NETTO (1986) cita o valor de 0,61 para o coeficiente de descarga como sendo o mais comum na prática para orifícios circulares em paredes delgadas.

Para orifícios de parede espessa, segundo Avila citado por GONÇALVES (1988), é válida a equação de vazão em função da pressão proposta para orifícios de parede delgada, sendo que neste caso, o coeficiente de descarga torna-se maior situando-se entre 0,78 e 0,82, quando a relação espessura da parede pelo diâmetro do orifício se situa entre 1,5 e 3,0.

GONÇALVES (1988) estudando a perda de carga em tubos perfurados de polietileno de diâmetros nominais iguais a 3/8", 1/2" e 3/4", verificou que os coeficientes de descarga médio foram, respectivamente iguais a 0,88, 0,87 e 0,83 no diâmetro médio dos orifícios de 0,69 mm.

Segundo BELTRÃO (s.d.) o uso de tubos perfurados, apesar de reduzir bastante os custos, apresenta o inconveniente de baixa uniformidade de distribuição de água ao lon

go da linha lateral, pelo fato dos orifícios, quando feitos com furadores comuns, não serem perfeitamente iguais.

SOLOMON (1979) diz que devido ao fato dos emissores usados em irrigação localizada possuírem dimensões muito reduzidas, dificulta a sua construção precisa, o que faz com que a variação de vazão em função de variação na construção dos emissores não possa ser ignorada.

KELLER & KARMELI (1975) introduziram o coeficiente de variação como uma medida estatística da variação de fabricação do emissor. Este coeficiente de variação foi incluído em equações de dimensionamento para obter maior uniformidade de vazão.

SOLOMON (1979) determinou a variação de fabricação de vários emissores tipo-orifício, classificou e deu uma interpretação física para o coeficiente de variação de fabricação. Segundo ele, a totalidade das observações de vazão está compreendida no intervalo $(1 \pm 3V)\bar{q}$; aproximadamente 95% das observações estão compreendidas no intervalo $(1 \pm 2V)\bar{q}$ e 68% das observações estão compreendidas no intervalo $(1 \pm V)\bar{q}$; onde V é o coeficiente de variação de fabricação e $\bar{q}$ a vazão média.

BOTREL (1984) diz que devido ao fato dos emissores apresentarem um pequeno orifício de saída (1 a 2 mm), pequenas variações nestes furos provocam grandes diferenças na vazão a uma mesma pressão.

VERMEIREN & JOBLING (1980) afirmam que estas di

ferenças podem ultrapassar a 10%, o que em alguns casos as tornam mais importantes que as variações de vazão devidas a diferenças de pressão ao longo da linha lateral.

O coeficiente de variação de fabricação CVf, é o parâmetro usado para medir a variação de vazão provocada pela desuniformidade entre emissores, sendo obtido pela expressão:

$$CVf = \frac{S}{\bar{q}} \quad (03)$$

onde: CVf = coeficiente de variação de fabricação;
 S = desvio padrão da vazão a uma pressão de referência;
 $\bar{q}$ = média da vazão dos emissores à pressão de referência.

O SOIL CONSERVATION SERVICE-USDA (1979), sugere a seguinte classificação:

CVf até 4%: uniformidade excelente
 CVf de 4 a 7%: uniformidade média
 CVf de 7 a 11%: uniformidade marginal
 CVf de 11 a 15%: uniformidade pobre
 CVf acima de 15%: inaceitável

Outros autores, como SOLOMON (1979) e o PNB-12:02-08-022 da ABNT (1986) apresentam tabelas de valores e interpretação para o coeficiente de variação de fabricação.

Além do processo de fabricação e da variação de pressão ao longo da linha lateral, a variação de temperatura da água também contribui para que haja variações na vazão dos gotejadores. Segundo PARCHOMCHUK (1976), mudanças na viscosidade, em função da temperatura da água, podem causar variações na vazão dos emissores, maior do que o limite máximo, de $\pm 10\%$, caso o regime de escoamento no emissor seja laminar. Quando o regime de escoamento no emissor for turbulento, a vazão não será afetada por mudanças na viscosidade.

Segundo FARIA (1981) uma variação de 25°C (20 para 45°C) na temperatura da água acarreta uma variação na vazão do microgotejador IRTEC (gotejador tipo-orifício) de $1,24\%$.

KELLER & KARMELI (1975), estudando o efeito da temperatura da água na vazão de gotejadores, observaram que em se tratando de fluxo turbulento esta influência é pequena, porém se acentua para fluxo laminar.

SILVA (1984) fazendo variar a temperatura da água descarregada por orifícios, ao longo da linha lateral, entre 20° e 45°C , verificou que a temperatura da água não provocou grandes variações na vazão dos orifícios. Para os orifícios com $0,61\text{ mm}$ e $1,08\text{ mm}$ de diâmetro a amplitude de variação de vazão foi de $1,4\%$ e $2,5\%$, respectivamente, quando a temperatura variou de 25 a 45°C .

2.2.2. Perda de carga

Segundo HOWELL & HILLER (1974), geralmente a vazão através de um emissor é controlada pela carga hidráulica na entrada do mesmo e pelo caminho percorrido pela água dentro do emissor. Desde que haja vazão na linha lateral, ocorre perda de carga ao longo deste tubo, com o que haverá variação de pressão. Se a geometria do emissor for fixada, verificar-se-á, então, ao longo da linha lateral, uma variação de vazão do emissor, correspondente à variação na pressão ao longo da linha lateral. Uma uniformidade de vazão para os emissores somente será possível com a mudança do tipo de emissor. Entretanto, são fixados e a variação de vazão é determinada apenas pela variação de pressão.

Várias equações permitem calcular a perda de carga numa linha lateral estando disponíveis na literatura especializada, sendo as equações de Hazen Williams e Darcy-Weisbach as mais usadas (BOTREL, 1984), sendo que atualmente a fórmula de Cruciani-Margazitona (PUEYO & FORCADA, 1982) é a mais utilizada para tubulações de polietileno de pequenos diâmetros.

URBINA (1977) mostrou que a equação de Darcy-Weisbach é mais precisa do que a equação de Hazen-Williams para calcular perda de carga em tubos de plástico com pequeno diâmetro, usados como linhas laterais de sistemas de irrigação por gotejamento, apesar de se selecionar o valor de C pa-

ra uso desta última equação, o que foi também observado por PARAQUEIMA (1977).

O fator de atrito da equação de Darcy-Weisbach depende do número de Reynolds e da rugosidade relativa. Como em irrigação por gotejamento são usados tubos lisos (polietileno prensado, PVC flexível etc.), a rugosidade relativa pode ser desprezada, considerando-se apenas o número de Reynolds. Para determinar esse fator de atrito, f , em regime laminar, usa-se $f = 64/Re$; em regime turbulento de parede lisa, $f = 0,316/Re^{0,25}$ (Blasius). Ao relacionar o fator de atrito com o número de Reynolds, PARAQUEIMA (1977) verificou que a curva desta relação tem a mesma tendência das curvas do diagrama de Moody.

Wu e Gutlin citados por SILVA (1984) afirmam que o uso da equação de Blasius, para determinar o fator de atrito, pode ser objeto de alguns erros, que podem ser causados pela:

- condição de regime de escoamento laminar desenvolvida em certas secções ao longo do tubo, e por
- certos tipos de emissores inseridos no tubo, criando mais atrito.

Para reduzir esses tipos de erros, são necessários experimentos em laboratório, que determinem a melhor relação entre o fator de atrito e o número de Reynolds.

ASSY (1977) afirma que a fórmula de Hazen-Williams é correta apenas para condutos hidraulicamente lisos

e para o número de Reynolds acima de 500.000; em tais circunstâncias, o valor de C é constante e igual a 158. Nos demais casos, o valor de C é uma função do número de Reynolds e da rugosidade relativa.

A perda de carga localizada, decorrente da inserção do emissor no tubo, pode ser expressa pela equação:

$$H_{f_l} = K \frac{V^2}{2g} \quad (04)$$

em que: H_{f_l} = perda de carga localizada, mca;

K = coeficiente de perda de carga localizada, adimensional;

V = velocidade média da água no tubo, m/s;

g = aceleração da gravidade (m^2/s).

FARIA (1981), utilizou a seguinte equação para calcular a perda de carga localizada:

$$H_{f_l} = (H_{ft_v} - H_f)/n \quad (05)$$

em que: H_{ft_v} = perda de carga no tubo com os gotejadores vedados, mca;

H_f = perda de carga no tubo sem gotejadores, mca;

n = número de gotejadores inseridos no tubo.

SILVA (1984) estudando as características hidráulicas de tubos de polietileno de diâmetro nominal igual a 3/8" (9,5mm), perfurados manualmente, verificou que a perda de carga na linha teste sem os orifícios foi igual a perda de carga na

linha-teste com os orifícios vedados, verificando não ocorrer perda de carga na inserção do emissor.

2.2.3. Fator de redução de perda de carga

Nos tubos perfurados a vazão é variável ao longo da mangueira, pois cada emissor provoca uma diminuição na vazão que também irá provocar um decréscimo na perda de carga final. Para se obter a perda de carga que ocorre na linha de tubos seria necessário computar a variação da perda de carga entre cada duas saídas adjacentes, partindo do final para o início da linha.

Para calcular a perda de carga em tubulações com saídas laterais, CHRISTIANSEN (1942), admitindo que as saídas são igualmente espaçadas, que a vazão em todas elas é a mesma, e, ainda que a vazão no final dos tubos é nula, propôs, um coeficiente fornecido pela equação:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6N^2} \quad (06)$$

onde: F = coeficiente de Christiansen;
 m = expoente da velocidade na fórmula usada para o cálculo da perda de carga; e,
 N = número de saídas ao longo da tubulação.

A perda de carga em tubulações com múltiplas saídas é obtida, multiplicando-se por este coeficiente F, a perda de carga contínua, como se não houvessem saídas.

OLIVEIRA (1978), SOARES (1981), FARIA (1981), e também BOTREL (1984), estudando hidráulica de linhas laterais para irrigação localizada, observaram que o valor de F (Christiansen) aumentou para um mesmo número de emissores, à medida que se diminuía o espaçamento entre os mesmos.

De acordo com NEVES (1982), quando se tem distribuição de vazão em marcha ao longo de uma canalização, para se determinar a perda de carga contínua que ocorre nesta tubulação, admite-se uma distribuição linear de vazão ao longo desta, ou seja, a vazão que deixa o encanamento o faz contínua e uniformemente. Para se obter então a perda de carga nesta tubulação com várias saídas, define-se uma vazão fictícia que, percorrendo toda a tubulação, origina a mesma perda de carga que ocorre na situação real.

Considerando que a vazão ao longo da tubulação é função linear do primeiro grau do comprimento desta e utilizando a fórmula de Darcy-Weisbach para o cálculo da perda de carga, NEVES (1982) e SILVESTRE (1982), entre outros, apresentam equações que fornecem valores aproximados para a vazão fictícia, como por exemplo:

$$Q_f = Q_j + 0,55 (Q_m - Q_j) \quad (07)$$

onde:

Q_f = vazão fictícia (m^3/s);

Q_j = vazão a jusante da tubulação (m^3/s);

Q_m = Vazão a montante da tubulação (m^3/s).

A vazão fictícia, substituída na fórmula de perda de carga contínua, permite então a determinação desta perda na tubulação e distribuição em marcha.

GONÇALVES (1988) analisando a perda de carga em tubos perfurados, pela comparação entre o conceito de vazão fictícia e a metodologia proposta por Christiansen verificou que para a fórmula universal o coeficiente F conduziu aos melhores resultados apenas para as linhas com diâmetros nominais iguais a 3/8" e 1/2", com 80 orifícios. Nas demais situações, as fórmulas de Flamant e de Fair-Whipple-Hsiao, associados aos coeficientes decorrentes do conceito de vazão fictícia, conduziram aos melhores resultados.

SCALOPPI (1986), admitindo que o número de saídas laterais na tubulação é infinito, que a vazão no final desta é nula e que a vazão descarregada ao longo da tubulação é uniforme, chegou a conclusão que a perda de carga que ocorre em tubulações com múltiplas saídas é igual a perda que ocorreria na tubulação se esta fosse percorrida por uma vazão constante, igual à vazão inicial multiplicado pelo coeficiente $1/(m+1)$ que é o próprio fator de Christiansen, quando o número de saídas laterais tende para o infinito, de acordo com a equação (6).

Na irrigação por aspersão a seleção do diâmetro é feita com base em critérios estabelecidos de máxima perda de carga admissível. A maioria dos autores recomendam 20% da pressão de serviço do aspersor como limite de perda admissível em uma linha lateral de aspersão.

De acordo com OLITTA (1986) o aspersor trabalhando na pressão de serviço recomendada está situado no meio da linha, de maneira a repartir para cada lado a perda de carga resultante, conduzindo com isto uma pressão um pouco maior ao primeiro aspersor e ao último uma pressão um pouco menor, mas sempre dentro da diferença máxima permitida.

A maior perda de carga ocorre logo no início da linha, sendo utilizadas as seguintes relações para o cálculo no início e final da linha:

$$PI = PS + 3/4 (PS \times Cr) \quad (08)$$

$$PF = PS - 1/4 (PS \times Cr) \quad (09)$$

onde: PS = pressão de serviço média;
 PI = pressão no início da linha;
 PF = pressão no final da linha;
 Cr = critério de variação de pressão (decimal).

O dimensionamento de uma linha lateral de um sistema de irrigação localizada, ou seja, a determinação de seu comprimento e diâmetro é função da variação da vazão entre o primeiro e o último emissor ao longo desta. De acordo com o critério adotado por Wu e Gutlin citados por GONÇALVES

(1988), uma variação de vazão aceitável seria de 20% da vazão nominal, e uma variação desejável seria de 10% desta vazão.

Segundo BERNARDO (1982) quando se trata de irrigação complementar, pode-se admitir o limite máximo de 20% da vazão de serviço, o que corresponderia a uma perda de carga ao longo da linha lateral de aproximadamente 44% da pressão de serviço para emissores que operam em regime de escoamento turbulento.

PUEYO & FORCADA (1982), KELLER & KARMELI (1975) e VERMEIREN & JOBLING (1980), adotam o critério de dimensionamento de projeto, de se permitir uma variação de vazão de no máximo 10% entre os emissores funcionando simultaneamente.

Com esses critérios e com o fator de redução de perda de carga, através de um programa de computador, chega-se aos comprimentos máximos permitidos em uma tubulação, sendo que estes podem ser alterados quando incrementamos ou diminuimos o espaçamento, a vazão dos emissores e o diâmetro da tubulação.

BELTRÃO (s.d.) recomenda um comprimento máximo de 180 metros para tubo de parede dupla e um máximo de 90 metros para tubos de paredes simples.

2.3. Uniformidade de distribuição

Em qualquer sistema de irrigação é desejável que a água seja distribuída de maneira uniforme às plantas, sendo

que por outro lado, a medida que se aproxima desta condição, geralmente ocorre um aumento nos custos de implantação e operação do projeto, havendo já uma certa tendência de se aceitar uniformidades mais baixas em favor da diminuição dos custos de energia.

O teste de uniformidade de distribuição visa a determinação de espaçamentos ótimos entre as mangueiras perfuradas quando estas forem utilizadas para culturas em linhas (MERRIAM & KELLER, 1978).

A uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação por aspersão, é um importante parâmetro a ser determinado para se obter a melhor eficiência de aplicação.

CHRISTIANSEN (1942) estudou a uniformidade de distribuição de água para aspersores rotativos, quantificando a distribuição de água através do parâmetro coeficiente de uniformidade dado pela fórmula

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum |x - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}}\right) \cdot 100 \quad (10)$$

onde: CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen(%);
 x = precipitação em cada coletor (mm/h);
 $\bar{x}$ = média geral das precipitações (mm/h);
 n = número de observações.

Esse é o coeficiente usado como referência e conhecido mundialmente e, como pode ser verificado trabalha com os desvios absolutos em relação a média.

KARMELI & KELLER (1974) estabelecem critérios para calcular a uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento. Foi definida uma uniformidade de emissão (E_u), que é a relação entre a vazão mínima e a média encontrada no sistema e como uniformidade de emissão absoluta (E_{ua}), a relação entre a vazão máxima e a mínima. Estabeleceram ainda, que, para um bom desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento, o valor de E_{ua} deveria ser superior a 90%.

MATSURA (1987) estudando a eficiência de irrigação e uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por aspersão, verificou em função dos resultados obtidos, que o espaçamento mais adequado pode ser determinado pelos valores dos coeficientes de uniformidade, excluindo aqueles onde encontram-se valores de precipitação nula.

Segundo ARMONI (1986), na irrigação por aspersão uma determinada disposição de aspersores pode não atingir o nível desejado de uniformidade. Tal situação pode ser alterada pela mudança de espaçamento ou pelo acréscimo de um segundo bocal ao aspersor. Já na microaspersão a situação é totalmente diferente, pois a água é aplicada diretamente ao solo com praticamente nenhum recobrimento.

NOGUEIRA (1989) estudando cinco microaspersores nacionais verificou que os coeficientes de uniformidade obtidos apresentaram-se extremamente baixos, o que inviabiliza a recomendação de utilização desses microaspersores com sobrepo-

sição, para uma aplicação uniforme de água e que tal ocorrência confirma a utilização desses microaspersores apenas como fontes pontuais de aplicação de água. BOTREL (1984) ensaiando dois modelos de microaspersores também encontrou problemas semelhantes.

Segundo OLITTA (1986), o coeficiente de uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão é afetado pelo espaçamento dos aspersores, relação entre pressão e diâmetro do bocal e condições de vento. Portanto, uma combinação ideal entre estes fatores resultará na distribuição correta da água na área.

ARRUDA (1981) estudando a uniformidade da distribuição da água em sistema de irrigação por aspersão em linha verificou que o espaçamento entre aspersores deve ser reduzido à medida que aumenta a velocidade média do vento, que a pressão deve ser reduzida, à medida que aumenta a velocidade média do vento, principalmente quando se trata de vento com velocidade acima de 1 m/s.

De acordo com MERRIAM & KELLER (1978) a avaliação do sistema de irrigação por tubos perfurados deve ser feita no início, meio e final da linha teste, instalando medidores nestes pontos dentro da faixa de atuação da precipitação dos mesmos.

Segundo os mesmos autores, a taxa de aplicação típica dos tubos perfurados para aspersão de 4" são de aproximadamente 25,40 mm/h, sendo que esta é a maior limita-

ção para a utilização destes tubos perfurados, devido a capacidade de infiltração da maioria dos solos serem relativamente baixos, restringindo o uso dos tubos perfurados a solos arenosos ou porosos. Afirmam também que é desejável realizar a mudança alternada de cada lateral.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica e área defronte ao lago do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

Foi estudado o tubo flexível de polietileno com orifícios perfurados a raios laser, a ser fabricado pela SAN-SUY do Nordeste S.A.

O tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, é fabricado com polietileno flexível de baixa densidade, se apresentando na forma de uma fita com 50 mm de largura, com orifícios de diâmetro de 0,3 mm perfurados a raio laser em grupo de dois, espaçados a cada 15 cm e com espessura de 0,2mm, podendo trabalhar na faixa de pressão de 2,0 a 10 m.c.a. com uma vazão nominal de 12 l/h a 28,8 l/h por metro de tubulação. Pesa 2,3 kg/100 m, possuindo um alcance de faixa médio de 5 m na pressão de 8,0 m.c.a. A figura 2 ilustra o esquema da precipitação do tubo.

Figura 2. Funcionamento do tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, aspergindo água para os dois lados.

A fita perfurada emite água para os dois lados na forma de spray, formando uma faixa molhada, sendo necessário o uso de filtros para prevenir entupimentos nos tubos se a alimentação for com águas sujas.

