

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

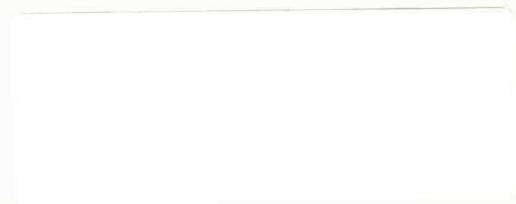
"CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE LINHAS LATERAIS, EM SISTEMAS LOCALIZADOS, QUE UTILIZAM MICROTUBOS DE TAMANHO VARIADO COMO EMISORES".

Paulo José de Carvalho e Silva
Engenheiro Agrícola

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

SETEMBRO - 1987

1. Introdução
2. Objetivos
3. Metodologia
4. Resultados - dados
5. Conclusões e recomendações
6. Bibliografia



"CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE LINHAS LATERAIS, EM SISTEMAS LOCALIZADOS, QUE UTILIZAM MICROTUBOS DE TAMANHO VARIADO COMO EMISSORES".

PAULO JOSÉ DE CARVALHO E SILVA

"CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE LINHAS LATERAIS, EM SISTEMAS LOCALIZADOS, QUE UTILIZAM MICROTUBOS DE TAMANHO VARIADO COMO EMISORES".

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS

SUB-ÁREA: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO

ORIENTADOR: RICARDO AUGUSTO LOPES BRITO - CNPMS/EMBRAPA

CO-ORIENTADOR: HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO - DEAg/UFPb

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

SETEMBRO - 1987



S586c Silva, Paulo Jose de Carvalho e
Caracterizacao hidraulica de linhas laterais, em sistemas localizados, que utilizam microtubos de tamanho variado como emissores / Paulo Jose de Carvalho e Silva. - Campina Grande, 1987.
137 f.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Irrigacao - 2. Tubulacoes Laterais - 3. Microtubos 4. Irrigacao - 5. Recursos Hidricos 6. Engenharia de Irrigacao 7. Engenharia Civil 8. Dissertacao I. Brito, Ricardo Augusto Lopes, Dr. II. Azevedo, Hamilton Medeiros de, M.Sc. III. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) IV. Titulo

CDU 631.67(043)

"CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE LINHAS LATERAIS, EM SISTEMAS LOCALIZADOS, QUE UTILIZAM MICROTUBOS DE TAMANHO VARIADO COMO EMISSORES".

PAULO JOSÉ DE CARVALHO E SILVA
ENGENHEIRO AGRÍCOLA


DISSERTAÇÃO APROVADA

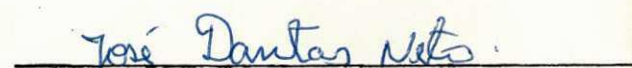
Em 23 de setembro de 1987.

COMISSÃO:


RICARDO AUGUSTO LOPES BRITO-PhD
PRESIDENTE


ANA MARIA VILAR CAMPOS CATÃO-MSc
EXAMINADOR


HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO-MSc
EXAMINADOR


JOSÉ DANTAS NETO - MSc
EXAMINADOR

CAMPINA GRANDE - PB

SETEMBRO-1987

1

"Assim como os antigos moralistas escreviam máximas, deu-me vontade de escrever o que se poderia chamar de mínimas, ou seja, alguma coisa que, ajustada às limitações de meu engenho, traduzisse um tipo de experiência vivida, que não chega a alcançar a sabedoria, mas que, de qualquer modo, é resultado de viver ..."

CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE

O autor dedica este trabalho a:

Minha mãe DINÁ, incansável na luta
pelo desenvolvimento moral e intelectual dos seus filhos.

Meu pai ANTONINO e
minha irmã MARISA - "IN MEMORIUM"

E a todos os seus familiares e amigos.

A HELOISA, pelo apoio, compreen
são e carinho que me dedicou du
rante o andamento deste traba -
lho.

AGRADECIMENTOS

Tributo aqui a minha gratidão às pessoas e entidades que contribuíram decisivamente para a consecução deste trabalho.

A COMPANHIA DE ENGENHARIA RURAL DA BAHIA - CERB, pela oportunidade oferecida e efetiva contribuição para conclusão deste trabalho.

A UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, através do Departamento de Engenharia Agrícola, e aos professores HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO e FRANCISCO MONTE ALVERNE DE SALES SAMPAIO, pelo apoio, sugestões, e incentivos constantes que me dedicaram durante o desenvolvimento deste trabalho.

A RICARDO AUGUSTO LOPES BRITO - CNPMS/EMBRAPA, que solidária, sincera e objetivamente orientou este trabalho.

A WASHINGTON LUIZ DE CARVALHO E SILVA - CNPH/EMBRAPA e CREUSA MARIA DE LUCENA SOUTO - NPD/UFPb, pela inestimável contribuição na parte de desenvolvimento e elaboração do programa computacional e processamento de dados.

A RICARDO NÓBREGA PEDROSA, pela valiosa e imprescindível, contribuição voluntária, na fase de testes de laboratório e ainda pelas sugestões apresentadas.

Ao amigo e companheiro de lutas, MARCOS ANTONIO DA SILVA, pelo apoio, incentivo e amizade despretenciosa durante o desenvolvimento deste trabalho e toda nossa convivência.

A todos os professores, pesquisadores e funcionários do LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO - LEI/DEAg/UFPb, pela amizade e apoio durante todo o andamento do trabalho, especialmente ao SR. CARLOS BEDIALLI MENTONI, exemplo de probidade, competência e dedicação a família e ao trabalho.

A JAIME MÂNCIO BARBOZA NETO, pelo excelente trabalho datilográfico.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma, para a efetivação deste trabalho.

ÍNDICE

1	-	INTRODUÇÃO	1
2	-	REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1	-	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA	5
2.2	-	CONSIDERAÇÕES SOBRE A HIDRÁULICA EM SISTEMAS LOCALIZADOS	9
3	-	MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1	-	FORMULAÇÃO DO MODELO HIDRÁULICO BÁSICO	25
3.1.1	-	Características dos Emissores	25
3.1.2	-	Características das Linhas Laterais	28
3.1.3	-	Sistemática e Estrutura do Modelo	31
3.1.4	-	Modelo Computacional	35
3.2	-	UNIFORMIDADE DOS EMISSORES	37
3.3	-	UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	39
3.4	-	APARATO EXPERIMENTAL	40
3.4.1	-	Caracterização Hidráulica dos Emissores	43
3.4.2	-	Uniformidade de Distribuição de Água	45

4	-	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	-	UNIFORMIDADE DE FABRICAÇÃO/INSTALAÇÃO	47
4.2	-	CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DO MICROTUBO	49
4.2.1	-	Regimes de Fluxo	49
4.2.2	-	Relações Características	52
4.3	-	UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	58
5	-	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	71
6	-	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	74
APÊNDICE "A"			
LISTAGEM DO PROGRAMA DE COMPUTADOR EM LINGUAGEM BA - SIC, NA VERSÃO GWBASIC, UTILIZADO PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS CÁLCULOS			81
APÊNDICE "B"			
TABELAS INDEXADAS PELA VAZÃO, COM PARÂMETROS PARA DI MENSIONAMENTO DE LATERAIS COM EMISSORES DE TAMANHO VARIADO			86

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
2.1	Sensibilidade dos emissores às variações de pressão	11
2.2	Distribuição de água e pressão ao longo de uma tubulação lateral com múltiplas saídas ..	20
3.1	"Comprimento equivalente" da lateral, correspondente às perdas de carga geradas pela conexão de emissores	30
3.2	Fluxograma da sequência de cálculos implementados pelo modelo	36
3.3	Esquema do aparato experimental utilizado para os testes das linhas laterais	42
3.4	Esquema de instalação do microtubo na lateral	44
4.1	Número de Reynolds vs Fator de atrito "fm", para comprimentos de microtubo de 6; 20 e 60 cm, e cargas hidráulicas de 3; 4; 6; 8; 10 e 12 mca	50