Foram efetuados três tipos de ensaios, um em laboratório e os restantes no campo, com a fita perfurada:

- 1) Para a obtenção da equação característica vazão-pressão e da uniformidade de vazão dos emissores;

- 2) Para a determinação da perda de carga no tubo flexível sem orifícios;

3) Para obtenção do perfil de distribuição da precipitação, do alcance e da uniformidade de distribuição.

3.1. Ensaio para determinação da equação característica de vazão-pressão e da uniformidade de vazão dos emissores dos tubos perfurados

Os objetivos desse ensaio foram a determinação de uma equação que relacione a vazão com a pressão nos orifícios e da avaliação das variações que ocorrem na vazão entre emissores em virtude de diferenças decorrentes do processo de perfuração dos mesmos.

Estes ensaios foram executados de acordo com as normas da ABNT (1986) - Associação Brasileira de Normas Técnicas - PNB 12:02-08-021 - Emissores para Sistema de Irrigação Localizado - Avaliação das Características Operacionais.

O suprimento de água foi mantido através de dois reservatórios do laboratório de hidráulica, um elevado situado a 15 m acima do piso onde foi montada a banca de ensaios e um abaixo, sendo que duas bombas retiram água do reservatório inferior e alimentam o elevado, um conjunto de calhas em nível, ao modo dos vertedores faz com que o nível de água se mantenha constante para quaisquer condições de funcionamento do sistema.

A alimentação de água para os testes foi feito

através de uma derivação da tubulação de recalque de uma das bombas, utilizando o reservatório de nível constante.

A pressão foi controlada através de uma válvula controladora de pressão de regulação manual e um registro de gaveta, instalados antes da linha de testes.

As Figuras 3, 4 e 5 mostram respectivamente, o esquema dos ensaios.

A amostra utilizada neste ensaio foi constituída de 49 emissores, ou seja 98 orifícios obtidos aleatoriamente de 03 rolos da mangueira e distribuídos em 07 segmentos.

Para a determinação da vazão, um segmento de 1,05 m foi conectado ao sistema de alimentação e controle de pressão, sendo que os emissores em número de 07 emitiam o jato sobre um funil que levava a água para um conjunto de baldes de 18 l previamente aferidos. O tempo de coleta foi de 5 minutos, cronometrados com precisão de décimos de segundo. A seguir os baldes eram pesados em balança com divisão em gramas e transformados os dados em volume (Figuras 4 e 5).

A pressão foi medida através de um manômetro digital, com precisão de 0,2%, conectado próximo do início do segmento.

Os emissores do tubo perfurado foram submetidos às pressões de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 9,0 e 10,0 m.c.a., de acordo com as recomendações do fabricante.

Os valores de vazão de cada emissor por segmento foram obtidos calculando-se a média aritmética de três

- 01- Reservatório de nível constante superior.
- 02- Reservatório inferior.
- 03- Bomba ETA 150-26.
- 04- Bomba ETA 50-26.
- 05- Registros de gaveta.
- 06- Câmara estabilizadora de fluxo.
- 07- Válvula manual de regulação de pressão.
- 08- Registro rápido.
- 09- Segmento do tubo perfurado Sumi Sansui Mark II.
- 10- Funis para coleta de água dos emissores.
- 11- Recipientes volumétricos para coleta de água.
- 12- Manômetro eletrônico digital Interface.
- 13- Linha de alimentação.
- 14- Tubulação de retorno.

Figura 3. Esquema de montagem do ensaio vazão-pressão em laboratório.

Figura 4. Esquema da bancada de ensaios vazão x pressão.

Figura 5. Detalhe do sistema de coleta de água dos emissores.

repetições, tendo então por pressão 21 repetições.

A curva característica de vazão-pressão foi obtida por análise de regressão, a partir dos dados experimentais, sendo os valores de vazão uma média de 49 emissores, ou seja 147 repetições.

A uniformidade de vazão foi representada pela média dos coeficientes de variação da vazão dos emissores a cada pressão testada, sendo obtida através dos valores de vazão dos orifícios, calculando-se a média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação destes.

3.2. Determinação da Perda de Carga

O estudo da perda de carga contínua foi realizada na área defronte ao lago no Departamento de Engenharia Rural da ESALQ, em 60 metros de tubo flexível sem orifícios, tendo sido nivelada toda a extensão da mesma. A metodologia utilizada foi a descrita por OLIVEIRA (1978).

A água proveniente para os testes foi bombeada do lago e derivada por tubulações de aço zincado até o início do ensaio, sendo controlada através de um regulador de pressão.

Foi estudada as correlações entre vazão e perda de carga de vinte pressões, de acordo com as faixas recomendadas pelos fabricantes, sendo a pressão aferida através

de um medidor digital e a vazão através de Diafragma 2,0x1,0" e 1,5x0,5" instalados antes do início da linha teste.

A perda de carga ao longo da tubulação flexível, foi medida com um manômetro diferencial tipo U, graduado a cada 1 mm, utilizando o mercúrio como líquido manométrico conectado no início e final da linha teste, sendo considerada como vazão e perda de carga representativa a média aritmética de três repetições. Um esquema desta montagem pode ser observado na Figura 6.

Utilizando-se os dados de vazão e perda de carga obtidos experimentalmente, por meio de análise de regressão foi estabelecida uma equação para descrever a perda de carga unitária e a vazão, do tipo:

$$J = K_1 Q^x \quad (11)$$

onde:

J = perda de carga unitária no tubo, em m.c.a./m;

Q = vazão, $m^3/s \times 10^3$;

K_1 = constante de regressão que depende do tubo estudado;

x = constante de regressão que depende do regime de fluxo.

A curva característica de perda de carga-vazão foi obtida por análise de regressão a partir dos dados experimentais, sendo os valores de perda de carga representativos de 20 vazões testadas com 03 repetições cada.

Figura 6. Ensaio de perda de carga mostrando os equipamentos usados.

3.3. Determinação do Diâmetro Interno dos Tubos

Como a tubulação é flexível com aumento do diâmetro a cada incremento de pressão, estabeleceu-se uma relação de acordo com as pressões de 1,0 a 10,0 m.c.a.

A pressão foi fornecida através de um aparelho para testar manômetros de precisão $\pm 0,5\%$ e o diâmetro medido através de um paquímetro de precisão 0,05 mm, sendo que o diâmetro interno foi obtido descontando a espessura da fita (0,2 mm).

3.4. Cálculo do Coeficiente de Descarga dos Orifícios

Igualando-se as equações 1 e 2, chega-se à equação:

$$C_d = \frac{a}{S(2g)^{0,5}} \times H^{(b-0,5)} \quad (12)$$

Conhecendo os valores de a e b, estimados por meio de análise de regressão e do diâmetro médio do orifício, pôde-se determinar os coeficientes de descarga para os orifícios perfurados a laser nas paredes dos tubos, em função da pressão a que os mesmos foram submetidos.

3.5. Cálculo do Fator de Redução de Perda de Carga F de Christiansen e do Comprimento Máximo da Linha de Tubulação Perfurada

Com o objetivo de se obter o comprimento máximo de um tubo flexível perfurado e o fator de redução de perda de carga proposto por Christiansen, em função do número de saídas, espaçamento entre os emissores e com quatro critérios de perdas máximas de pressão, foi elaborado um programa de computador, cujo fluxograma é apresentado na Figura 7 e uma versão em BASIC pode ser visto no Apêndice.

O fator de redução de perda de carga foi calculado, obtendo-se a razão entre a perda de carga real que ocorre na linha lateral, considerando que a vazão que entre no início desta é constante ao longo de toda ela (perda de carga teórica).

Os critérios adotados foram os seguintes: admitir a máxima perda de 10, 20, 30 e 40% na pressão que correspondem a uma variação máxima permitida na vazão de 5, 10, 15 e 20%, calculando com isso os comprimentos máximos permitidos para a linha de tubulação perfurada de acordo com estes critérios.

O método de cálculo usado no programa foi o seguinte:

a) Acumulou-se a perda de carga entre dois emissores adjacentes (saídas), partindo do final para o início

Sendo:

k_1 , x = Constantes da equação va
zão-perda de carga tubo.

a , b = Constantes da equação va
zão-pressão do emissor.

E = Espaçamento entre emissores
em metros.

PS = Pressão de Serviço (m.c.a).

Cr = Critério de variação de pres-
são admitido entre o primei-
ro e último emissor(decimal).

PI = Pressão no início da linha.

PF = Pressão no final da linha.

H = Pressão no último emissor.

I = Número de emissores.

Q_p = Vazão Parcial(10^3 m³/s).

Q = Vazão Acumulada.

H_f = Perda de carga parcial(m.c.a).

H_{fA} = Perda de Carga Acumulada.

H_{fT} = Perda de carga considerando
toda a vazão (m.c.a).

F = Fator de redução de perda de
carga de Christiansen.

Figura 7 -Fluxograma do Programa de Computador Utilizado pa-
ra Calcular o Fator de Redução de Perda de Carga
(F) e o Máximo Comprimento da Linha

da linha, até que se obtenha uma variação de pressão pré-fixada, de acordo com os critérios estabelecidos de variação de pressão entre o primeiro e o último emissor;

b) Calculou-se a perda de carga na linha de tubos flexíveis considerando toda a vazão como se não houvesse saídas laterais;

c) A relação entre a perda de carga acumulada real e a teórica representou o coeficiente de redução de perda de carga F e conhecendo-se o espaçamento entre emissores, determinou-se o comprimento máximo da linha de acordo com as pressões estudadas e os critérios estabelecidos.

As fórmulas utilizadas no programa foram as seguintes:

- equação característica do emissor representada pela expressão (1).

- equação característica de perda de carga x vazão representada pela expressão (11).

Desta maneira, obteve-se os fatores de redução de perda de carga para as pressões de 2, 4, 6, 8 e 10 mca e os critérios de 10, 20, 30 e 40% de perda de pressão.

3.6. Ensaio para a Determinação do Perfil de Distribuição da Precipitação, do Alcance e da Uniformidade de Distribuição

Estes testes foram realizados em área plana de frente ao lago do Departamento de Engenharia Rural, seguindo as normas propostas por MERRIAM & KELLER (1978) para tubulações perfuradas e as normas da ABNT-NBR 8988 (1985) e PNBR 12:02-08-021 (1986), sendo que estes três ensaios foram realizados simultaneamente.

A água proveniente para os testes foi bombeada do lago passando por um filtro de areia e tela, para prevenir os possíveis entupimentos na tubulação perfurada, devido os orifícios serem de reduzido diâmetro (0,3 mm).

O teste de uniformidade de distribuição visa a determinação de espaçamentos ótimos entre as mangueiras com simulação de sobreposição quando submetidos a diferentes pressões.

O perfil médio da distribuição indica o alcance médio da precipitação, de acordo com as pressões estudadas.

Este ensaio foi realizado com uma amostra de 03 rolos de 80 m da tubulação flexível perfurada, nos trechos inicial, meio e final da mesma, os quais foram submetidos às pressões de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 m.c.a.

A tubulação perfurada foi colocada entre cinco linhas de coletores, dispostas de forma retangular na faixa de abrangência da precipitação do tubo e espaçados uniformemente a cada 25 cm, assentados sobre estrado de madeira nivelado, sendo colocados para funcionar pelo período de 1 hora.

Como coletores foram utilizados recipientes cilíndricos, com as seguintes dimensões médias obtidas de vinte e dois pluviômetros escolhidos ao acaso: diâmetro 6,5 cm, altura 12,16 cm e capacidade de 350 ml.

A pressão foi mantida através de um regulador manual e lida por um medidor digital, e a direção e velocidades do vento verificadas. Para cada faixa de testes foram colocados 160 coletores, dispostos a um espaçamento de 25x25 cm.

Após o funcionamento foram medidos os volumes d'água contidos nos pluviômetros, utilizando-se de proveta com capacidade para 100 ml, graduada a cada 1 ml, sendo que posteriormente esses valores foram transformados em precipitação, utilizando o fator de correção multiplicativo de 0,300685 para converter os valores para mm/h.

Foram executadas 03 repetições para cada pressão e cada posição (trecho), escolhendo o de melhor desenvolvimento em termos de menor velocidade do vento para os cálculos, devido ao fato de cada repetição ter sido realizada em uma condição diferente de velocidade e direção dos ventos. Dessa maneira obtivemos dados de precipitação para as cinco pressões e três trechos estudados.

A simulação da sobreposição foi baseada no alcance da precipitação para cada pressão e trecho, estudando 04 espaçamentos entre mangueiras para cada pressão e trecho, tendo sido calculado para cada um o coeficiente de uniformidade de Christiansen, apoiado na planilha de cálculos para computador Lotus 1.2.3.

O esquema dos testes se encontram nas Figuras 8 e 9.

Para a determinação do alcance utilizou a proposição da norma da ABNT - NBR 8988 (1985) que diz que o volume mínimo para definir o alcance do aspersor deve ser correspondente a 0,13 mm/h para aspersores com vazão inferior a 0,50 m³/h, podendo ser obtido por interpolação.

Foram traçadas curvas que mostram o perfil de distribuição para cada pressão e posição (trecho) testados.

Figura 8. Esquema dos testes de uniformidade com os equipamentos usados.

Figura 9. Detalhe do sistema de coleta de água no trecho final.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Equação característica de vazão dos emissores do tubo perfurado

A média de vazão de 49 emissores ensaiados a cada pressão, e os respectivos coeficientes de variação podem ser vistos na Tabela 2, sendo que os valores de vazão para cada segmento se encontram em Apêndice nas Tabelas 31, 32, 33, 34, 35, 36 e 37.

Por meio de análise de regressão dos dados de vazão versus pressão foi obtida a seguinte equação:

$$q = 1,6085 H^{0,5491} \quad (13)$$

onde:

q = vazão do emissor, em l/h para um emissor (conjunto de 02 orifícios);

H = pressão na entrada do emissor, em m.c.a.

O coeficiente de determinação (r^2) foi de 0,9911, sendo o teste t significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 2. Vazão média (l/h) observada por segmento para os emissores do tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, a diferentes pressões e respectivos coeficientes de variação.

Segmento*	Pressão (m.c.a.)									
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
01	1,678	2,382	2,911	3,322	3,777	4,205	4,613	5,105	5,630	6,230
02	1,666	2,353	2,930	3,360	3,781	4,117	4,603	4,998	5,503	6,047
03	1,679	2,335	2,888	3,356	3,776	4,261	4,696	5,174	5,645	6,387
04	1,642	2,313	2,822	3,272	3,689	4,110	4,531	4,997	5,482	6,130
05	1,674	2,393	2,846	3,286	3,697	4,071	4,504	4,950	5,482	6,071
06	1,724	2,407	2,953	3,495	3,875	4,265	4,667	5,123	5,600	6,179
07	1,674	2,338	2,925	3,220	3,670	4,022	4,394	4,855	5,344	5,983
Média	1,677	2,360	2,896	3,323	3,752	4,150	4,573	5,029	5,527	6,147
C.V. (%)	1,456	1,463	1,639	2,195	1,912	2,284	2,277	2,210	1,926	2,187

* Vazão para um emissor de 02 orifícios
01 segmento = média de um conjunto de 07 emissores.

Para a faixa de pressão na qual a equação anterior é válida, os orifícios trabalham em regime de escoamento turbulento e, conforme o esperado, o expoente de H ficou próximo de 0,5.

A representação gráfica desta equação pode ser vista na Figura 10.

Os valores encontrados para a vazão de acordo com a pressão são maiores que os preconizados pelo fabricante na Tabela 1.

Os coeficientes de variação de vazão médios variaram de 1,456 a 2,187%, respectivamente para as pressões de 1,0 a 10,0 m.c.a., com uma média de 1,95%.

Como as condições de teste foram iguais para todos os emissores, as diferenças verificadas na vazão destas devem ser atribuídas ao processo de perfuração dos orifícios.

Utilizando a classificação do SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA (1979) e as propostas por SOLOMON (1979) e PNB-12-02-88-022 da ABNT (1986) para irrigação localizada, quanto ao valor do coeficiente de variação (CV) os emissores do tubo perfurado são classificados como excelentes em termos de uniformidade de fabricação, comprovando com isto, a eficácia da perfuração de orifícios de reduzido diâmetro com raios laser.

Figura 10. Representação gráfica da equação vazão-pressão dos emissores do tubo perfurado Sumi Sansui Mark II.

4.2. Coeficiente de descarga dos orifícios

Para pressões entre 2,0 a 10,0 m.c.a. verifica-se, através da Tabela 3, que os coeficientes de descarga apresentaram uma pequena variação em função da pressão. Isto ocorreu devido a elasticidade da mangueira que em pressões mais altas incrementa o diâmetro dos orifícios.

Os valores médios do coeficiente de descarga para os orifícios com 0,3 mm de diâmetro furados com raios laser nas paredes do tubo para as pressões de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 m.c.a. foram, respectivamente 0,74; 0,76; 0,78; 0,79 e 0,80. Os orifícios se apresentam em parede delgada biselada ($e < 1,5d$), verificando que os valores encontrados estão um pouco acima dos valores propostos por AZEVEDO NETTO (1986), sendo que GONÇALVES (1988) e SILVA (1984) estudando orifícios perfurados manualmente, também encontraram valores mais elevados de coeficiente de descarga.

Tabela 3. Valores dos coeficientes de descarga Cd em função da pressão para o orifício do tubo perfurado Sumi Sansui Mark II.

Pressão	Diâmetro orifício (mm)	Coeficiente de descarga (Cd)
2,0	0,3	0,74
4,0	0,3	0,76
6,0	0,3	0,78
8,0	0,3	0,79
10,0	0,3	0,80

4.3. Equação característica de perda de carga do tubo perfurado

Estudando a perda de carga na linha teste sem orifícios e utilizando dos dados experimentais mostrados na Tabela 4, foi obtida a seguinte equação que permite calcular a perda de carga nos tubos, em função da vazão para a fita com 50 mm de largura.

$$J = 0,0823 q^{1,6686} \quad (14)$$

onde:

J = perda de carga unitária, em m.c.a./m;

q = vazão média, em $10^3 \times m^3/s$.

Essa equação foi ajustada com coeficiente de determinação (r^2) igual a 0,9994, sendo o teste t significativo ao nível de 1% de probabilidade, estando representada graficamente na Figura 11.

Os valores experimentais utilizado na obtenção dessa equação corresponderam ao número de Reynolds superiores a 4000, caracterizando-se, portanto, regime de escoamento turbulento.

Para o cálculo da velocidade e número de Reynolds utilizou-se dados de diâmetro variável de acordo com a equação de regressão obtida na Tabela 5 que relaciona o diâmetro interno da tubulação com a pressão no ponto inicial, pois como a mangueira é flexível o seu diâmetro reduz a cada

Tabela 4. Características hidráulicas dos tubos flexíveis de polietileno Sumi Sansui Mark II (sem orifícios)*.

Pressão inicial (m.c.a.)	Vazão ($10^3 \text{ m}^3/\text{s}$)	Perda de carga (m.c.a./m)	Diâmetro interno (mm)**	Velocidade (m/s)	Nº de Reynolds(Re) (adm)
0,50	0,1600	0,0040	28,40	0,2526	7.102
1,00	0,2767	0,0096	29,42	0,4070	11.855
1,50	0,3667	0,0145	30,04	0,5174	15.390
2,00	0,4533	0,0222	30,48	0,6212	18.747
2,50	0,5267	0,0278	30,83	0,7055	21.536
3,00	0,5933	0,0346	31,12	0,7800	24.035
3,50	0,6533	0,0403	31,37	0,8453	26.258
4,00	0,7133	0,0464	31,58	0,9107	28.475
4,50	0,7667	0,0531	31,77	0,9672	30.424
5,00	0,8300	0,0589	31,94	1,0359	32.759
5,50	0,8733	0,0657	32,10	1,0791	34.301
6,00	0,8967	0,0716	32,24	1,0984	35.064
6,50	0,9533	0,0789	32,37	1,1584	37.125
7,00	1,0200	0,0843	32,49	1,2300	39.573
7,50	1,0533	0,0910	32,61	1,2611	40.721
8,00	1,1100	0,0978	32,72	1,3201	42.772
8,50	1,1400	0,1027	32,82	1,3475	43.793
9,00	1,1967	0,1093	32,91	1,4068	45.837
9,50	1,2167	0,1130	33,00	1,4225	46.475
10,00	1,2467	0,1185	33,09	1,4497	47.496

* Dados experimentais (média de 03 repetições).