FIGURAS		PÁGINA
4.2	Curva característica vazão vs carga hidráulica para comprimentos do microtubo de 6,0 ; 20,0 e 60,0 cm	53
4.3	Curva característica vazão vs comprimento do microtubo para cargas hidráulicas de 7,0 e 2,8 mca	56
4.4	Curva característica vazão vs razão carga hidráulica/comprimento do emissor	57
4.5	Distribuição da vazão na lateral para espaçamento entre emissores 0,50 m	61
4.6	Distribuição da vazão na lateral para espaçamento entre emissores 1,0 m	62
4.7	Distribuição da vazão, dos emissores e comprimentos de trechos, na lateral para espaçamento 2,0 m	63
4.8	Distribuição dos emissores na lateral e comprimento de trechos para espaçamento 0,50 m ..	66
4.9	Distribuição dos emissores na lateral e comprimento de trechos para espaçamento 1,0 m ..	67
4.10	Perfil da distribuição da carga hidráulica na lateral para espaçamento 0,50 m	68
4.11	Perfil da distribuição da carga hidráulica na lateral para espaçamento 1,0 m	69

RESUMO

Este estudo consistiu no desenvolvimento de um modelo adaptado para computador, para dimensionamento e caracterização hidráulica de tubulações laterais, em sistemas localizados, que utilizam microtubos de tamanho variado como emissores. O critério de dimensionamento do modelo, se baseia na compensação das perdas de carga na lateral, com a variação do comprimento dos emissores ao longo destas, distribuídos em trechos cuja variação de pressão, entre extremos, não ultrapassa 20%. O modelo foi ajustado a uma máxima variação de carga na lateral, de forma a condicionar: o regime de fluxo no emissor; comprimento do emissor e vazão desejada por emissor. Um programa de computador em linguagem BASIC, na versão GWBASIC, foi utilizado para implementar os cálculos necessários ao dimensionamento, e emitir relatórios em forma de tabelas que podem ser utilizadas para o dimensionamento de laterais com emissores de tamanho variado. Os resultados dos testes conduzidos em Laboratório, para caracterizar hidráulicamente o emissor, avaliar e validar os cálculos efetuados através do modelo, permitiram as seguintes conclu -

sões: os microtubos que foram utilizados como emissores neste estudo, são classificados na sua maioria como bons ou médios em relação a uniformidade de fabricação/instalação segundo a classificação de ABREU (1983). O regime de escoamento nos emissores com comprimentos entre 6 e 20 cm e para cargas hidráulicas entre 3 e 12 mca, é instável e parcialmente turbulento, reduzindo a sensibilidade destes emissores às variações de temperatura e a entupimentos, que afetam a uniformidade de distribuição de água. Para avaliar e validar o modelo, escolheu-se de forma aleatória, três laterais dimensionadas através do mesmo, e determinou-se as uniformidades de distribuição de água cujos resultados são: 89,27 e 94,24%; 83,20 e 89,58%; 81,62 e 89,39%, calculados respectivamente pelos métodos do SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA (1978) e CHRISTIANSEN (1942).

SUMMARY

This work consisted of the development of a computational model for sizing and characterizing lateral lines in trickle irrigation systems that utilize varied-length microtubes as emitters. The model is based on the criterion that head losses in a lateral can be compensated for by varying the lengths of microtubes in lateral segments which sizes are such that pressure variation is no greater than 20% from an end to another. The model was adjusted to allow a maximum pressure variation in the lateral in order to condition the emitter flow regime; the emitter length; and the required emitter flow rate. A computer program written in BASIC was utilized to perform the calculations and to produce tables that can be utilized for the design of lateral lines with varying size microtubes. Laboratory tests were conducted in order to characterize the emitters, evaluate and validate the model. Results indicated that the emitters utilized in this study can be considered reasonably good with respect to manufacturing uniformity (ABREU, 1983). Flow regimes for emitters with lengths varying between 6 and 20 cm and for pressure heads between 3 and 12 m, were found to be unstable

and partially turbulent, thus reducing their sensitivity to temperature variations and clogging, factors that effect the uniformity of water distribution. In checking three laterals lines sized using the model, their coeffiicents of uniformity were determined. The results were 89,27 and 94,24%; 83,20 and 39,58%; 81,62 and 89,39%, using respectively methodology of the SCS-USDA (1978) and Christiansen (1942).

1 - INTRODUÇÃO

O Nordeste, entre as regiões brasileiras, destaca-se pela sua problemática singular que envolve aspectos diversos da sua estrutura sócio-econômica e disponibilidade de recursos naturais. Cerca de 52% da superfície do território nordestino apresenta condições climáticas de semi-aridez, caracterizada pela baixa pluviosidade e agravada pelo fato desta ser irregularmente distribuída temporal e espacialmente.

Por outro lado, no Nordeste existem 70.000 açudes e 15.000 poços profundos já perfurados. A capacidade potencial de acumulação destes açudes é de cerca de 20 bilhões de metros cúbicos de água, sendo que apenas 0,36% dos açudes (257) são públicos, representando 57,5% do total potencial de acumulação. Conclui-se portanto que a grande maioria destes reservatórios, são privados, de pequeno e médio porte. A exploração agrícola das áreas circunvizinhas a esses reservatórios, permite a sobrevivência de mais de 3 milhões de pessoas, mesmo em épocas de secas intensas. Vários estudos evidenciam a existência de dois problemas estruturais básicos: o primeiro, a grande concentração de minifúndios (93,08% dos estabelecimentos rurais têm menos de 100 ha), explorando culturas alimentares, suscetíveis à seca, e o segundo, a existência de recursos hídricos ainda sub-explorados.

Dados da SUDENE (1985), reforçam ainda mais o problema da complexa estrutura fundiária do semi-árido nordestino, onde

a pulverização dos minifúndios é evidenciada pelo fato de que entre 1960-1980, os pequenos estabelecimentos rurais tiveram seu número multiplicado, e sua área média reduzida durante o período, de 3,14 ha para 2,70 ha. Segundo ainda a SUDENE (1985), o Nordeste possui 4,7 milhões de hectares potencialmente irrigáveis nas classes I, II e III, dos quais 2,0 milhões já foram identificados e selecionados pela CODEVASF e DNOCS.

Fatos estes, revestem de capital importância o uso dos recursos solo e água potencialmente utilizáveis. Face a natureza dos problemas existentes e dos muitos fatores envolvidos, a oportunidade de utilização dos recursos disponíveis, representa um grande desafio no planejamento e uso racional destes, objetivando a consolidação do desenvolvimento integrado da Região. Este aspecto implica na necessidade de geração, adaptação e introdução de tecnologias que se adequem às condições do meio, e que sejam capazes de, em consonância com a cultura e limitações do homem, efetuar mudanças na base da produção agrícola regional.

Propostas recentes, surgidas na tentativa de suplantar parte dos problemas da Região, têm suas bases apoiadas na expansão da prática da irrigação e conservação dos solos, que são fatores de modernização tecnológica da agricultura, e instrumentos que asseguram a produção, desde que bem planejados e executados. As tecnologias existentes de manejo da água e do solo dispõem de recursos flexíveis para que se ajustem às condições edafoclimáticas, do semi-árido nordestino, reforçando um processo de desenvolvimento capaz de gerar atrativos e incentivos,

para fixar o homem à terra e promover uma nova ordem econômica e social.

Dentro desse contexto, o desenvolvimento e adaptação de técnicas que visem a acumulação, conservação e o uso racional da água e do solo, têm recebido especial atenção das entidades que se dedicam à pesquisa no setor agrícola do semi-árido nordestino.