** Diâmetro interno na pressão inicial de acordo com a equação

$$D = 29,4240 H^{0,0510}.$$

Tabela 5. Diâmetro médio observado a diferentes pressões no tubo Sumi Sansui Mark II (sem orifício).

Pressão (m.c.a.)	Diâmetro Interno (mm)			
	R_1	R_2	R_3	Média
1,0	30,00	30,00	30,00	30,00
2,0	30,10	30,20	30,10	30,13
3,0	30,70	30,90	30,60	30,73
4,0	31,20	30,90	31,10	31,07
5,0	32,10	32,00	32,10	32,07
6,0	31,80	32,30	32,20	32,10
7,0	32,30	32,60	32,70	32,53
8,0	33,10	33,05	33,00	33,05
9,0	33,15	33,10	33,10	33,12
10,0	32,80	33,30	33,50	33,20

$$D = 29,4240 H^{0,0510}$$

$$r^2 = 0,9178$$

onde D = diâmetro interno na pressão (mm)

H = pressão (m.c.a.)

Figura 11. Representação gráfica da equação perda de carga - vazão para o tubo Sumi Sansui Mark II sem orifícios.

perda de carga ocorrida, caracterizando com isto o movimento permanente não uniforme, em que a vazão é constante e a velocidade e a seção interna do tubo mudam de um ponto a outro, não sendo possível o relacionamento do fator f da fórmula universal com o número de Reynolds para ajuste de uma equação semelhante a de Blasius para condutos lisos em regime turbulento.

Devido a este fato o correto seria a estipulação de equações que relacionem a perda de carga com a vazão para cada largura de fita para ficar disponível aos projetistas.

Observando a equação 14, verifica-se que o expoente da vazão não está muito próximo de 1,75, que é o valor encontrado na equação de Darcy-Weisbach quando se emprega o fator de atrito calculado pela fórmula de Blasius.

4.4. Fator de redução de perda de carga de Christiansen e comprimento máximo da tubulação perfurada

Com base no programa de computador cujo fluxograma é apresentado na Figura 7, determinaram-se os valores do coeficiente F para o tubo perfurado em estudo, em função do número de emissores (N) e pressão para o espaçamento de 0,15 metros entre emissores existentes na mangueira flexível.

Para esses cálculos foram utilizadas as pressões de serviço recomendadas pelo fabricante, ou seja, 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 m.c.a.

Foram utilizados quatro critérios diferentes de variação de pressão entre o primeiro e o último emissor (10, 20, 30 e 40%) que corresponde aproximadamente a 5, 10, 15 e 20% de variação de vazão nos orifícios.

Para o cálculo de F utilizaram-se as equações experimentais de vazão x pressão e perda de carga x vazão obtidas para o referido tubo perfurado.

As Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 mostram os valores de F calculados para as diversas pressões apresentando os valores limites de número de emissores para se obter os critérios de variação pré-estabelecidos, encontrando com isto, o máximo comprimento da linha teste.

Verificou-se que para um mesmo espaçamento entre emissores os valores de F decrescem quando se aumenta o número de orifícios e aumentam quando a pressão é incrementada, a partir de um determinado número de emissores.

~) Os valores experimentais de F encontrados foram mais semelhantes ao F tabelado de Christiansen para as fórmulas de Flamant, Cruciani-Margazitoria e Veronese.

O comprimento máximo das tubulações depende do critério adotado para a variação de pressão ou vazão máxima permitida entre o primeiro e o último emissor.

Os comprimentos máximos permitidos de acordo

Tabela 6 . Valores dos coeficientes de redução de perda de carga F na pressão de 2,0 m.c.a. em função do número de emissores (N) espaçados de 0,15 metros.

N	F	N	F	N	F	N	F
1	1,0000	185	0,3768	365	0,3725	545	0,3656
5	0,4801	190	0,3767	370	0,3724	550	0,3653
10	0,4261	195	0,3766	375	0,3722	*553	0,3652(3)
15	0,4087	200	0,3765	380	0,3721	555	0,3651
20	0,4001	205	0,3764	385	0,3719	560	0,3649
25	0,3949	210	0,3763	390	0,3718	565	0,3646
30	0,3915	215	0,3762	395	0,3716	570	0,3643
35	0,3891	220	0,3761	400	0,3714	575	0,3641
40	0,3873	230	0,3758	405	0,3713	580	0,3638
45	0,3859	235	0,3757	410	0,3711	585	0,3636
50	0,3848	240	0,3756	415	0,3709	590	0,3633
55	0,3838	245	0,3755	420	0,3708	595	0,3630
60	0,3831	250	0,3754	425	0,3706	600	0,3628
65	0,3824	255	0,3753	430	0,3704	605	0,3625
70	0,3819	260	0,3752	435	0,3702	610	0,3622
75	0,3814	265	0,3751	440	0,3700	615	0,3619
80	0,3809	270	0,3750	445	0,3699	*620	0,3617(4)
85	0,3806	275	0,3748	450	0,3697		
90	0,3802	280	0,3747	455	0,3695		
95	0,3799	285	0,3746	460	0,3693		
100	0,3796	290	0,3745	465	0,3691		
105	0,3794	295	0,3744	470	0,3689		
110	0,3791	300	0,3743	473	*0,3688(2)		
115	0,3789	305	0,3741	475	0,3687		
120	0,3787	310	0,3740	480	0,3685		
125	0,3785	315	0,3739	485	0,3683		
130	0,3784	320	0,3738	490	0,3681		
135	0,3782	325	0,3736	495	0,3679		
140	0,3780	330	0,3735	500	0,3676		
145	0,3779	335	0,3734	505	0,3674		
150	0,3777	340	0,3732	510	0,3672		
155	0,3776	345	0,3731	515	0,3670		
160	0,3775	350	0,3730	520	0,3668		
165	0,3773	355	0,3728	525	0,3665		
170	0,3772	360	0,3727	530	0,3663		
175	0,3771	363	*0,3726(1)	535	0,3661		
180	0,3770	366	0,3725	540	0,3658		

* Valor limite para se obter 10% (1), 20% (2), 30(3) e 40%(4) de variação de pressão entre o primeiro e o último emissor.

Tabela 7 . Valores dos coeficientes de redução de perda de carga F na pressão de 4,0 m.c.a. em função do número de emissores (N) espaçados de 0,15 metros.

N	F	N	F	N	F	N	F
1	1,0000	170	0,3772	330	0,3736	*483	0,3688(2)
5	0,4801	175	0,3771	335	0,3735	485	0,3687
10	0,4261	180	0,3770	340	0,3734	490	0,3685
15	0,4087	185	0,3769	345	0,3733	495	0,3683
20	0,4001	190	0,3768	350	0,3731	500	0,3681
25	0,3949	195	0,3767	355	0,3730	505	0,3679
30	0,3915	200	0,3765	360	0,3729	510	0,3677
35	0,3891	205	0,3764	365	0,3727	515	0,3675
40	0,3873	210	0,3763	370	0,3726	520	0,3672
45	0,3859	215	0,3762	*371	0,3726(1)	525	0,3670
50	0,3848	220	0,3761	375	0,3724	530	0,3668
55	0,3838	225	0,3760	380	0,3723	535	0,3666
60	0,3831	230	0,3759	385	0,3721	540	0,3664
65	0,3824	235	0,3758	390	0,3720	545	0,3661
70	0,3819	240	0,3757	395	0,3718	550	0,3659
75	0,3814	245	0,3756	400	0,3717	555	0,3657
80	0,3809	250	0,3755	405	0,3715	560	0,3654
85	0,3806	255	0,3754	410	0,3714	*565	0,3652(3)
90	0,3802	260	0,3753	415	0,3712	570	0,3649
95	0,3799	265	0,3752	420	0,3710	575	0,3647
100	0,3796	270	0,3751	425	0,3709	580	0,3645
105	0,3794	275	0,3749	430	0,3707	585	0,3642
110	0,3791	280	0,3748	435	0,3705	590	0,3640
115	0,3789	285	0,3747	440	0,3704	595	0,3637
120	0,3787	290	0,3746	445	0,3702	600	0,3634
125	0,3785	295	0,3745	450	0,3700	605	0,3632
130	0,3784	300	0,3744	455	0,3698	610	0,3629
135	0,3782	305	0,3743	460	0,3696	615	0,3627
140	0,3780	310	0,3741	465	0,3695	620	0,3624
145	0,3779	315	0,3740	470	0,3693	625	0,3621
150	0,3777	320	0,3739	475	0,3691	630	0,3618
155	0,3776	325	0,3738	480	0,3689	*633	0,3617(4)
160	0,3775						
165	0,3774						

* Valor limite para se obter 10% (1), 20% (2), 30% (3) e 40% (4) de variação de pressão entre o primeiro e o último emissor.

Tabela 8. Valores dos coeficientes de redução de perda de carga F na pressão de 6,0 m.c.a. em função do número de emissores (N) espaçados de 0,15 metros.

N	F	N	F	N	F	N	F
1	1,0000	170	0,3772	335	0,3736	490	0,3687
5	0,4801	175	0,3771	340	0,3735	495	0,3685
10	0,4261	180	0,3770	345	0,3734	500	0,3683
15	0,4087	185	0,3769	350	0,3732	505	0,3681
20	0,4001	190	0,3768	355	0,3731	510	0,3679
25	0,3649	195	0,3767	360	0,3730	515	0,3677
30	0,3915	200	0,3766	365	0,3728	520	0,3675
35	0,3891	205	0,3765	370	0,3727	525	0,3673
40	0,3873	210	0,3764	*375	0,3726(1)	530	0,3671
45	0,3859	215	0,3762	380	0,3724	535	0,3669
50	0,3848	220	0,3761	385	0,3723	540	0,3667
55	0,3838	225	0,3760	390	0,3721	545	0,3664
60	0,3831	230	0,3759	395	0,3720	550	0,3662
65	0,3824	235	0,3758	400	0,3718	555	0,3660
70	0,3819	240	0,3757	405	0,3717	560	0,3657
75	0,3814	245	0,3756	410	0,3715	565	0,3655
80	0,3809	250	0,3755	415	0,3714	570	0,3653
85	0,3806	255	0,3754	420	0,3712	*573	0,3652(3)
90	0,3802	260	0,3753	425	0,3710	575	0,3650
95	0,3799	265	0,3752	430	0,3709	580	0,3648
100	0,3796	270	0,3751	435	0,3707	585	0,3646
105	0,3794	275	0,3750	440	0,3705	590	0,3643
110	0,3791	280	0,3749	445	0,3704	595	0,3641
115	0,3789	285	0,3748	450	0,3702	600	0,3638
120	0,3787	290	0,3747	455	0,3700	605	0,3636
125	0,3785	295	0,3746	460	0,3698	610	0,3633
130	0,3784	300	0,3744	465	0,3697	615	0,3631
135	0,3782	305	0,3743	470	0,3695	620	0,3628
140	0,3780	310	0,3742	475	0,3693	625	0,3625
145	0,3779	315	0,3741	480	0,3691	630	0,3623
150	0,3778	320	0,3740	485	0,3689	635	0,3620
155	0,3776	325	0,3739	*489	0,3688(2)	640	0,3617
160	0,3775	330	0,3737			*642	0,3616(4)
165	0,3774						

* Valor limite para se obter 10% (1), 20% (2), 30% (3), e 40% (4) de variação de pressão entre o primeiro e o último emissor.

Tabela 9. Valores dos coeficientes de redução de perda de carga F na pressão de 8,0 m.c.a. em função do número de emissores (N) espaçados de 0,15 metros.

N	F	N	F	N	F	N	F
1	1,0000	170	0,3773	330	0,3738	490	0,3689
5	0,4801	175	0,3771	335	0,3737	*494	0,3688(2)
10	0,4261	180	0,3770	340	0,3735	495	0,3687
15	0,4087	185	0,3769	345	0,3734	500	0,3685
20	0,4001	190	0,3768	350	0,3733	505	0,3683
25	0,3949	195	0,3767	355	0,3732	510	0,3681
30	0,3915	200	0,3766	360	0,3730	515	0,3679
35	0,3891	205	0,3765	365	0,3729	520	0,3677
40	0,3873	210	0,3764	370	0,3728	525	0,3675
45	0,3859	215	0,3763	375	0,3726	530	0,3673
50	0,3848	220	0,3762	*379	0,3725(1)	535	0,3671
55	0,3838	225	0,3761	380	0,3725	540	0,3669
60	0,3831	230	0,3760	385	0,3724	545	0,3666
65	0,3824	235	0,3759	390	0,3722	550	0,3664
70	0,3819	240	0,3758	395	0,3721	555	0,3662
75	0,3814	245	0,3757	400	0,3719	560	0,3660
80	0,3809	250	0,3756	405	0,3718	565	0,3657
85	0,3806	255	0,3755	410	0,3716	570	0,3655
90	0,3802	260	0,3753	415	0,3715	575	0,3653
95	0,3799	265	0,3752	420	0,3713	*578	0,3652(3)
100	0,3796	270	0,3751	425	0,3712	580	0,3650
105	0,3794	275	0,3750	430	0,3710	585	0,3648
110	0,3792	280	0,3749	435	0,3708	590	0,3646
115	0,3789	285	0,3748	440	0,3707	595	0,3643
120	0,3787	290	0,3747	445	0,3705	600	0,3641
125	0,3786	295	0,3746	450	0,3703	605	0,3638
130	0,3784	300	0,3745	455	0,3702	610	0,3636
135	0,3782	305	0,3744	460	0,3700	615	0,3633
140	0,3781	310	0,3743	465	0,3698	620	0,3631
145	0,3779	315	0,3741	470	0,3696	625	0,3628
150	0,3778	320	0,3740	475	0,3694	630	0,3626
155	0,3776	325	0,3739	480	0,3693	635	0,3623
160	0,3775			485	0,3691	640	0,3620
165	0,3774					645	0,3618
						*647	0,3617(4)

* Valor limite para se obter 10% (1), 20% (2), 30% (3) e 40% (4) de variação de pressão entre o primeiro e último emissor.

Tabela 10. Valores dos coeficientes de redução de perda de carga F na pressão de 10 m.c.a. em função do número de emissores (N) espaçados de 0,15 metros.

N	F	N	F	N	F	N	F
1	1,0000	190	0,3768	380	0,3726	555	0,3664
5	0,4801	195	0,3767	*381	0,3726(1)	560	0,3661
10	0,4261	200	0,3766	385	0,3724	565	0,3659
15	0,4087	205	0,3765	390	0,3723	570	0,3657
20	0,4001	210	0,3764	395	0,3721	575	0,3655
25	0,3949	215	0,3763	400	0,3720	580	0,3652
30	0,3915	220	0,3762	405	0,3718	*582	0,3652(3)
35	0,3891	225	0,3761	410	0,3717	585	0,3650
40	0,3873	230	0,3760	415	0,3715	590	0,3648
45	0,3859	235	0,3759	420	0,3714	595	0,3645
50	0,3848	240	0,3758	425	0,3712	600	0,3643
55	0,3838	245	0,3757	430	0,3711	605	0,3640
60	0,3831	250	0,3756	435	0,3709	610	0,3638
65	0,3824	255	0,3755	440	0,3708	615	0,3635
70	0,3819	260	0,3754	445	0,3706	620	0,3633
75	0,3814	265	0,3753	450	0,3704	625	0,3630
80	0,3809	270	0,3752	455	0,3703	630	0,3628
85	0,3806	275	0,3751	460	0,3701	635	0,3625
90	0,3802	280	0,3750	465	0,3699	640	0,3623
95	0,3799	285	0,3749	470	0,3697	645	0,3620
100	0,3796	290	0,3747	475	0,3696	650	0,3617
105	0,3794	295	0,3746	480	0,3694	*652	0,3614(4)
110	0,3792	300	0,3745	485	0,3692		
115	0,3789	305	0,3744	490	0,3690		
120	0,3787	310	0,3743	495	0,3688		
125	0,3786	315	0,3742	*497	0,3688(2)		
130	0,3784	320	0,3741	500	0,3686		
135	0,3782	325	0,3740	505	0,3684		
140	0,3781	330	0,3738	510	0,3682		
145	0,3779	335	0,3737	515	0,3680		
150	0,3778	340	0,3736	520	0,3678		
155	0,3776	345	0,3735	525	0,3676		
160	0,3775	350	0,3734	530	0,3674		
165	0,3774	355	0,3732	535	0,3672		
170	0,3773	360	0,3731	540	0,3670		
175	0,3771	365	0,3730	545	0,3668		
180	0,3770	370	0,3728	550	0,3666		
185	0,3769	375	0,3727				

* Valor limite para se obter 10% (1), 20% (2), 30% (3) e 40% (4) de variação de pressão entre o primeiro e o último emissor.

com os critérios estabelecidos de variação de pressão se encontram na Tabela 11.

Tabela 11. Comprimentos máximos permitidos da tubulação perfurada Sumi Sansui Mark II, de acordo com os critérios estabelecidos de variação de pressão (em metros).

Pressão de serviço (m.c.a.)	Critério (%)			
	10	20	30	40
2,0	54,45	70,95	82,95	93,00
4,0	55,65	72,45	84,75	94,95
6,0	56,25	73,75	85,95	96,30
8,0	56,85	74,10	86,70	97,05
10,0	57,15	74,55	87,30	97,80

* Faixa de pressão recomendada pelo fabricante.

Uma grande maioria dos autores adotam o critério de 20%; outros, menos rigorosos, admitem até 40% na variação de pressão.

Observou-se que na pressão de operação ótima das mangueiras, os comprimentos máximos estão coerentes com o preconizado pelo fabricante, que admite extensões máximas do tubo na ordem de 100 metros, com o critério de se permitir 20% de variação de vazão (40% na pressão).

Devido a grande sensibilidade de variação de vazão com a variação de pressão, este tipo de linha de irrigação perfurada deve ser usada preferencialmente em terrenos uniformes, dando preferência para a sua locação em nível ou com ligeiros declives.

O programa de computador pode estipular o comprimento máximo da linha lateral corretamente para a faixa de pressão do tubo, espaçamento entre emissores e largura da fita deste que se disponham das equações experimentais que deverá ser fornecida pelo fabricante.

4.5. Perfil médio da precipitação e uniformidade de distribuição

A metodologia utilizada neste ensaio foi a proposta por MERRIAM & KELLER (1978) e a NBR-8989 da ABNT(1985).

A análise da uniformidade de distribuição de água foi realizada para uma linha de tubulação perfuradas, com diferentes espaçamentos entre mangueiras simulados de acordo com o alcance, para cada uma das pressões testadas e posição relativa (trecho) dentro da linha.

Para verificar a uniformidade de distribuição utilizou o coeficiente de uniformidade de Christiansen que é um parâmetro de referência conhecido mundialmente.

Os ensaios cobriram representativamente toda a extensão do tubo, ou seja, o início, o meio e o final deste, podendo seguramente fazer recomendações quanto ao espaçamento das mangueiras de acordo com o alcance e precipitação média obtida.

Foram feitas três repetições dos ensaios em cada trecho com mangueiras provenientes de três rolos distintos em cinco pressões, selecionando o teste de melhor desempenho em termos de pequena velocidade do vento, devido ao fato de cada repetição ter sido executada em condições de velocidade e direção de ventos diferentes, o que poderia representar uma situação não real.

Os dados de precipitação real por pressão e posição (trecho) se encontram nas Tabelas 12 a 26. As representações gráficas dos perfis de distribuição em função da distância a diferentes pressões e posições são apresentadas nas Figuras 12 a 16.

Os valores do alcance da precipitação se encontram na Tabela 29, de acordo com a pressão e posição.

Os perfis de distribuição obtidos indicam uma precipitação crescente a partir do início do tubo até uma certa distância (meio), evidenciando uma concentração na parte intermediária do alcance, com decréscimo até o final da faixa molhada, sendo que este problema pode ser solucionado com a sobreposição das precipitações.

Tabela 12. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 2.0 m.c.a Trecho: Inicial Alcance: 3.11 m

							Média	Distância(m)*
2.71	3.31	2.71	3.01	3.01	3.01	3.01	2.95	1.375
8.42	9.02	8.12	5.71	5.71	5.71	5.71	7.40	1.125
12.93	13.23	11.43	9.32	9.32	9.32	9.32	11.31	0.875
15.64	14.73	13.23	12.93	12.93	12.93	12.93	13.89	0.625
12.33	12.33	12.03	13.23	13.23	13.23	13.23	12.63	0.375
7.22	6.31	6.92	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	0.125
6.01	5.71	9.62	9.62	9.62	9.32	9.32	8.06	0.125
11.13	11.43	9.02	10.52	10.52	11.43	11.43	10.70	0.375
13.83	13.83	9.62	13.53	13.53	15.94	15.94	13.35	0.625
9.32	6.01	7.82	9.02	9.02	10.82	10.82	8.60	0.875
8.42	4.21	4.51	10.22	10.22	7.82	7.82	7.04	1.125
3.01	2.71	2.71	2.71	2.71	5.11	5.11	3.25	1.375

8.87 mm/h=Média geral da precipitação
 Velocidade do vento: 0.5 km/h

* Entre coletores

Tabela 13. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 2.0 m.c.a Trecho: Meio Alcance: 2.96 m

						Média	Distância(m)*
1.20	1.50	1.50	1.50	1.20	1.38	1.38	1.375
2.71	3.91	5.41	4.21	3.01	3.85	3.85	1.125
7.52	9.02	9.62	9.02	8.42	8.72	8.72	0.875
7.82	10.52	10.82	11.13	11.43	10.34	10.34	0.625
10.52	11.13	10.22	10.22	11.73	10.76	10.76	0.375
6.31	7.82	6.62	7.22	6.62	6.92	6.92	0.125
5.11	8.12	6.62	6.01	5.41	6.25	6.25	0.125
7.82	7.82	11.73	10.22	7.22	8.96	8.96	0.375
7.52	9.32	12.33	10.52	7.82	9.50	9.50	0.625
6.92	7.52	10.22	9.92	9.02	8.72	8.72	0.875
5.11	4.51	6.31	6.62	6.62	5.83	5.83	1.125
1.80	1.50	1.50	1.50	1.80	1.62	1.62	1.375

6.91 mm/h = Média geral da precipitação
 Velocidade vento: 0.5 km/h

* Entre coletores

Tabela 14. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 2.0 m.c.a Trecho: Final Alcance: 2.53 m

	Media					Distância(m)*
3.01	2.71	3.01	3.61	1.50	2.77	1.125
4.21	6.31	5.41	10.22	5.11	6.25	0.875
10.22	7.22	12.63	12.93	5.71	9.74	0.625
9.02	8.12	12.63	6.01	4.21	8.00	0.375
5.11	7.52	6.62	3.61	5.41	5.65	0.125
10.52	12.93	13.83	13.53	9.62	12.09	0.125
7.82	7.52	7.52	8.42	6.62	7.58	0.375
11.73	6.31	10.22	10.22	9.62	9.62	0.625
11.73	6.01	5.41	9.62	7.22	8.00	0.875
2.10	2.10	3.91	2.10	1.20	2.29	1.125

7.20 mm/h = Media geral da precipitação

Velocidade do vento: 0.9 km/h

* Entre coletores

Tabela 15. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 4.0 m.c.a Trecho: Inicial Alcance: 4.48 m

					Média	Distância(m)*
2.41	1.50	1.20	1.20	1.50	1.56	1.875
5.11	1.80	2.41	2.41	1.80	2.71	1.625
5.41	4.51	3.61	3.31	3.01	3.97	1.375
11.43	7.52	6.01	5.41	5.11	7.10	1.125
8.42	9.02	9.02	8.12	7.22	8.36	0.875
10.82	12.93	9.02	10.82	9.32	10.58	0.625
10.52	10.22	9.62	9.92	9.62	9.98	0.375
9.02	9.02	9.02	10.22	8.72	9.20	0.125
7.82	6.31	7.52	8.12	8.12	7.58	0.125
8.12	7.82	7.82	7.82	7.82	7.88	0.375
9.62	9.02	9.32	8.72	9.02	9.14	0.625
9.02	9.02	9.32	9.32	9.62	9.26	0.875
8.72	8.72	9.02	9.32	9.92	9.14	1.125
6.62	6.62	7.22	7.82	8.42	7.34	1.375
3.61	3.91	4.21	4.51	5.11	4.27	1.625
1.50	1.50	1.50	1.80	2.41	1.74	1.875
0.90	0.60	0.90	0.60	0.90	0.78	2.125

6.51 mm/h = Média geral da precipitação
 Velocidade vento: 0.8 km/h

* Entre coletores

Labela 16. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 4.0 m.c.a. Trecho: Meio Alcance: 4.10 m.

					Média	Distância(m)*
1.20	1.50	1.50	1.20	1.20	1.32	1.875
3.61	3.61	3.31	3.01	2.41	3.19	1.625
6.62	6.62	6.01	5.41	5.11	5.95	1.375
9.62	9.32	8.12	7.82	7.52	8.48	1.125
11.13	10.22	9.62	8.72	8.72	9.68	0.875
9.62	9.62	9.62	9.62	9.92	9.68	0.625
6.92	6.92	7.22	8.12	9.02	7.64	0.375
5.71	5.41	6.01	6.01	6.92	6.01	0.125
5.41	5.71	6.01	6.62	7.22	6.19	0.125
5.41	6.92	7.82	7.82	7.82	7.16	0.375
6.62	7.22	8.42	8.42	7.82	7.70	0.625
7.52	7.22	7.52	7.52	7.22	7.40	0.875
6.92	6.92	6.31	6.31	6.01	6.49	1.125
5.11	6.62	3.31	4.81	4.51	4.87	1.375
3.01	2.71	2.71	2.71	2.41	2.71	1.625
1.20	1.20	1.20	1.50	1.20	1.26	1.875

5.98 mm/h = Média geral da precipitação
 Velocidade do vento: 0.6 km/h

* Entre coletores

Tabela 1/. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
Pressão: 4.0 m.c.a. Trecho: Final Alcance: 3.73 m

								Média	Distância(m)*
1.50	1.50	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	1.86	1.625
4.21	4.51	5.41	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.17	1.375
7.82	8.42	8.72	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42	8.60	1.125
9.02	10.52	10.22	9.62	9.62	9.62	9.62	9.62	9.98	0.875
7.52	12.93	9.32	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	9.92	0.625
9.32	12.33	10.52	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	10.04	0.375
9.32	12.33	9.02	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	9.26	0.125
7.82	6.92	6.62	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	7.28	0.125
6.31	8.42	6.01	6.01	6.01	6.01	6.01	6.01	6.68	0.375
7.82	9.32	10.52	10.52	10.52	10.52	10.52	10.52	9.44	0.625
9.92	12.33	12.93	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	12.27	0.875
10.52	14.43	12.93	10.82	10.82	10.82	10.82	10.82	12.39	1.125
8.42	9.92	8.12	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	9.32	1.375
4.81	4.51	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	3.73	1.625
1.20	1.20	0.90	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.14	1.875

7.81 mm/h= Média geral da precipitação
Velocidade do vento: 0.7 km/h

* Entre coletores

Tabela 18. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 6.0 m.c.a Trecho: Inicial Alcance: 5.31 m

Média										Distância(m)*
2.71	2.41	2.71	2.71	2.71	2.10	2.53	2.375			
6.01	5.71	5.71	6.01	6.01	3.61	5.41	2.125			
10.82	10.82	10.22	10.22	10.22	10.22	10.46	1.875			
14.13	14.43	13.83	14.13	14.13	15.33	14.37	1.625			
16.24	15.33	14.73	15.64	15.64	15.94	15.58	1.375			
16.54	15.94	15.33	15.33	15.33	15.94	15.82	1.125			
16.24	16.24	15.33	17.14	17.14	17.44	16.48	0.875			
13.53	14.13	15.33	16.54	16.54	15.94	15.09	0.625			
10.82	10.52	10.52	12.03	12.03	12.03	11.19	0.375			
10.22	9.62	9.32	9.92	9.92	10.22	9.86	0.125			
13.53	12.33	10.22	12.03	12.03	12.33	12.09	0.125			
15.94	15.03	15.03	15.33	15.33	14.43	15.15	0.375			
15.33	16.24	17.14	17.74	17.74	16.84	16.66	0.625			
15.03	15.33	16.84	17.74	17.74	17.74	16.54	0.875			
13.83	13.83	15.64	16.54	16.54	16.54	15.27	1.125			
11.43	11.13	12.63	13.83	13.83	13.53	12.51	1.375			
7.22	7.52	9.02	10.22	10.22	10.22	8.84	1.625			
4.21	4.51	5.41	5.71	5.71	5.41	5.05	1.875			
3.01	3.01	3.31	3.61	3.61	3.01	3.19	2.125			
2.10	1.80	1.80	2.10	2.10	1.80	1.92	2.375			
11.20 mm/h= Média geral da precipitação										
Velocidade do vento: 0.6 km/h										

* Entre coletores

Tabela 20. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 6.0 m.c.a Trecho: Final Alcance: 4.88 m.

	Média					Distância(m)*				
1.80	1.80	1.80	1.50	1.20	1.62	2.125				
3.91	3.61	3.01	2.71	2.41	3.13	1.875				
4.81	4.51	4.51	3.61	3.61	4.21	1.625				
8.72	8.42	8.42	7.52	7.22	8.06	1.375				
12.33	11.43	11.73	11.13	10.82	11.49	1.125				
13.83	12.63	13.23	13.23	12.33	13.05	0.875				
12.93	12.03	12.63	12.93	12.63	12.63	0.625				
10.82	10.52	10.52	10.52	11.13	10.70	0.375				
9.32	9.32	9.32	9.32	9.62	9.38	0.125				
8.42	8.42	7.82	8.12	8.72	8.30	0.125				
11.13	9.62	9.92	9.92	9.32	9.98	0.375				
12.03	11.43	11.43	11.73	11.73	11.67	0.625				
12.33	12.33	11.73	11.73	12.33	12.09	0.875				
11.73	11.43	11.73	12.03	11.13	11.61	1.125				
9.62	9.32	9.62	10.52	9.92	9.80	1.375				
6.01	6.31	6.01	6.92	6.92	6.43	1.625				
3.01	3.31	3.31	3.61	3.61	3.37	1.875				
2.10	1.50	2.41	2.10	1.80	1.98	2.125				
0.90	0.60	0.90	0.90	0.60	0.78	2.375				

7.91 mm/h= Média geral da precipitação
 Velocidade do vento: 0.8 km/h

* Entre coletores

Tabela 21. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Inicial Alcance: 6.09 m

										Média	Distância(m)*
1.50	1.20	1.50	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.32	2.875
4.81	3.91	3.31	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	3.01	3.55	2.625
8.72	9.02	7.82	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	6.31	7.82	2.375
12.93	13.23	12.03	10.82	10.82	10.82	10.82	10.82	10.82	10.22	11.85	2.125
15.64	16.84	15.03	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.53	14.85	1.875
17.14	18.04	16.84	15.64	15.64	15.64	15.64	15.64	15.64	15.33	16.60	1.625
17.74	18.04	18.04	17.44	17.44	17.44	17.44	17.44	17.44	16.54	17.56	1.375
17.14	18.04	17.74	17.74	17.74	17.74	17.74	17.74	17.74	17.74	17.68	1.125
14.73	17.44	16.54	17.44	17.44	17.44	17.44	17.44	17.44	18.34	16.90	0.875
11.13	12.33	13.53	15.64	15.64	15.64	15.64	15.64	15.64	16.24	13.77	0.625
11.43	12.03	12.93	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	13.23	12.45	0.375
11.73	11.43	12.03	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	11.73	11.67	0.125
12.03	12.33	11.43	11.13	11.13	11.13	11.13	11.13	11.13	10.82	11.55	0.125
15.03	14.13	13.83	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	12.63	13.77	0.375
15.64	16.84	17.74	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04	17.14	17.08	0.625
15.03	17.14	18.04	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.44	16.96	0.875
14.43	15.94	18.04	16.84	16.84	16.84	16.84	16.84	16.84	17.14	16.48	1.125
12.63	14.43	15.64	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.44	15.46	1.375
10.22	12.33	13.23	15.03	15.03	15.03	15.03	15.03	15.03	15.94	13.35	1.625
7.22	9.32	10.82	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	13.83	10.82	1.875
5.41	5.71	7.22	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	10.82	7.64	2.125
3.61	4.21	4.51	5.41	5.41	5.41	5.41	5.41	5.41	6.01	4.75	2.375
2.10	2.41	2.41	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.31	2.65	2.625
1.20	1.20	1.20	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.20	1.26	2.875

11.57 mm/h = Média geral da precipitação
 Velocidade do vento: 0.7 km/h

*Entre coletores

Labela 23. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 8.0 m.c.a. Trecho: Final Alcance: 5.75 m

					Distância(m)*	
					Média	
1.20	0.90	1.20	1.20	0.90	1.08	2.625
1.80	1.80	2.10	1.80	2.10	1.92	2.375
2.41	2.71	3.01	3.61	3.61	3.07	2.125
3.61	3.91	3.61	4.51	4.51	4.03	1.875
6.62	0.90	6.62	6.92	7.52	5.71	1.625
9.32	9.92	9.62	10.52	10.82	10.04	1.375
12.03	12.03	11.73	12.63	13.23	12.33	1.125
13.23	13.23	12.63	13.23	13.83	13.23	0.875
13.23	12.63	12.93	12.63	13.23	12.93	0.625
11.43	10.82	10.52	11.13	10.82	10.94	0.375
10.52	9.32	9.62	10.22	10.52	10.04	0.125
10.22	9.62	9.32	9.32	9.62	9.62	0.125
10.52	9.62	9.62	9.92	10.22	9.98	0.375
10.82	9.92	10.22	10.22	11.13	10.46	0.625
11.73	10.52	10.52	11.13	12.33	11.25	0.875
11.73	10.82	10.82	11.73	12.03	11.43	1.125
10.82	10.52	10.52	10.52	10.82	10.64	1.375
9.02	9.02	9.02	8.72	8.72	8.90	1.625
6.01	6.31	6.31	6.01	5.11	5.95	1.875
4.51	4.81	5.11	3.61	3.31	4.27	2.125
2.10	2.41	1.80	2.41	2.10	2.16	2.375
1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	1.08	2.625

7.78 mm/h= Média geral da precipitação
 Velocidade do vento: 0.8 km/h

* Entre coletores

Tabela. 24. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
Pressão: 10 m.c.a Trecho: Inicial Alcance: 7.51 m

					Média	Distância(m)*
1.20	1.50	2.10	1.50	1.50	1.56	3.375
1.50	1.50	2.41	2.71	2.71	2.16	3.125
1.80	2.41	3.31	4.51	4.51	3.31	2.875
3.31	4.81	7.22	9.62	9.62	6.92	2.625
3.61	9.32	14.13	16.54	14.43	11.61	2.375
6.31	14.43	19.24	17.74	17.14	14.97	2.125
12.33	17.74	20.45	18.94	19.54	17.80	1.875
16.54	17.14	18.94	17.44	18.94	17.80	1.625
16.54	17.14	18.94	17.44	18.64	17.74	1.375
16.84	18.94	18.94	18.94	20.75	18.88	1.125
17.14	18.94	19.54	19.54	20.45	19.12	0.875
16.84	19.24	20.45	20.75	20.15	19.48	0.625
18.04	17.14	16.54	18.34	19.24	17.86	0.375
15.94	14.43	14.13	12.33	10.52	13.47	0.125
12.93	10.52	10.52	10.82	10.82	11.13	0.125
10.52	10.82	11.13	11.73	12.33	11.31	0.375
12.03	12.93	13.23	14.13	15.33	13.53	0.625
14.43	12.93	15.33	17.74	19.54	16.00	0.875
16.54	15.33	17.74	18.94	19.54	17.62	1.125
20.15	18.94	20.15	20.15	20.15	19.91	1.375
20.15	20.45	19.24	20.15	19.85	19.97	1.625
20.75	18.94	18.04	20.75	22.55	20.21	1.875
18.34	16.54	15.94	18.04	19.54	17.68	2.125
15.64	12.93	12.33	14.73	15.94	14.31	2.375
12.03	8.72	8.72	10.82	12.03	10.46	2.625
8.42	6.01	5.11	6.01	7.22	6.55	2.875
4.81	3.31	3.31	3.31	3.61	3.67	3.125
2.41	1.50	1.20	1.20	1.50	1.56	3.375

13.09 mm/h= Média geral da precipitação

Velocidade do vento= 0.4 km/h

*Entre coletores

Tabela 25. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
Pressão: 10 m.c.a Trecho: Meio alcance: 7.07 m

					Média	Distância(m)*
0.90	1.20	0.90	0.90	1.20	1.02	3.125
1.50	1.50	1.20	1.20	1.50	1.38	2.875
2.71	2.71	2.71	2.41	2.71	2.65	2.625
3.01	3.31	3.01	3.01	3.01	3.07	2.375
4.21	3.91	3.61	3.61	3.91	3.85	2.125
5.11	5.11	4.51	4.51	4.51	4.75	1.875
5.71	5.41	6.01	4.81	6.01	5.59	1.625
6.62	7.22	6.62	6.62	6.62	6.74	1.375
9.32	9.32	9.02	9.02	9.02	9.14	1.125
10.82	9.62	9.92	10.82	10.82	10.40	0.875
11.73	11.43	11.73	11.43	12.33	11.73	0.625
11.73	12.33	12.33	11.73	12.33	12.09	0.375
10.82	11.43	11.73	11.43	11.73	11.43	0.125
9.92	9.92	9.92	10.22	10.82	10.16	0.125
9.62	9.32	9.32	9.32	9.32	9.38	0.375
9.92	9.32	9.32	9.62	9.32	9.50	0.625
11.73	11.43	11.43	10.82	11.43	11.37	0.875
11.73	11.73	11.73	11.73	12.03	11.79	1.125
11.43	10.82	10.82	11.73	11.73	11.91	1.375
11.43	9.92	10.52	10.82	10.82	10.70	1.625
9.92	9.32	9.32	9.92	9.92	9.68	1.875
8.12	8.12	8.12	8.42	8.72	8.90	2.125
5.41	6.01	6.31	6.31	6.62	6.13	2.375
3.31	3.31	4.21	4.21	4.51	3.91	2.625
1.80	2.10	2.41	2.41	2.41	2.23	2.875
1.20	0.90	1.20	0.90	1.20	1.08	3.125

7.80 mm/h = Média geral da precipitação
Velocidade do vento: 1.1 km/h

* Entre coletores

Labela 26. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II
 Pressão: 10 m.c.a Trecho: Final Alcance: 6.61 m

					Média	Distância(m)*	
0.90	0.90	0.60	0.60	0.90	0.78	3.125	
1.50	1.80	1.80	1.80	1.50	1.68	2.875	
2.10	2.41	2.41	2.10	2.41	2.29	2.625	
3.31	3.01	3.01	3.31	3.61	3.25	2.375	
5.41	5.11	5.11	4.81	4.81	5.05	2.125	
9.02	8.12	7.82	8.72	8.12	8.36	1.875	
12.33	12.03	11.43	12.03	12.03	11.97	1.625	
16.54	15.64	15.33	15.33	16.24	15.82	1.375	
19.24	17.44	17.74	18.04	18.34	18.16	1.125	
15.03	15.94	15.94	15.64	16.24	15.76	0.875	
13.53	12.63	12.63	12.33	13.23	12.87	0.625	
10.82	10.52	10.22	9.92	10.22	10.34	0.375	
10.22	9.62	8.72	8.42	8.42	9.09	0.125	
12.63	12.33	10.82	10.22	11.73	11.55	0.125	
15.94	14.13	13.23	12.03	10.82	13.23	0.375	
16.54	17.44	15.94	15.33	14.43	15.94	0.625	
15.94	16.54	17.14	17.14	17.44	16.84	0.875	
14.73	15.03	17.14	17.74	18.04	16.54	1.125	
12.33	12.33	16.24	16.24	16.84	14.79	1.375	
9.32	9.02	13.23	13.83	13.83	11.85	1.625	
6.01	5.41	9.62	9.02	10.82	8.18	1.875	
4.51	4.51	5.71	6.01	6.31	5.41	2.125	
3.31	3.61	3.91	4.51	4.21	3.91	2.375	
2.41	2.10	2.41	2.71	2.41	2.41	2.625	
1.80	1.50	1.50	1.80	1.80	1.68	2.875	
0.90	0.60	0.90	0.60	0.90	0.78	3.125	

10.23 mm/h= Média geral da precipitação
 Velocidade do vento: 0.6 km/h

* Entre coletores

Figura 12. Perfil de distribuição da precipitação na pressão 2 m.c.a em função da distância, por posição.

Figura 13. Perfil de distribuição de precipitação na pressão 4 m.c.a em função da distância, por posição.

Figura 14. Perfil de distribuição da precipitação na pressão 6 m.c.a em função da distância, por posição.

Figura 15. Perfil de distribuição da precipitação na pressão 8 m.c.a em função da distância, por posição.

Figura 16. Perfil de distribuição da precipitação na pressão 10 m.c.a em função da distância, por posição.

Tabela 29. Valores de alcance (m) da precipitação em função da pressão e posição (trecho).

Pressão (m.c.a.)	Trecho		
	Inicial	Meio	Final
2,0	3,11	2,96	2,53
4,0	4,48	4,10	3,73
6,0	5,31	5,11	4,88
8,0	6,09	5,91	5,75
10,0	7,52	7,07	6,61

Verificou-se sempre aumento do alcance do jato com o incremento da pressão e diminuição a partir do trecho inicial para o final.

Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foram determinados para vários espaçamentos, através da simulação da sobreposição das precipitações, de acordo com o alcance verificado, sendo que os valores obtidos se encontram na Tabela 30.

Observou-se que os valores de CUC variaram de 43,73 a 87,98% e que o valor médio ao longo da linha para pressão de serviço ideal de 8,0 m.c.a. foi de 75,09%, sendo considerado como de nível bom para a irrigação complementar por aspersão.

Tabela 30. Valores de precipitação média e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) por pressão, espaçamento entre mangueiras e posição (trecho).

Pressão (m.c.a.)	Espaçam. (m)	Trecho					
		Inicial		Meio		Final	
		Prec.média (mm/h)	CUC(%)	Prec.média (mm/h)	CUC(%)	Prec.média (mm/h)	CUC(%)
2,0	2,50	10,64	79,61	8,29	79,25	7,20	59,65
	2,00	13,30	72,26	10,36	75,48	9,00	73,67
	1,50	17,73	71,80	13,81	68,07	12,00	68,34
	1,25	20,23	86,51	16,57	80,75	14,40	73,54
4,0	3,50	7,84	78,32	6,84	78,51	8,36	70,81
	3,00	9,22	89,05	7,98	85,21	9,76	83,50
	2,50	11,06	82,64	9,57	75,03	11,71	70,45
	2,00	13,82	80,17	11,97	74,10	14,64	66,39
6,0	4,50	12,45	73,49	7,96	71,98	8,35	61,27
	4,00	14,00	84,79	8,96	83,71	9,39	72,29
	3,00	18,67	74,88	11,95	79,16	12,52	83,23
	2,50	22,40	72,77	14,34	80,33	15,03	76,38
8,0	5,50	12,63	70,86	7,76	54,25	7,78	52,44
	4,50	15,43	86,71	9,48	77,85	9,50	77,79
	3,50	19,84	73,39	12,19	87,69	12,22	86,74
	3,00	23,15	71,49	14,22	81,86	14,26	80,01
10,0	6,50	14,10	66,24	7,30	52,74	9,17	43,73
	5,50	16,66	83,07	8,61	71,66	10,84	61,44
	4,50	20,37	76,68	10,52	87,26	13,25	78,94
	3,50	26,19	68,65	13,73	87,98	17,04	78,99

Nota-se ainda que nem sempre quanto menor o espaçamento, maior o valor do coeficiente de uniformidade da precipitação média.

A precipitação média variou de 6,84 a 26,19 mm/h de acordo com os espaçamentos, trechos e pressões estudados, mostrando em alguns casos elevada, o que limita o uso do tubo a solos com alta taxa de infiltração.

Durante a realização dos ensaios, notou-se que o vento apresenta uma grande influência na precipitação dos tubos perfurados, devido a chuva produzida pelos emissores ser bastante fina.

Os dados de precipitação, de acordo com os espaçamentos simulados, se encontram em Apêndice nas Tabelas 38 a 52.

Pelos gráficos de perfil de distribuição encontrados, observou-se os melhores resultados nas pressões de 6,0 e 8,0 m.c.a., caracterizando assim esta faixa como a ideal para a operação do tubo perfurado.

Os valores encontrados para o alcance do jato, precipitação média e coeficiente de uniformidade de Christian sen evidenciam o uso deste tipo de tubo flexível para culturas em linhas e solos de média a alta capacidade de infiltração, sendo que os espaçamentos mais adequados podem ser determinados para cada situação particular de acordo com os resultados obtidos.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, na metodologia aplicada e condições locais em que foram realizados os ensaios, chegou-se às seguintes conclusões:

a) A equação característica de vazão - pressão encontrada para os emissores do tubo perfurado Sumi Sansui, foi a seguinte:

$$q = 1,6085 H^{0,5491}$$

onde:

q = vazão do emissor (conjunto de 02 orifícios), em l/h;

H = pressão na entrada do emissor, em m.c.a.

b) Os coeficientes de variação de vazão encontrados foram 1,456; 1,463; 1,639; 2,195; 1,912; 2,284; 2,277; 2,210; 1,926 e 2,187%, respectivamente para as pressões de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 e 10 m.c.a. De acordo com a classificação preconizada pelo SOIL CONSERVATION

SERVICE - USDA (1979), SOLOMON (1979) e o PNB-12:02-08-022 da ABNT (1986) os emissores são enquadrados como excelentes, o que vêm comprovar a eficiência da perfuração dos orifícios a raio laser.

c) Os coeficientes de descarga médio para os orifícios com 0,3 mm de diâmetro existentes nas mangueiras foram 0,74; 0,76; 0,78; 0,79 e 0,80 para as pressões de 2,0; 4,0; 6,0, 8,0 e 10,0 m.c.a. respectivamente.

d) A equação de perda de carga-vazão obtida para os tubos flexíveis sem orifícios foi a seguinte:

$$J. = 0,0823 q^{1,6686}$$

sendo:

J = perda de carga unitária, em m.c.a./m;
q = vazão que percorre o tubo em $10^3 \times m^3/s$.

e) Verificou-se que para um mesmo espaçamento entre emissores os valores de F decrescem quando se aumenta o número de orifícios e crescem a medida que a pressão é incrementada a partir de um determinado número de emissores.

f) Os comprimentos máximos encontrados de acordo com os critérios pré-estabelecidos de variação de pressão entre o primeiro e o último emissor variaram de 54,45 me

tros para a pressão de 2,0 m.c.a. e critério de 10% a 97,80 metros, quando a pressão é de 10,0 m.c.a. e o critério for menos rigoroso (40%).

g) Os alcances de precipitação encontrados foram os seguintes valores médios (trechos inicial, meio e final):

Pressão (m.c.a.)	Alcance (m)
2,0	2,87
4,0	4,10
6,0	5,10
8,0	5,92
10,0	7,07

h) Os valores encontrados para o alcance do jato, precipitação média e coeficiente de uniformidade de Christiansen evidenciam o uso deste tipo de tubo flexível perfurado para culturas em linhas e solos de média a alta taxa de infiltração, podendo se adequar o espaçamento de acordo com as necessidades e os resultados obtidos.

i) De acordo com os perfis de distribuição médio, as melhores pressões de serviço de operação do tubo perfurado Sumi Sansui se encontram na faixa de 6,0 a 8,0 m.c.a.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMONI, S. El riego por goteo. Israel, Ministério de Agricultura / Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola, 1984. 99p.

ARMONI, S. Micro-sprinkler irrigation. Israel, DAN Sprinkler, 1986. 92p.

ARRUDA, N.T. Análise de uniformidade da distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão em linha. Viçosa, 1981. 80p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Aspersores para irrigação - avaliação das características operacionais; NBR 8988. São Paulo, 1985. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Emissores para sistemas de irrigação localizada - avaliação de características operacionais; PNBR 12: 02-08-021. São Paulo, 1986a. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Requisitos mínimos para elaboração de projeto de sistema de irrigação localizada; PNBR 12:02-08-022. São Paulo, 1986b. 8p.

- ASSY, T.M. O emprego da fórmula universal de perda de carga e as limitações das fórmulas empíricas. São Paulo, CETESB, 1977. 64p.
- AZEVEDO NETTO, J.M. de & ALVAREZ, G.A. Manual de Hidráulica. 7.ed. São Paulo, Edgar Blücher, 1986. 2v.
- BELTRÃO, J. Rega gota-a-gota. Lisboa, A.M. Teixeira e Cia., s.d., 141p. (Agricultura Moderna, 7).
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 2.ed., Viçosa, UFV / Imprensa Universitária, 1982. 463p.
- BOTREL, T.A. Hidráulica de microaspersores e linhas laterais para irrigação localizada. Piracicaba, 1984. 78p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BUI, W. & KINOSHITA, C.M. Evaluation of physical and hydraulic characteristics of drip irrigation tubing used in Hawaii. In: INTERNATIONAL DRIP/TRICKLE IRRIGATION CONGRESS, 3., Fresno, 1985. Proceedings. St.Joseph, ASAE, 1985. v.1, p.331-8. (ASAE Publication, 10-85).
- CHRISTIANSEN, J.E. Irrigation by sprinkling. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, 1942. 124p. (Bulletin 670).
- FARIA, M.A. Características hidráulicas do microgotejador IR-TEC e da linha lateral de irrigação. Viçosa, 1981. 78p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

- GONÇALVES, A.C.A. Análise da perda de carga em tubos perfurados para irrigação, pela comparação entre o conceito de vazão fictícia e a metodologia proposta por Christiansen. Viçosa, 1988. 80p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- HALL, B.J. Row crop drip irrigation development with drip tape. Int. Comm. Irrig. Drain. Bull., 34(2): 56-7, 1985.
- HOWELL, T.A. & HILER, E.A. Designing trickle irrigations laterals for uniformity. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS., 2., Riverside, 1974. Proceedings, ASAE, 1974, v.1., p.290-304.
- KARMEI, D. & KELLER, J. Evaluation of a Trickle Irrigation System. In: DRIP IRRIGATION CONGRESS., 2., San Diego, 1974. Proceedings. St. Joseph, ASAE, 1974. p.287-92.
- KELLER, J. & KARMEI, D. Trickle irrigation design. Glendora, /Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- LENCASTRE, A. Hidráulica geral. Lisboa, Hidroprojecto, 1983. 654p.
- MATSURA, E.E. Eficiência de irrigação e uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por aspersão. Piracicaba, 1987. 124p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- MERRIAM, J.L. & KELLER, J. Farm irrigation system evaluation; a guide for management. Logan, Utah State University, 1978. 271p.

NEVES, E.T. Curso de hidráulica. 7.ed. Porto Alegre, Editora Globo, 1982. 577p.

NOGUEIRA, A.M. Características hidráulicas e de distribuição de água por microaspersores. Piracicaba, 1989. 57p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

OLITTA, A.F.L. Os métodos de irrigação. São Paulo, Nobel, 1986. 267p.

OLIVEIRA, C. Hidráulica de gotejadores e de linhas laterais para irrigação por gotejamento. Viçosa, 1978. 72p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

PARAQUEIMA, J. Study of some frictional characteristics of small diameter tubing for trickle irrigation lateral. Logan. Logan, 1977. 54p. (M.S. - Utah State University).

PARCHOMCHUK, P. Temperature effects on emitter discharge rates. Transactions of ASAE, St. Joseph, 19(4): 690-2, 1976.

PRONI. Elaboração de projetos de irrigação. Brasília, Programa Nacional de Irrigação, 1986. 849p.

PUEYO, L. & FORCADA, J. Cálculo hidráulico - instruções para redes de microaspersão. Item, Brasília, 11: 28-35, 1982.

SAINT-FOULC, J.D. El riego por aspersion. 2.ed. Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1972. 252p.

SCALOPPI, E.J. Hidráulica de tubulações com múltiplas derivações. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM 7., Brasília, 1985. Anais, Brasília, ABID, 1985. v.3, p.1085-100.

- SCALOPPI, E.J. & COLOMBO, A. Tendências atuais em tecnologia de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. Anais. Brasília, ABID, 1988. v.2, p.943-71.
- SILVA, J.G.F. Características hidráulicas de tubos de polietileno perfurados para irrigação por gotejamento. Viçosa, 1984. 63p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- SILVESTRE, P. Hidráulica geral. 2.ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1982. 316p.
- SOARES, A. Características hidráulicas de microtubos Cipla e de linhas laterais para irrigação por gotejamento. Viçosa, 1981. 72p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA. Trickle irrigation, chapter 7, section 15, Irrigation, Washington, 1979. (traft edition).
- SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. Transactions of ASAE, St. Joseph, 22(5): 1034-8, 1979.
- STREETER, V.L. & WYLIE, E.B. Mecânica de fluídos. 7.ed. São Paulo, McGraw-Hill, 1982. 585p.
- SUMITOMO, C.H. Technical informations about Sumisansui Mark II perforated pipe. Japan, Sumitomo Chemical Co., 1987. 16p.
- URBINA, J. Head loss characteristics of trickle irrigation hose with emitters. Logan, 1977. 54p. (M.S. - Utah State University).

VERMEIREN, I. & JOBLING, G.A. Localized irrigation. Rome,
Food and Agriculture Organization of the United Nations,
1980. 203p.

A P E N D I C E

Tabela 31. Vazão (l/h) observada por emissores no segmento 01 para o tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, a diferentes pressões.

Pressão (m.c.a.)	Emissores							Média
	A*	B	C	D	E	F	G	
1,0	1,686	1,754	1,596	1,704	1,646	1,736	1,626	1,678
2,0	2,396	2,484	2,260	2,414	2,344	2,440	2,334	2,382
3,0	2,936	3,026	2,792	2,942	2,862	2,986	2,836	2,911
4,0	3,344	3,476	3,192	3,344	3,252	3,416	3,252	3,322
5,0	3,804	3,952	3,600	3,800	3,692	3,888	3,700	3,777
6,0	4,232	4,372	4,016	4,232	4,116	4,328	4,136	4,205
7,0	4,668	4,796	4,416	4,632	4,512	4,728	4,536	4,613
8,0	5,164	5,300	4,892	5,128	4,992	5,244	5,012	5,105
9,0	5,704	5,844	5,400	5,652	5,508	5,768	5,536	5,630
10,0	6,340	6,428	6,012	6,260	6,068	6,364	6,140	6,230

* Média de 03 repetições

Emissor - conjunto de 02 orifícios

Tabela 32. Vazão (l/h) observada por emissores no segmento 02 para o tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, a diferentes pressões.

Pressão (m.c.a.)	Emissores							Média
	A*	B	C	D	E	F	G	
1,0	1,604	1,768	1,592	1,708	1,638	1,738	1,612	1,666
2,0	2,290	2,490	2,256	2,410	2,320	2,426	2,282	2,353
3,0	2,868	3,120	2,792	2,996	2,860	3,056	2,820	2,930
4,0	3,324	3,552	3,220	3,404	3,308	3,472	3,240	3,360
5,0	3,732	4,000	3,592	3,824	3,728	3,920	3,668	3,781
6,0	4,020	4,352	3,948	4,188	4,080	4,240	3,992	4,117
7,0	4,596	4,748	4,468	4,660	4,424	4,872	4,456	4,603
8,0	4,916	5,296	4,776	5,040	4,944	5,148	4,864	4,998
9,0	5,376	5,872	5,132	5,604	5,436	5,700	5,404	5,503
10,0	5,892	6,432	5,844	6,116	5,946	6,236	5,860	6,047

* Média de 03 repetições

Emissor - conjunto de 02 orifícios

Tabela 33. Vazão (l/h) observada por emissores no segmento 03 para o tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, a diferentes pressões.

Pressão (m.c.a.)	Emissores							Média
	A*	B	C	D	E	F	G	
1,0	1,660	1,746	1,634	1,724	1,632	1,726	1,628	1,679
2,0	2,290	2,432	2,284	2,416	2,248	2,420	2,254	2,335
3,0	2,812	3,020	2,840	2,988	2,764	2,992	2,800	2,888
4,0	3,272	3,504	3,296	3,480	3,208	3,472	3,260	3,356
5,0	3,680	3,936	3,716	3,912	3,612	3,908	3,668	3,776
6,0	4,132	4,388	4,164	4,372	4,096	4,548	4,124	4,261
7,0	4,644	4,816	4,588	4,832	4,488	4,996	4,508	4,696
8,0	5,048	5,300	5,032	5,292	4,932	5,516	5,100	5,174
9,0	5,512	5,788	5,472	5,768	5,400	6,040	5,532	5,645
10,0	6,236	6,504	6,172	6,580	6,112	6,856	6,248	6,387

* Média de 03 repetições

Emissor - conjunto de 02 orifícios

Tabela 34. Vazão (l/h) observada por emissores no segmento 04 para o tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, a diferentes pressões.

Pressão (m.c.a.)	Emissores							Média
	A*	B	C	D	E	F	G	
1,0	1,642	1,746	1,572	1,668	1,586	1,698	1,584	1,642
2,0	2,320	2,446	2,236	2,348	2,228	2,374	2,236	2,313
3,0	2,820	3,000	2,720	2,864	2,720	2,900	2,728	2,822
4,0	3,260	3,464	3,164	3,328	3,156	3,356	3,176	3,272
5,0	3,692	3,904	3,572	3,744	3,552	3,784	3,572	3,689
6,0	4,124	4,332	3,968	4,192	3,960	4,208	3,984	4,110
7,0	4,592	4,796	4,380	4,604	4,356	4,612	4,376	4,531
8,0	5,060	5,264	4,852	5,080	4,820	5,048	4,852	4,997
9,0	5,552	5,776	5,236	5,576	5,288	5,584	5,360	5,482
10,0	6,244	6,416	5,944	6,220	5,912	6,200	5,976	6,130

* Média de 03 repetições

Emissor - conjunto de 02 orifícios.

Tabela 35'. Vazão (l/h) observada por emissores no segmento 05 para o tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, a diferentes pressões.

Pressão (m.c.a.)	Emissores							Média
	A*	B	C	D	E	F	G	
1,0	1,630	1,726	1,654	1,740	1,612	1,722	1,634	1,674
2,0	2,292	2,460	2,324	2,484	2,328	2,572	2,288	2,393
3,0	2,756	2,928	2,780	2,928	2,788	3,024	2,720	2,846
4,0	3,176	3,396	3,232	3,388	3,220	3,448	3,144	3,286
5,0	3,596	3,792	3,636	3,800	3,604	3,888	3,564	3,697
6,0	3,972	4,160	4,000	4,184	3,964	4,276	3,940	4,071
7,0	4,436	4,576	4,424	4,600	4,360	4,724	4,408	4,504
8,0	4,896	5,076	4,904	5,116	4,860	5,020	4,776	4,950
9,0	5,404	5,584	5,408	5,624	5,364	5,712	5,280	5,482
10,0	6,020	6,200	6,004	6,316	5,944	6,180	5,832	6,071

* Média de 03 repetições

Emissor - conjunto de 02 orifícios.

Tabela 36. Vazão (l/h) observada por emissores no segmento 06 para o tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, a diferentes pressões.

Pressão (m.c.a.)	Emissores							Média
	A*	B	C	D	E	F	G	
1,0	1,656	1,776	1,660	1,796	1,680	1,836	1,664	1,724
2,0	2,328	2,488	2,332	2,504	2,356	2,540	2,304	2,407
3,0	2,896	3,000	2,884	3,076	2,924	3,060	2,828	2,953
4,0	3,344	3,536	3,360	3,576	3,388	3,588	3,320	3,445
5,0	3,788	3,960	3,784	4,036	3,800	4,028	3,728	3,875
6,0	4,192	4,336	4,176	4,404	4,180	4,440	4,124	4,265
7,0	4,604	4,732	4,580	4,840	4,600	4,820	4,492	4,667
8,0	5,044	5,248	5,028	5,308	5,064	5,252	4,920	5,123
9,0	5,536	5,700	5,500	5,776	5,512	5,768	5,408	5,600
10,0	6,088	6,268	6,092	6,356	6,128	6,352	5,972	6,179

* Média de 03 repetições

Emissor - conjunto de 02 orifícios.

Tabela 37. Vazão (l/h) observada por emissores no segmento 07 para o tubo perfurado Sumi Sansui Mark II, a diferentes pressões.

Pressão (m.c.a.)	Emissores							Média
	A*	B	C	D	E	F	G	
1,0	1,628	1,768	1,612	1,684	1,632	1,724	1,668	1,674
2,0	2,292	2,400	2,296	2,372	2,296	2,404	2,308	2,338
3,0	2,860	3,064	2,788	2,996	2,832	3,040	2,896	2,925
4,0	3,148	3,360	3,092	3,272	3,168	3,324	3,176	3,220
5,0	3,572	3,836	3,524	3,712	3,576	3,856	3,616	3,670
6,0	3,952	4,172	3,896	4,108	3,904	4,104	4,020	4,022
7,0	4,344	4,552	4,284	4,464	4,264	4,504	4,344	4,394
8,0	4,772	5,020	4,748	4,960	4,716	4,972	4,796	4,855
9,0	5,224	5,832	5,164	5,388	5,148	5,400	5,252	5,344
10,0	5,748	6,380	6,160	5,972	5,796	6,064	5,760	5,983

* Média de 03 repetições

Emissor - conjunto de 02 orifícios.

Tabela 38. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 2.0 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 2.5 m entre mangueiras

					Média
6.01	5.71	9.62	9.62	9.32	8.06
11.13	11.43	9.02	10.52	11.43	10.70
13.83	13.83	9.62	13.53	15.94	13.35
9.32	6.01	7.82	9.02	10.82	8.60
11.13	7.52	7.22	13.23	10.82	9.98
11.43	11.73	10.82	8.42	10.82	10.64
12.93	13.23	11.43	9.32	9.62	11.31
15.64	14.73	13.23	12.93	12.93	13.89
12.33	12.33	12.03	13.23	13.23	12.63
7.22	6.31	6.92	7.22	8.42	7.22

10.64 mm/h = Média geral da precipitação

Espaçamento: 2.0 m entre mangueiras

					Média
6.01	5.71	9.62	9.62	9.32	8.06
11.13	11.43	9.02	10.52	11.43	10.71
16.54	17.14	12.33	16.54	18.94	16.30
17.74	15.03	15.94	14.73	16.54	16.00
21.35	17.44	15.94	19.54	17.44	18.34
18.64	17.44	15.94	15.64	18.04	17.14
12.33	12.33	12.03	13.23	13.23	12.63
7.22	6.31	6.92	7.22	8.42	7.22

13.30 mm/h = Média geral da precipitação

Tabela 38. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 2.0 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 1.5 m entre mangueiras

					Média
8.72	9.02	12.33	12.63	12.33	11.01
19.54	20.45	17.14	16.24	17.14	18.10
26.76	27.06	21.05	22.85	25.56	24.66
24.96	20.75	21.05	21.95	23.75	22.49
20.75	16.54	16.54	23.45	21.05	19.66
10.22	9.02	9.62	9.92	13.53	10.46

17.73 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 1.25 m entre mangueiras

					Média
17.44	17.44	20.45	18.04	20.15	18.70
19.54	20.45	17.14	16.24	17.14	18.10
26.76	27.06	21.05	22.85	25.56	24.66
24.96	20.75	21.05	21.95	23.75	22.49
18.34	13.83	14.13	20.45	19.24	17.20

20.23 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 39. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 2.0 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 2.5 m entre mangueiras

					Média
5.11	8.12	6.62	6.01	5.41	6.25
7.82	7.82	11.73	10.22	7.22	8.96
7.52	9.32	12.33	10.52	7.82	9.50
6.92	7.52	10.22	9.92	9.02	8.72
6.31	6.01	7.82	8.12	7.82	7.22
4.51	5.41	6.92	5.71	4.81	5.47
7.52	9.02	9.62	9.02	8.42	8.72
7.82	10.52	10.82	11.13	11.43	10.34
10.52	11.13	10.22	10.22	11.73	10.76
6.31	7.82	6.62	7.22	6.62	6.92

8.29 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 2.0 m entre mangueiras

					Média
5.11	8.12	6.62	6.01	5.41	6.25
7.82	7.82	11.73	10.22	7.22	8.96
8.72	10.82	13.83	12.03	9.02	10.88
9.62	11.43	15.64	14.13	12.03	12.57
12.63	13.53	15.94	15.64	15.03	14.55
9.62	12.03	12.33	12.63	13.23	11.97
10.52	11.13	10.22	10.22	11.73	10.76
6.31	7.82	6.62	7.22	6.62	6.92

10.36 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 39. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 2.0 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 1.5 m entre magueiras

					Média
6.31	9.62	8.12	7.52	6.62	7.64
10.52	11.73	17.14	14.43	10.22	12.81
15.03	18.34	21.95	19.54	16.24	18.22
14.73	18.04	21.05	21.05	20.45	19.06
15.64	15.64	16.54	16.84	18.34	16.60
8.12	9.32	8.12	8.72	8.42	8.54
13.81 mm/h= Média geral da precipitação					

Espaçamento: 1.25 m entre mangueiras

					Média
9.62	13.53	13.53	11.73	10.22	11.73
15.33	16.84	21.35	19.24	15.64	17.68
15.33	19.85	23.15	21.65	19.24	19.85
17.44	18.64	20.45	20.15	20.75	19.48
12.63	13.83	14.43	15.33	14.43	14.13
16.57 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 40. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 2.0 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 2.5 m entre mangueiras

					Média
10.52	12.93	13.83	13.53	9.62	12.09
7.82	7.52	7.52	8.42	6.62	7.58
11.73	6.31	10.22	10.22	9.62	9.62
11.73	6.01	5.41	9.62	7.22	8.00
2.10	2.10	3.91	2.10	1.20	2.29
3.01	2.71	3.01	3.61	1.50	2.77
4.21	6.31	5.41	10.22	5.11	6.25
10.22	7.22	12.63	12.93	5.71	9.74
9.02	8.12	12.63	6.01	4.21	8.00
5.11	7.52	6.62	3.61	5.41	5.65

7.20 mm/h = Média geral da precipitação

Espaçamento: 2.0 m entre mangueiras

					Média
10.52	12.93	13.83	13.53	9.62	12.09
7.82	7.52	7.52	8.42	6.62	7.58
11.73	6.31	10.22	10.22	9.62	9.62
14.73	8.72	8.42	13.23	8.72	10.76
6.31	8.42	9.32	12.33	6.31	8.54
10.22	7.22	12.63	12.93	5.71	9.74
9.02	8.12	12.63	6.01	4.21	8.00
5.11	7.52	6.62	3.61	5.41	5.65

9.00 mm/h = Média geral da precipitação

Tabela 40. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 2.0 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 1.5 m entre mangueiras

					Média
10.52	12.93	13.83	13.53	9.62	12.09
10.82	10.22	10.52	12.03	8.12	10.34
15.94	12.63	15.64	20.45	14.73	15.88
21.95	13.23	18.04	22.55	12.93	17.74
11.13	10.22	16.54	8.12	5.41	10.28
5.11	7.52	6.62	3.61	5.41	5.65

12.00 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 1.25 m entre mangueiras

					Média
13.53	15.64	16.84	17.14	11.13	14.85
12.03	13.83	12.93	18.64	11.73	13.83
21.95	13.53	22.85	23.15	15.33	19.36
20.75	14.13	18.04	15.64	11.43	16.00
7.22	9.62	10.52	5.71	6.62	7.94

14.40 mm/h= Média geral da precipitação

Labela 41. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 4.0 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 3.5 m entre mangueiras

					Média
7.82	6.31	7.52	8.12	8.12	7.58
8.12	7.82	7.82	7.82	7.82	7.88
9.62	9.02	9.32	8.72	9.02	9.14
9.02	9.02	9.32	9.32	9.62	9.26
8.72	8.72	9.02	9.32	9.92	9.14
6.62	6.62	7.22	7.82	8.42	7.34
6.01	5.41	5.41	5.71	6.62	5.83
6.62	3.31	3.91	4.21	4.21	4.45
5.41	4.51	3.61	3.31	3.01	3.97
11.43	7.52	6.01	5.41	5.11	7.10
8.42	9.02	9.02	8.12	7.22	8.36
10.82	12.93	9.02	10.82	9.32	10.58
10.52	10.22	9.62	9.92	9.62	9.98
9.02	9.02	9.02	10.22	8.72	9.20

7.84 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 3.0 m entre mangueiras

					Média
7.82	6.31	7.52	8.12	8.12	7.58
8.12	7.82	7.82	7.82	7.82	7.88
9.62	9.02	9.32	8.72	9.02	9.14
9.02	9.02	9.32	9.32	9.62	9.26
11.13	10.22	10.22	10.52	11.43	10.70
11.73	8.42	9.62	10.22	10.22	10.04
9.02	8.42	7.82	7.82	8.12	8.24
12.93	9.02	7.52	7.22	7.52	8.84
9.32	9.62	9.92	8.72	8.12	9.14
10.82	12.93	9.02	10.82	9.32	10.58
10.52	10.22	9.62	9.92	9.62	9.98
9.02	9.02	9.02	10.22	8.72	9.20

9.22 mm/h= Média geral da precipitação

Labela 41. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 4.0 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 2.5 m entre mangueiras

					Média
7.82	6.31	7.52	8.12	8.12	7.58
8.12	7.82	7.82	7.82	7.82	7.88
12.03	10.52	10.52	9.92	10.52	10.70
14.13	10.82	11.73	11.73	11.43	11.97
14.13	13.23	12.63	12.63	12.93	13.11
18.04	14.13	13.23	13.23	13.53	14.43
12.03	12.93	13.23	12.63	12.33	12.63
12.33	14.43	10.52	12.63	11.73	12.33
11.43	10.82	10.52	10.52	10.52	10.76
9.02	9.02	9.02	10.22	8.72	9.20

11.06 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 2.0 m entre mangueiras

					Média
11.13	8.42	9.62	9.92	10.52	9.92
13.23	9.62	10.22	10.22	9.62	10.58
15.03	13.53	12.93	12.03	12.03	13.11
20.45	16.54	15.33	14.73	14.73	16.36
17.14	17.74	18.04	17.44	17.14	17.50
17.44	19.54	16.24	18.64	17.74	17.92
14.13	14.13	13.83	14.43	14.73	14.25
10.52	10.52	10.52	12.03	11.13	10.94

13.82 mm/h= Média geral da precipitação

Labela 42. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 4.0 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 3.5 m entre mangueiras

					Média
5.41	5.71	6.01	6.62	7.22	6.19
5.41	6.92	7.82	7.82	7.82	7.16
6.62	7.22	8.42	8.42	7.82	7.70
7.52	7.22	7.52	7.52	7.22	7.40
6.92	6.92	6.31	6.31	6.01	6.49
5.11	6.62	3.31	4.81	4.51	4.87
4.21	4.21	4.21	3.91	3.61	4.03
4.81	4.81	4.51	4.51	3.61	4.45
6.62	6.62	6.01	5.41	5.11	5.95
9.62	9.32	8.12	7.82	7.52	8.48
11.13	10.22	9.62	8.72	8.72	9.68
9.62	9.62	9.62	9.62	9.92	9.68
6.92	6.92	7.22	8.12	9.02	7.64
5.71	5.41	6.01	6.01	6.92	6.01

6.84 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 3.0 m entre mangueiras

					Média
5.41	5.71	6.01	6.62	7.22	6.19
5.41	6.92	7.82	7.82	7.82	7.16
6.62	7.22	8.42	8.42	7.82	7.70
7.52	7.22	7.52	7.52	7.22	7.40
8.12	8.42	7.82	7.52	7.22	7.82
8.72	10.22	6.62	7.82	6.92	8.06
9.62	9.32	8.72	8.12	7.52	8.66
10.82	10.52	9.32	9.32	8.72	9.74
11.13	10.22	9.62	8.72	8.72	9.68
9.62	9.62	9.62	9.62	9.92	9.68
6.92	6.92	7.22	8.12	9.02	7.64
5.71	5.41	6.01	6.01	6.92	6.01

7.98 mm/h= Média geral da precipitação

Labela 42. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 4.0 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 2.5 m entre mangueiras

					Média
5.41	5.71	6.01	6.62	7.22	6.19
5.41	6.92	7.82	7.82	7.82	7.16
7.82	8.72	9.92	9.62	9.02	9.02
11.13	10.82	10.82	10.52	9.62	10.58
13.53	13.53	12.33	11.73	11.13	12.45
14.73	15.94	11.43	12.63	12.03	13.35
14.13	12.93	12.33	11.43	11.13	12.39
10.82	10.82	10.82	11.13	11.13	10.94
6.92	6.92	7.22	8.12	9.02	7.64
5.71	5.41	6.01	6.01	6.92	6.01
9.57 mm/h= Média geral da precipitação					

Espaçamento: 2.0 m entre mangueiras

					Média
6.62	7.22	7.52	7.82	8.42	7.52
9.02	10.52	11.13	10.82	10.22	10.34
13.23	13.83	14.43	13.83	12.93	13.65
17.14	16.54	15.64	15.33	14.73	15.88
18.04	17.14	15.94	15.03	14.73	16.18
14.73	16.24	12.93	14.43	14.43	14.55
9.92	9.62	9.92	10.82	11.43	10.34
6.92	6.62	7.22	7.52	8.12	7.28
11.97 mm/h= Média geral da precipitação					

Labela 43. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 4.0 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 3.5 m. entre mangueiras

					Média
7.82	6.92	6.62	8.72	6.31	7.28
6.31	8.42	6.01	6.01	6.62	6.68
7.82	9.32	10.52	10.52	9.02	9.44
9.92	12.33	12.93	13.23	12.93	12.27
10.52	14.43	12.93	10.82	13.23	12.39
8.42	9.92	8.12	6.92	13.23	9.32
4.81	4.51	2.41	2.41	4.51	3.73
2.71	2.71	3.01	3.31	3.31	3.01
4.21	4.51	5.41	5.71	6.01	5.17
7.82	8.42	8.72	8.42	9.62	8.60
9.02	10.52	10.22	9.62	10.52	9.98
7.52	12.93	9.32	9.92	9.92	9.92
9.32	12.33	10.52	8.72	9.32	10.04
9.32	12.33	9.02	8.72	6.92	9.26

8.36 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 3.0 m entre mangueiras

					Média
7.82	6.92	6.62	8.72	6.31	7.28
6.31	8.42	6.01	6.01	6.62	6.68
7.82	9.32	10.52	10.52	9.02	9.44
9.92	12.33	12.93	13.23	12.93	12.27
10.52	14.43	12.93	10.82	13.23	12.39
9.92	11.43	10.22	9.02	15.33	11.19
9.02	9.02	7.82	8.12	10.52	8.90
9.02	9.62	9.62	9.62	10.82	9.74
9.02	10.52	10.22	9.62	10.52	9.98
7.52	12.93	9.32	9.92	9.92	9.92
9.32	12.33	10.52	8.72	9.32	10.04
9.32	12.33	9.02	8.72	6.92	9.26

9.76 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 43. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 4.0 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 2.5 m entre mangueiras

					Média
7.82	6.92	6.62	8.72	6.31	7.28
6.31	8.42	6.01	6.01	6.62	6.68
7.82	9.32	10.52	10.52	9.02	9.44
11.43	13.83	15.03	15.33	15.03	14.13
14.73	18.94	18.34	16.54	19.24	17.56
16.24	18.34	16.84	15.33	22.85	17.92
13.83	15.03	12.63	12.03	15.03	13.71
8.72	14.13	10.22	11.13	11.13	11.07
9.32	12.33	10.52	8.72	9.32	10.04
9.32	12.33	9.02	8.72	6.92	9.26
11.71 mm/h= Média geral da precipitação					

Espaçamento: 2.0 m entre mangueiras

					Média
7.82	6.92	6.62	8.72	6.31	7.28
7.82	9.92	8.12	8.12	8.72	8.54
12.03	13.83	15.94	16.24	15.03	14.61
17.74	20.75	21.65	21.65	22.55	20.87
19.54	24.96	23.15	20.45	23.75	22.37
15.94	22.85	17.44	16.84	23.15	19.24
14.13	16.84	12.93	11.13	13.83	13.77
10.52	13.53	9.92	9.92	8.12	10.40
14.64 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 44. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 6.0 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 4.5 m entre mangueiras

					Média
13.53	12.33	10.22	12.03	12.33	12.09
15.94	15.03	15.03	15.33	14.43	15.15
15.33	16.24	17.14	17.74	16.84	16.66
15.03	15.33	16.84	17.74	17.74	16.54
13.83	13.83	15.64	16.54	16.54	15.27
11.43	11.13	12.63	13.83	13.53	12.51
7.22	7.52	9.02	10.22	10.22	8.84
4.21	4.51	5.41	5.71	5.41	5.05
5.71	5.41	6.01	6.31	5.11	5.71
8.12	7.52	7.52	8.12	5.41	7.34
10.82	10.82	10.22	10.22	10.22	10.46
14.13	14.43	13.83	14.13	15.33	14.37
16.24	15.33	14.73	15.64	15.94	15.58
16.54	15.94	15.33	15.33	15.94	15.82
16.24	16.24	15.33	17.14	17.44	16.48
13.53	14.13	15.33	16.54	15.94	15.09
10.82	10.52	10.52	12.03	12.03	11.19
10.22	9.62	9.32	9.92	10.22	9.86

12.45 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 4.0 m entre mangueiras

					Média
13.53	12.33	10.22	12.03	12.33	12.09
15.94	15.03	15.03	15.33	14.43	15.15
15.33	16.24	17.14	17.74	16.84	16.66
15.03	15.33	16.84	17.74	17.74	16.54
13.83	13.83	15.64	16.54	16.54	15.27
11.43	11.13	12.63	13.83	13.53	12.51
9.92	9.92	11.73	12.93	12.33	11.37
10.22	10.22	11.13	11.73	9.02	10.46
13.83	13.83	13.53	13.83	13.23	13.65
16.24	16.24	15.64	16.24	17.14	16.30
16.24	15.33	14.73	15.64	15.94	15.58
16.54	15.94	15.33	15.33	15.94	15.82
16.24	16.24	15.33	17.14	17.44	16.48
13.53	14.13	15.33	16.54	15.94	15.09
10.82	10.52	10.52	12.03	12.03	11.19
10.22	9.62	9.32	9.92	10.22	9.86

14.00 mm/h= Média geral da precipitação

Labela 44. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 6.0 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 3.0 m. entre mangueiras

					Média
13.53	12.33	10.22	12.03	12.33	12.09
15.94	15.03	15.03	15.33	14.43	15.15
18.04	18.64	19.85	20.45	18.94	19.18
21.05	21.05	22.55	23.75	21.35	21.95
24.66	24.66	25.86	26.76	26.76	25.74
25.56	25.56	26.46	27.96	28.87	26.88
23.45	22.85	23.75	25.86	26.16	24.42
20.75	20.45	20.75	21.05	21.35	20.87
19.24	19.24	18.64	20.75	20.45	19.66
15.64	15.94	17.14	18.64	17.74	17.02
10.82	10.52	10.52	12.03	12.03	11.19
10.22	9.62	9.32	9.92	10.22	9.86

18.67 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 2.5 m entre mangueiras

					Média
16.24	14.73	12.93	14.73	14.43	14.61
21.95	20.75	20.75	21.35	18.04	20.57
26.16	27.06	27.36	27.96	27.06	27.12
29.17	29.77	30.67	31.87	33.08	30.91
30.07	29.17	30.37	32.17	32.47	30.85
27.96	27.06	27.96	29.17	29.47	28.32
23.45	23.75	24.36	27.36	27.66	25.32
17.74	18.64	20.75	22.25	21.35	20.15
13.83	13.53	13.83	15.64	15.03	14.37
12.33	11.43	11.13	12.03	12.03	11.79

22.40 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 45. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 6.0 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 4.5 m entre mangueiras

					Média
10.52	10.22	9.92	9.62	8.12	9.68
9.02	8.42	9.62	9.32	8.12	8.90
8.12	6.62	9.62	9.32	8.42	8.42
8.42	8.12	9.02	8.42	8.12	8.42
11.43	10.82	10.82	11.13	11.43	11.13
5.41	5.71	5.41	5.71	6.01	5.65
4.51	4.51	4.81	5.11	4.81	4.75
3.01	3.61	3.91	4.21	3.31	3.61
3.91	4.21	3.91	3.91	3.91	3.97
4.81	4.51	4.51	4.21	5.41	4.69
6.01	5.11	4.81	6.62	6.92	5.89
7.82	6.62	6.62	8.12	9.32	7.70
10.52	8.42	9.62	12.03	11.73	10.46
12.93	11.43	10.82	10.82	12.03	11.61
11.73	13.23	9.32	9.62	10.52	10.88
9.32	12.03	8.42	8.12	9.02	9.38
9.62	9.02	9.32	8.42	8.42	8.96
10.82	9.62	8.12	9.02	8.72	9.26
7.96 mm/h= Média geral da precipitação					

Espaçamento: 4.0 m entre mangueiras

					Média
10.52	10.22	9.92	9.62	8.12	9.68
9.02	8.42	9.62	9.32	8.12	8.90
8.12	6.62	9.62	9.32	8.42	8.42
8.42	8.12	9.02	8.42	8.12	8.42
11.43	10.82	10.82	11.13	11.43	11.13
5.41	5.71	5.41	5.71	6.01	5.65
6.01	6.01	6.31	6.31	6.31	6.19
6.62	6.92	7.22	7.22	7.52	7.10
8.42	7.82	7.22	9.32	9.32	8.42
9.02	7.82	7.82	9.32	10.52	8.90
10.52	8.42	9.62	12.03	11.73	10.46
12.93	11.43	10.82	10.82	12.03	11.61
11.73	13.23	9.32	9.62	10.52	10.88
9.32	12.03	8.42	8.12	9.02	9.38
9.62	9.02	9.32	8.42	8.42	8.96
10.82	9.62	8.12	9.02	8.72	9.26
8.96 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 45. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 6.0 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 3.0 m entre mangueiras

					Média
10.52	10.22	9.92	9.62	8.12	9.68
9.02	8.42	9.62	9.32	8.12	8.90
9.62	8.12	11.13	10.52	9.92	9.86
12.03	11.43	12.33	11.43	12.33	11.91
17.44	15.94	15.64	17.74	18.34	17.02
13.23	12.33	12.03	13.83	15.33	13.35
15.03	12.93	14.43	17.14	16.54	15.21
15.94	15.03	14.73	15.03	15.33	15.21
14.13	15.94	11.73	12.33	12.93	13.41
10.52	13.23	9.62	9.32	10.22	10.58
9.62	9.02	9.32	8.42	8.42	8.96
10.82	9.62	8.12	9.02	8.72	9.26

11.95 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 2.5 m entre mangueiras

					Média
12.03	11.73	11.43	10.82	9.62	11.13
12.63	11.73	12.93	12.33	12.33	12.39
14.13	11.73	14.43	15.94	15.33	14.31
16.24	14.73	15.64	16.54	17.44	16.12
21.95	19.24	20.45	23.15	23.15	21.59
18.34	17.14	16.24	16.54	18.04	17.26
16.24	17.74	14.13	14.73	15.33	15.64
12.33	15.64	12.33	12.33	12.33	12.99
12.03	11.73	11.73	11.13	10.82	11.49
12.03	10.82	9.32	10.22	9.92	10.46

14.34 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 46. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 6.0 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 4.5 m entre mangueiras

					Média
8.42	8.42	7.82	8.12	8.72	8.30
11.13	9.62	9.92	9.92	9.32	9.98
12.03	11.43	11.43	11.73	11.73	11.67
12.33	12.33	11.73	11.73	12.33	12.09
11.73	11.43	11.73	12.03	11.13	11.61
9.62	9.32	9.62	10.52	9.92	9.80
6.01	6.31	6.01	6.92	6.92	6.43
3.01	3.31	3.31	3.61	3.61	3.37
2.10	1.50	2.41	2.10	1.80	1.98
2.71	2.41	2.71	2.41	1.80	2.41
3.91	3.61	3.01	2.71	2.41	3.13
4.81	4.51	4.51	3.61	3.61	4.21
8.72	8.42	8.42	7.52	7.22	8.06
12.33	11.43	11.73	11.13	10.82	11.49
13.83	12.63	13.23	13.23	12.33	13.05
12.93	12.03	12.63	12.93	12.63	12.63
10.82	10.52	10.52	10.52	11.13	10.70
9.32	9.32	9.32	9.32	9.62	9.38

8.35 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 4.0 m entre mangueiras

					Média
8.42	8.42	7.82	8.12	8.72	8.30
11.13	9.62	9.92	9.92	9.32	9.98
12.03	11.43	11.43	11.73	11.73	11.67
12.33	12.33	11.73	11.73	12.33	12.09
11.73	11.43	11.73	12.03	11.13	11.61
9.62	9.32	9.62	10.52	9.92	9.80
6.01	6.31	6.01	6.92	6.92	6.43
4.81	5.11	5.11	5.11	4.81	4.99
6.01	5.11	5.41	4.81	4.21	5.11
5.71	5.11	5.41	4.51	4.21	4.99
8.72	8.42	8.42	7.52	7.22	8.06
12.33	11.43	11.73	11.13	10.82	11.49
13.83	12.63	13.23	13.23	12.33	13.05
12.93	12.03	12.63	12.93	12.63	12.63
10.82	10.52	10.52	10.52	11.13	10.70
9.32	9.32	9.32	9.32	9.62	9.38

9.39 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 46. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark 11 de acordo com os espaçamentos
Pressão: 6.0 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 3.0 m entre mangueiras

					Média
8.42	8.42	7.82	8.12	8.72	8.30
11.13	9.62	9.92	9.92	9.32	9.98
12.03	11.43	11.43	11.73	11.73	11.67
14.13	14.13	13.53	13.23	13.53	13.71
15.64	15.03	14.73	14.73	13.53	14.73
14.43	13.83	14.13	14.13	13.53	14.01
14.73	14.73	14.43	14.43	14.13	14.49
15.33	14.73	15.03	14.73	14.43	14.85
15.94	14.13	15.64	15.33	14.13	15.03
13.83	12.63	13.53	13.83	13.23	13.41
10.82	10.52	10.52	10.52	11.13	10.70
9.32	9.32	9.32	9.32	9.62	9.38

12.52 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 2.5 m entre mangueiras

					Média
8.42	8.42	7.82	8.12	8.72	8.30
12.93	11.43	11.73	11.43	10.52	11.61
15.94	15.03	14.43	14.43	14.13	14.79
17.14	16.84	16.24	15.33	15.94	16.30
20.45	19.85	20.15	19.54	18.34	19.66
21.95	20.75	21.35	21.65	20.75	21.29
19.85	18.94	19.24	20.15	19.24	19.48
15.94	15.33	15.94	16.54	16.24	16.00
12.93	12.03	12.93	12.63	12.93	12.69
10.22	9.92	10.22	10.22	10.22	10.16

15.03 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 4/. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Inicial
 Espaçamento: 5.5 m. entre mangueiras

					Média
12.03	12.33	11.43	11.13	10.82	11.55
15.03	14.13	13.83	13.23	12.63	13.77
15.64	16.84	17.74	18.04	17.14	17.08
15.03	17.14	18.04	17.14	17.44	16.96
14.43	15.94	18.04	16.84	17.14	16.48
12.63	14.43	15.64	17.14	17.44	15.46
10.22	12.33	13.23	15.03	15.94	13.35
7.22	9.32	10.82	12.93	13.83	10.82
5.41	5.71	7.22	9.02	10.82	7.64
3.61	4.21	4.51	5.41	6.01	4.75
3.61	3.61	3.91	4.21	4.51	3.97
6.01	5.11	4.51	4.21	4.21	4.81
8.72	9.02	7.82	7.22	6.31	7.82
12.93	13.23	12.03	10.82	10.22	11.85
15.64	16.84	15.03	13.23	13.53	14.85
17.14	18.04	16.84	15.64	15.33	16.60
17.74	18.04	18.04	17.44	16.54	17.56
17.14	18.04	17.74	17.74	17.74	17.68
14.73	17.44	16.54	17.44	18.34	16.90
11.13	12.33	13.53	15.64	16.24	13.77
11.43	12.03	12.93	12.63	13.23	12.45
11.73	11.43	12.03	11.43	11.73	11.67
12.63 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 47. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 4.5 m entre mangueiras

					Média
12.03	12.33	11.43	11.13	10.82	11.55
15.03	14.13	13.83	13.23	12.63	13.77
15.64	16.84	17.74	18.04	17.14	17.08
15.03	17.14	18.04	17.14	17.44	16.96
14.43	15.94	18.04	16.84	17.14	16.48
12.63	14.43	15.64	17.14	17.44	15.46
11.73	13.53	14.73	16.24	17.14	14.67
12.03	13.23	14.13	15.64	16.84	14.37
14.13	14.73	15.03	16.24	17.14	15.46
16.54	17.44	16.54	16.24	16.24	16.60
17.74	19.24	17.44	16.24	16.84	17.50
18.34	19.24	18.04	17.14	16.54	17.86
17.74	18.04	18.04	17.44	16.54	17.56
17.14	18.04	17.74	17.74	17.74	17.68
14.73	17.44	16.54	17.44	18.34	16.90
11.13	12.33	13.53	15.64	16.24	13.77
11.43	12.03	12.93	12.63	13.23	12.45
11.73	11.43	12.03	11.43	11.73	11.67
15.43 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 47. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 3.5 m entre mangueiras

					Média
12.03	12.33	11.43	11.13	10.82	11.55
15.03	14.13	13.83	13.23	12.63	13.77
17.14	18.04	19.24	19.24	18.34	18.40
19.85	21.05	21.35	19.85	20.45	20.51
23.15	24.96	25.86	24.05	23.45	24.30
25.56	27.66	27.66	27.96	27.66	27.30
25.86	29.17	28.26	28.26	29.47	28.20
24.36	27.36	27.66	28.57	29.17	27.42
23.15	23.75	25.26	26.46	27.36	25.20
20.75	22.25	22.25	23.15	23.75	22.43
16.84	19.85	18.94	20.45	21.65	19.54
12.33	13.53	14.73	17.14	17.44	15.03
11.43	12.03	12.93	12.63	13.23	12.45
11.73	11.43	12.03	11.43	11.73	11.67

19.84 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 3.0 m entre mangueiras

					Média
13.53	13.53	12.93	12.33	12.03	12.87
19.85	18.04	17.14	15.94	15.64	17.32
24.36	25.86	25.56	25.26	23.45	24.90
27.96	30.37	30.07	27.96	27.66	28.81
30.07	32.77	33.08	30.07	30.67	31.33
29.77	32.47	32.47	32.77	32.77	32.05
27.96	30.37	31.27	32.47	32.47	30.91
24.36	27.36	28.57	30.67	31.57	28.50
20.15	23.15	23.75	26.46	29.17	24.54
14.73	16.54	18.04	21.05	22.25	18.52
13.53	14.43	15.33	15.64	16.54	15.09
12.93	12.63	13.23	12.93	12.93	12.93

23.15 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 48. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Meio
 Espaçamento: 5.5 m entre mangueiras

					Media
9.32	8.72	9.32	9.32	9.62	9.26
10.82	9.62	11.73	11.13	10.82	10.82
13.83	12.03	13.23	11.13	11.43	12.33
13.23	9.62	12.03	11.73	10.22	11.37
14.13	10.52	10.52	9.32	9.92	10.88
11.73	10.22	10.52	9.02	9.02	10.10
8.42	8.72	8.42	7.22	7.22	8.00
4.21	5.71	5.71	3.91	4.81	4.87
3.01	3.61	3.31	3.01	3.01	3.19
1.80	2.10	2.10	1.80	2.10	1.98
1.20	1.20	1.20	1.20	1.50	1.26
1.50	1.20	1.50	1.80	1.80	1.56
2.71	2.71	3.01	3.01	3.01	2.89
3.31	3.01	3.31	3.91	3.31	3.37
5.41	3.91	3.61	5.11	3.61	4.33
11.13	7.52	6.62	8.12	8.12	8.30
10.22	9.92	10.22	10.52	10.52	10.28
11.73	11.43	12.33	12.33	12.33	12.03
12.93	12.33	12.63	12.03	12.33	12.45
12.03	11.73	9.92	11.13	11.43	11.25
11.13	10.52	10.52	10.22	10.22	10.52
9.32	9.32	9.62	9.92	9.92	9.62
7.76 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 48. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 4.5 m entre mangueiras

					Média
9.32	8.72	9.32	9.32	9.62	9.26
10.82	9.62	11.73	11.13	10.82	10.82
13.83	12.03	13.23	11.13	11.43	12.33
13.23	9.62	12.03	11.73	10.22	11.37
14.13	10.52	10.52	9.32	9.92	10.88
11.73	10.22	10.52	9.02	9.02	10.10
8.42	8.72	8.42	7.22	7.22	8.00
5.71	6.92	7.22	5.71	6.62	6.43
5.71	6.31	6.31	6.01	6.01	6.07
5.11	5.11	5.41	5.71	5.41	5.35
6.62	5.11	4.81	6.31	5.11	5.59
11.13	7.52	6.62	8.12	8.12	8.30
10.22	9.92	10.22	10.52	10.52	10.28
11.73	11.43	12.33	12.33	12.33	12.03
12.93	12.33	12.63	12.03	12.33	12.45
12.03	11.73	9.92	11.13	11.43	11.25
11.13	10.52	10.52	10.22	10.22	10.52
9.32	9.32	9.62	9.92	9.92	9.62

9.48 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 48. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark 11 de acordo com os espaçamentos
Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 3.5 m entre mangueiras

					Média
9.32	8.72	9.32	9.32	9.62	9.26
10.82	9.62	11.73	11.13	10.82	10.82
13.83	12.03	13.23	11.13	11.43	12.33
14.73	10.82	13.53	13.53	12.03	12.93
16.84	13.23	13.53	12.33	12.93	13.77
15.03	13.23	13.83	12.93	12.33	13.47
13.83	12.63	12.03	12.33	10.82	12.33
15.33	13.23	12.33	12.03	12.93	13.17
13.23	13.53	13.53	13.53	13.53	13.47
13.53	13.53	14.43	14.13	14.43	14.01
14.13	13.53	13.83	13.23	13.83	13.71
12.03	11.73	9.92	11.13	11.43	11.25
11.13	10.52	10.52	10.22	10.22	10.52
9.32	9.32	9.62	9.92	9.92	9.62
12.19 mm/h= Média geral da precipitação					

Espaçamento: 3.0 m entre mangueiras

					Média
9.32	8.72	9.32	9.32	9.62	9.26
12.33	10.82	13.23	12.93	12.63	12.39
16.54	14.73	16.24	14.13	14.43	15.21
16.54	12.63	15.33	15.64	13.53	14.73
19.54	14.43	14.13	14.43	13.53	15.21
22.85	17.74	17.14	17.14	17.14	18.40
18.64	18.64	18.64	17.74	17.74	18.28
15.94	17.14	18.04	16.24	17.14	16.90
15.94	15.94	15.94	15.03	15.33	15.64
13.83	13.83	12.03	12.93	13.53	13.23
12.33	11.73	11.73	11.43	11.73	11.79
9.32	9.32	9.62	9.92	9.92	9.62
14.22 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 49. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 5.5 m

					Média
10.22	9.62	9.32	9.32	9.62	9.62
10.52	9.62	9.62	9.92	10.22	9.98
10.82	9.92	10.22	10.22	11.13	10.46
11.73	10.52	10.52	11.13	12.33	11.25
11.73	10.82	10.82	11.73	12.03	11.43
10.82	10.52	10.52	10.52	10.82	10.64
9.02	9.02	9.02	8.72	8.72	8.90
6.01	6.31	6.31	6.01	5.11	5.95
4.51	4.81	5.11	3.61	3.31	4.27
2.10	2.41	1.80	2.41	2.10	2.16
1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	1.08
1.20	0.90	1.20	1.20	0.90	1.08
1.80	1.80	2.10	1.80	2.10	1.92
2.41	2.71	3.01	3.61	3.61	3.07
3.61	3.91	3.61	4.51	4.51	4.03
6.62	0.90	6.62	6.92	7.52	5.71
9.32	9.92	9.62	10.52	10.82	10.04
12.03	12.03	11.73	12.63	13.23	12.33
13.23	13.23	12.63	13.23	13.83	13.23
13.23	12.63	12.93	12.63	13.23	12.93
11.43	10.82	10.52	11.13	10.82	10.94
10.52	9.32	9.62	10.22	10.52	10.04
7.78 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 49. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Final
 Espaçamento: 4.5 m entre mangueiras

					Média
10.22	9.62	9.32	9.32	9.62	9.62
10.52	9.62	9.62	9.92	10.22	9.98
10.82	9.92	10.22	10.22	11.13	10.46
11.73	10.52	10.52	11.13	12.33	11.25
11.73	10.82	10.82	11.73	12.03	11.43
10.82	10.52	10.52	10.52	10.82	10.64
9.02	9.02	9.02	8.72	8.72	8.90
7.22	7.22	7.52	7.22	6.01	7.04
6.31	6.62	7.22	5.41	5.41	6.19
4.51	5.11	4.81	6.01	5.71	5.23
4.81	5.11	4.81	5.41	5.41	5.11
6.62	0.90	6.62	6.92	7.52	5.71
9.32	9.92	9.62	10.52	10.82	10.04
12.03	12.03	11.73	12.63	13.23	12.33
13.23	13.23	12.63	13.23	13.83	13.23
13.23	12.63	12.93	12.63	13.23	12.93
11.43	10.82	10.52	11.13	10.82	10.94
10.52	9.32	9.62	10.22	10.52	10.04

9.50 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 49. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 8.0 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 3.5 m entre mangueiras

					Média
10.22	9.62	9.32	9.32	9.62	9.62
10.52	9.62	9.62	9.92	10.22	9.98
10.82	9.92	10.22	10.22	11.13	10.46
12.93	11.43	11.73	12.33	13.23	12.33
13.53	12.63	12.93	13.53	14.13	13.35
13.23	13.23	13.53	14.13	14.43	13.71
12.63	12.93	12.63	13.23	13.23	12.93
12.63	7.22	12.93	12.93	12.63	11.67
13.83	14.73	14.73	14.13	14.13	14.31
14.13	14.43	13.53	15.03	15.33	14.49
14.43	14.43	13.83	14.13	14.73	14.31
13.23	12.63	12.93	12.63	13.23	12.93
11.43	10.82	10.52	11.13	10.82	10.94
10.52	9.32	9.62	10.22	10.52	10.04

12.22 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 3.0 m entre mangueiras

					Média
10.22	9.62	9.32	9.32	9.62	9.62
11.73	10.52	10.82	11.13	11.13	11.07
12.63	11.73	12.33	12.03	13.23	12.39
14.13	13.23	13.53	14.73	15.94	14.31
15.33	14.73	14.43	16.24	16.54	15.46
17.44	11.43	17.14	17.44	18.34	16.36
18.34	18.94	18.64	19.24	19.54	18.94
18.04	18.34	18.04	18.64	18.34	18.28
17.74	18.04	17.74	16.84	17.14	17.50
15.33	15.03	14.73	15.03	15.33	15.09
12.63	12.03	11.73	12.03	11.73	12.03
10.52	9.32	9.62	10.22	10.52	10.04

14.26 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 50. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 10 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 6.5 m entre mangueiras

					Média
12.93	10.52	10.52	10.82	10.82	11.13
10.52	10.82	11.13	11.73	12.33	11.31
12.03	12.93	13.23	14.13	15.33	13.53
14.43	12.93	15.33	17.74	19.54	16.00
16.54	15.33	17.74	18.94	19.54	17.62
20.15	18.94	20.15	20.15	20.15	19.91
20.15	20.45	19.24	20.15	19.85	19.97
20.75	18.94	18.04	20.75	22.55	20.21
18.34	16.54	15.94	18.04	19.54	17.68
15.64	12.93	12.33	14.73	15.94	14.31
12.03	8.72	8.72	10.82	12.03	10.46
8.42	6.01	5.11	6.01	7.22	6.55
6.01	4.81	5.41	4.81	5.11	5.23
3.91	3.01	3.61	3.91	4.21	3.73
1.80	2.41	3.31	4.51	4.51	3.31
3.31	4.81	7.22	9.62	9.62	6.92
3.61	9.32	14.13	16.54	14.43	11.61
6.31	14.43	19.24	17.74	17.14	14.97
12.33	17.74	20.45	18.94	19.54	17.80
16.54	17.14	18.94	17.44	18.94	17.80
16.54	17.14	18.94	17.44	18.64	17.74
16.84	18.94	18.94	18.94	20.75	18.88
17.14	18.94	19.54	19.54	20.45	19.12
16.84	19.24	20.45	20.75	20.15	19.48
18.04	17.14	16.54	18.34	19.24	17.86
15.94	14.43	14.13	12.33	10.52	13.47
14.10 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 50. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 10 m.c.a Trecho: Inicial

Espaçamento: 5.5 m entre mangueiras

					Média
12.93	10.52	10.52	10.82	10.82	11.13
10.52	10.82	11.13	11.73	12.33	11.31
12.03	12.93	13.23	14.13	15.33	13.53
14.43	12.93	15.33	17.74	19.54	16.00
16.54	15.33	17.74	18.94	19.54	17.62
20.15	18.94	20.15	20.15	20.15	19.91
20.15	20.45	19.24	20.15	19.85	19.97
20.75	18.94	18.04	20.75	22.55	20.21
19.54	18.04	18.04	19.54	21.05	19.24
17.14	14.43	14.73	17.44	18.64	16.48
13.83	11.13	12.03	15.33	16.54	13.77
11.73	10.82	12.33	15.64	16.84	13.47
8.42	12.63	17.44	19.85	18.04	15.27
8.72	15.94	20.45	18.94	18.64	16.54
12.33	17.74	20.45	18.94	19.54	17.80
16.54	17.14	18.94	17.44	18.94	17.80
16.54	17.14	18.94	17.44	18.64	17.74
16.84	18.94	18.94	18.94	20.75	18.88
17.14	18.94	19.54	19.54	20.45	19.12
16.84	19.24	20.45	20.75	20.15	19.48
18.04	17.14	16.54	18.34	19.24	17.86
15.94	14.43	14.13	12.33	10.52	13.47
16.66 mm/h = Média geral da precipitação					

Tabela 50. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 10 m.c.a. Trecho: Inicial

Espaçamento: 4.5 m entre mangueiras

					Média
12.93	10.52	10.52	10.82	10.82	11.13
10.52	10.82	11.13	11.73	12.33	11.31
12.03	12.93	13.23	14.13	15.33	13.53
14.43	12.93	15.33	17.74	19.54	16.00
17.74	16.84	19.85	20.45	21.05	19.18
21.65	20.45	22.55	22.85	22.85	22.07
21.95	22.85	22.55	24.66	24.36	23.27
24.05	23.75	25.26	30.37	32.17	27.12
21.95	25.86	30.07	34.58	33.98	29.29
21.95	27.36	31.57	32.47	33.08	29.29
24.36	26.46	29.17	29.77	31.57	28.26
24.96	23.15	24.05	23.45	26.16	24.36
21.35	20.45	22.25	20.75	22.25	21.41
19.24	20.45	20.15	20.15	22.25	20.45
17.14	18.94	19.54	19.54	20.45	19.12
16.84	19.24	20.45	20.75	20.15	19.48
18.04	17.14	16.54	18.34	19.24	17.86
15.94	14.43	14.13	12.33	10.52	13.47

20.37 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 3.5 m entre mangueiras

					Média
14.13	12.03	12.63	12.33	12.33	12.69
12.03	12.33	13.53	14.43	15.03	13.47
13.83	15.33	16.54	18.64	19.85	16.84
17.74	17.74	22.55	27.36	29.17	22.91
20.15	24.66	31.87	35.48	33.98	29.23
26.46	33.38	39.39	37.89	37.28	34.88
32.47	38.19	39.69	39.09	39.39	37.77
37.28	36.08	36.98	38.19	41.49	38.01
34.88	33.68	34.88	35.48	38.19	35.42
32.47	31.87	31.27	33.68	36.68	33.20
29.17	27.66	28.26	30.37	32.47	29.59
25.26	25.26	25.56	26.76	27.36	26.04
22.85	20.45	19.85	21.65	22.85	21.53
18.34	15.94	15.33	13.53	12.03	15.03

26.19 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 51. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 10 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 6.5 m entre mangueiras

					Média
9.92	9.92	9.92	10.22	10.82	10.16
9.62	9.32	9.32	9.32	9.32	9.38
9.92	9.32	9.32	9.62	9.32	9.50
11.73	11.43	11.43	10.82	11.43	11.37
11.73	11.73	11.73	11.73	12.03	11.79
11.43	10.82	10.82	11.73	11.73	11.31
11.43	9.92	10.52	10.82	10.82	10.70
9.92	9.32	9.32	9.92	9.92	9.68
8.12	8.12	8.12	8.42	8.72	8.30
5.41	6.01	6.31	6.31	6.62	6.13
3.31	3.31	4.21	4.21	4.51	3.91
1.80	2.10	2.41	2.41	2.41	2.23
1.50	1.50	1.20	1.20	1.50	1.38
0.90	1.20	0.90	0.90	1.20	1.02
1.50	1.50	1.20	1.20	1.50	1.38
2.71	2.71	2.71	2.41	2.71	2.65
3.01	3.31	3.01	3.01	3.01	3.07
4.21	3.91	3.61	3.61	3.91	3.85
5.11	5.11	4.51	4.51	4.51	4.75
5.71	5.41	6.01	4.81	6.01	5.59
6.62	7.22	6.62	6.62	6.62	6.74
9.32	9.32	9.02	9.02	9.02	9.14
10.82	9.62	9.92	10.82	10.82	10.40
11.73	11.43	11.73	11.43	12.33	11.73
11.73	12.33	12.33	11.73	12.33	12.09
10.82	11.43	11.73	11.43	11.73	11.43

7.30 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 51. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 10 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 5.5 m entre mangueiras

					Média
9.92	9.92	9.92	10.22	10.82	10.16
9.62	9.32	9.32	9.32	9.32	9.38
9.92	9.32	9.32	9.62	9.32	9.50
11.73	11.43	11.43	10.82	11.43	11.37
11.73	11.73	11.73	11.73	12.03	11.79
11.43	10.82	10.82	11.73	11.73	11.31
11.43	9.92	10.52	10.82	10.82	10.70
9.92	9.32	9.32	9.92	9.92	9.68
8.12	8.12	8.12	8.42	8.72	8.30
6.31	7.22	7.22	7.22	7.82	7.16
4.81	4.81	5.41	5.41	6.01	5.29
4.51	4.81	5.11	4.81	5.11	4.87
4.21	4.21	4.21	3.91	4.21	4.15
4.21	3.91	3.61	3.61	3.91	3.85
5.11	5.11	4.51	4.51	4.51	4.75
5.71	5.41	6.01	4.81	6.01	5.59
6.62	7.22	6.62	6.62	6.62	6.74
9.32	9.32	9.02	9.02	9.02	9.14
10.82	9.62	9.92	10.82	10.82	10.40
11.73	11.43	11.73	11.43	12.33	11.73
11.73	12.33	12.33	11.73	12.33	12.09
10.82	11.43	11.73	11.43	11.73	11.43
8.61 mm/h= Média geral da precipitação					

Labela 51. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 10 m.c.a Trecho: Meio

Espaçamento: 4.5 m entre mangueiras

					Média
9.92	9.92	9.92	10.22	10.82	10.16
9.62	9.32	9.32	9.32	9.32	9.38
9.92	9.32	9.32	9.62	9.32	9.50
11.73	11.43	11.43	10.82	11.43	11.37
11.73	11.73	11.73	11.73	12.03	11.79
12.33	12.03	11.73	12.63	12.93	12.33
12.93	11.43	11.73	12.03	12.33	12.09
12.63	12.03	12.03	12.33	12.63	12.33
11.13	11.43	11.13	11.43	11.73	11.37
9.62	9.92	9.92	9.92	10.52	9.98
8.42	8.42	8.72	8.72	9.02	8.66
7.52	7.52	8.42	7.22	8.42	7.82
7.82	8.12	7.82	7.52	7.82	7.82
9.32	9.32	9.02	9.02	9.02	9.14
10.82	9.62	9.92	10.82	10.82	10.40
11.73	11.43	11.73	11.43	12.33	11.73
11.73	12.33	12.33	11.73	12.33	12.09
10.82	11.43	11.73	11.43	11.73	11.43

10.52 mm/h= Média geral da precipitação
Espaçamento: 3.5 m entre mangueiras

					Média
9.92	9.92	9.92	10.22	10.82	10.16
10.52	10.52	10.22	10.22	10.52	10.40
11.43	10.82	10.52	10.82	10.82	10.88
14.43	14.13	14.13	13.23	14.13	14.01
14.73	15.03	14.73	14.73	15.03	14.85
15.64	14.73	14.43	15.33	15.64	15.15
16.54	15.03	15.03	15.33	15.33	15.46
15.64	14.73	15.33	14.73	15.94	15.27
14.73	15.33	14.73	15.03	15.33	15.03
14.73	15.33	15.33	15.33	15.64	15.27
14.13	12.93	14.13	15.03	15.33	14.31
13.53	13.53	14.13	13.83	14.73	13.95
12.93	13.23	13.53	12.63	13.53	13.17
10.82	11.43	11.73	11.43	11.73	11.43

13.73 mm/h= Média geral da precipitação

Tabela 52. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark II de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 10 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 6.5 m entre mangueiras

					Média
12.63	12.33	10.82	10.22	11.73	11.55
15.94	14.13	13.23	12.03	10.82	13.23
16.54	17.44	15.94	15.33	14.43	15.94
15.94	16.54	17.14	17.14	17.44	16.84
14.73	15.03	17.14	17.74	18.04	16.54
12.33	12.33	16.24	16.24	16.84	14.79
9.32	9.02	13.23	13.83	13.83	11.85
6.01	5.41	9.62	9.02	10.82	8.18
4.51	4.51	5.71	6.01	6.31	5.41
3.31	3.61	3.91	4.51	4.21	3.91
2.41	2.10	2.41	2.71	2.41	2.41
1.80	1.50	1.50	1.80	1.80	1.68
0.90	0.60	0.90	0.60	0.90	0.78
0.90	0.90	0.60	0.60	0.90	0.78
1.50	1.80	1.80	1.80	1.50	1.68
2.10	2.41	2.41	2.10	2.41	2.29
3.31	3.01	3.01	3.31	3.61	3.25
5.41	5.11	5.11	4.81	4.81	5.05
9.02	8.12	7.82	8.72	8.12	8.36
12.33	12.03	11.43	12.03	12.03	11.97
16.54	15.64	15.33	15.33	16.24	15.82
19.24	17.44	17.74	18.04	18.34	18.16
15.03	15.94	15.94	15.64	16.24	15.76
13.53	12.63	12.63	12.33	13.23	12.87
10.82	10.52	10.22	9.92	10.22	10.34
10.22	9.62	8.72	8.42	8.42	9.08
9.17 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 52. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
 Mark 11 de acordo com os espaçamentos
 Pressão: 10 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 5.5 m entre mangueiras

					Média
12.63	12.33	10.82	10.22	11.73	11.55
15.94	14.13	13.23	12.03	10.82	13.23
16.54	17.44	15.94	15.33	14.43	15.94
15.94	16.54	17.14	17.14	17.44	16.84
14.73	15.03	17.14	17.74	18.04	16.54
12.33	12.33	16.24	16.24	16.84	14.79
9.32	9.02	13.23	13.83	13.83	11.85
6.01	5.41	9.62	9.02	10.82	8.18
4.51	4.51	5.71	6.01	6.31	5.41
4.21	4.51	4.51	5.11	5.11	4.69
3.91	3.91	4.21	4.51	3.91	4.09
3.91	3.91	3.91	3.91	4.21	3.97
4.21	3.61	3.91	3.91	4.51	4.03
5.41	5.11	5.11	4.81	4.81	5.05
9.02	8.12	7.82	8.72	8.12	8.36
12.33	12.03	11.43	12.03	12.03	11.97
16.54	15.64	15.33	15.33	16.24	15.82
19.24	17.44	17.74	18.04	18.34	18.16
15.03	15.94	15.94	15.64	16.24	15.76
13.53	12.63	12.63	12.33	13.23	12.87
10.82	10.52	10.22	9.92	10.22	10.34
10.22	9.62	8.72	8.42	8.42	9.08
10.84 mm/h= Média geral da precipitação					

Tabela 52. Dados de precipitação (mm/h) do tubo Sumi Sansui
Mark II de acordo com os espaçamentos
Pressão: 10 m.c.a Trecho: Final

Espaçamento: 4.5 m entre mangueiras

					Média
12.63	12.33	10.82	10.22	11.73	11.55
15.94	14.13	13.23	12.03	10.82	13.23
16.54	17.44	15.94	15.33	14.43	15.94
15.94	16.54	17.14	17.14	17.44	16.84
14.73	15.03	17.14	17.74	18.04	16.54
13.23	13.23	16.84	16.84	17.74	15.58
10.82	10.82	15.03	15.64	15.33	13.53
8.12	7.82	12.03	11.13	13.23	10.46
7.82	7.52	8.72	9.32	9.92	8.66
8.72	8.72	9.02	9.32	9.02	8.96
11.43	10.22	10.22	11.43	10.52	10.76
14.13	13.53	12.93	13.83	13.83	13.65
17.44	16.24	16.24	15.94	17.14	16.60
19.24	17.44	17.74	18.04	18.34	18.16
15.03	15.94	15.94	15.64	16.24	15.76
13.53	12.63	12.63	12.33	13.23	12.87
10.82	10.52	10.22	9.92	10.22	10.34
10.22	9.62	8.72	8.42	8.42	9.08

13.25 mm/h= Média geral da precipitação

Espaçamento: 3.5 m entre mangueiras

					Média
12.63	12.33	10.82	10.22	11.73	11.55
16.84	15.03	13.83	12.63	11.73	14.01
18.04	19.24	17.74	17.14	15.94	17.62
18.04	18.94	19.54	19.24	19.85	19.12
18.04	18.04	20.15	21.05	21.65	19.79
17.74	17.44	21.35	21.05	21.65	19.85
18.34	17.14	21.05	22.55	21.95	20.21
18.34	17.44	21.05	21.05	22.85	20.15
21.05	20.15	21.05	21.35	22.55	21.23
22.55	21.05	21.65	22.55	22.55	22.07
17.44	18.04	18.34	18.34	18.64	18.16
15.33	14.13	14.13	14.13	15.03	14.55
11.73	11.13	11.13	10.52	11.13	11.13
10.22	9.62	8.72	8.42	8.42	9.08

17.04 mm/h= Média geral da precipitação

Versão do Programa Utilizado para Calcular o Fator de Redução de Perda de Carga F e o Comprimento Máximo da Tubulação Perfurada em Linguagem Basic.

```

10 CLS
20 DIM F(5000)
30 REM programa para calculo de F e comprimento maximo
40 REM da tubulacao perfurada a laser Sumi Sansui
50 REM entrada de dados
60 PRINT "Entre com os dados da equacao vazao x perda de carga do tubo"
70 PRINT "da forma Hf=K1.Q.exp x"
80 K1=.0823
90 X=1.6686
100 PRINT "entre com os dados da equacao vazao x pressao"
110 PRINT "da forma q = a.H.exp b"
120 A=.000447
130 B=.5491
140 PRINT "entre com o espacamento entre emissores"
150 E=.15
160 PRINT "entre com a pressao de servico media"
170 INPUT "Ps = ";PS
180 PRINT "entre com o criterio da maxima variacao de pressao permisivel"
190 INPUT "Cr = ";CR
200 REM calculo da pressao no inicio e final da linha
210 P1 = PS+(3/4)*(PS*CR)
220 PF = PS-(1/4)*(PS*CR)
230 REM calculo da
240 H=PF
250 I=0
260 QP=A*(H+HFA)^B
270 Q=Q+QP
280 HF=E*K1*Q^X
290 HFA=HFA+HF
300 I=I+1
310 HFI=E*I*K1*Q^X
320 F(I)=HFA/HFI
330 IF PS+HFA(P1 THEN GOTO 260
340 LPRINT "maximo comprimento da linha e ";E*I
350 LPRINT;"pressao no inicio = ";P1
360 LPRINT;"pressao no final = ";PF
370 INPUT RR
380 LPRINT;" N";TAB(6);"F"
390 FOR J=0 TO 1 STEP 5
400 F(J)=INT((10000*F(J)+.5))/10000
410 LPRINT;J;TAB(6);F(J)
420 NEXT J
430 F(1)=INT((10000*F(1)+.5))/10000
440 LPRINT;1;TAB(6);F(1)
450 END

```