Os sistemas de irrigação denominados "localizados", incorporam várias características importantes para sua utilização em agricultura irrigada nas regiões semi-áridas, quais sejam:

a - A aplicação de água feita próximo à planta, fornece somente a quantidade necessária, umedece apenas o volume de solo explorado pelo sistema radicular, reduz as perdas por evaporação e percolação profunda, e proporciona assim, altos níveis de eficiência e adequabilidade.

b - A alta frequência de irrigação normalmente utilizada, mantém o solo com elevados teores de água, possibilita o aproveitamento de águas e/ou solos salinos, não utilizáveis por outros métodos.

c - O elevado potencial de automação, possibilita economia de mão-de-obra, permite uma maior racionalização desta, no seu uso para outras atividades.

Este trabalho portanto, teve o objetivo de desenvolver um modelo para o dimensionamento de linhas laterais em irrigação localizada, que utilizam emissores simples e baratos, tipo micro-

tubos, cujo dimensionamento hidráulico baseia-se na compensação das perdas de carga nas linhas laterais, pela variação do comprimento dos emissores ao longo destas. Esse modelo foi adaptado para computador e validado em testes de laboratório.

Desta forma, objetiva-se especificamente fornecer alternativas para implantação de pequenas áreas irrigadas, viabilizando a utilização de pequenos reservatórios e mananciais, contribuindo para assegurar, incrementar e diversificar a produção, onde pequenos e médios produtores, basicamente, exploram hoje culturas alimentares, sob condições de dependência de chuvas.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.

Segundo SCALOPPI (1986), os sistemas de "irrigação localizada" caracterizam-se pela aplicação puntual, linear ou superficial da água, próximo a zona radicular da cultura em desenvolvimento. Os pontos e linhas de emissão podem estar localizados na superfície ou interior do solo. A vazão de cada ponto de emissão está em torno de 4 l/h e a pressão de operação varia entre 5 e 30 metros de coluna de água. Os principais tipos de emissores utilizados nesses sistemas consistem de gotejadores, jatos pulsantes ou intermitentes, microaspersores, tubos perfurados ou porosos. O SOIL CONSERVATION SERVICE-USDA (1978), acrescenta que o termo "irrigação localizada" é abrangente, envolvendo métodos ou conceitos de irrigação tais como:

- . Subsuperficial
- . Borbulhamento
- . Gotejamento
- . Microaspersão ou "sprays"

Para BERNARDO (1982) o conceito "irrigação localizada" é uma tendência moderna para classificar todos os sistemas de irrigação em que a água é aplicada diretamente sobre a região radicular. Esse conceito envolve os sistemas em que a água é aplicada no solo, em pequenas intensidades, com alta frequência (in

tervalos de irrigação de um a quatro dias) de modo a manter a umidade do solo, na zona radicular, próximo à capacidade de campo. A aplicação de água é feita através de tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos ou por meio de peças especiais, denominadas de gotejadores. Estas peças são destinadas a dissipar a pressão disponível aplicando vazões pequenas e constantes, cuja pressão de operação varia entre 5 e 25 metros de coluna de água. OLITTA (1977) complementa, que além disso, esses sistemas necessitam de um mínimo de mão-de-obra e podem operar até 24 horas por dia.

BERNARDO (1982); HOWELL et al (1980); WU & GITLIN (1974), e HOWELL & HILER (1974), salientam que a necessidade de se obter pequenas vazões ou um fluxo limitado de água, conduz a estruturas ou mecanismos dissipadores de energia com seção de escoamento reduzidas e isto leva a diferentes formas e tipos de emissores, dentre os quais, os principais são:

- . Microtubos
- . Orifícios
- . Vórtex
- . Labirintos
- . Tubos perfurados

Segundo ainda HOWELL et al (1980), a água liberada em um determinado ponto por um emissor, se desloca internamente no solo sob condições de fluxo não saturado, e o volume molhado é função das propriedades hidráulicas de cada solo.

De acordo com SALAZAR & SMAJSTRLA (1980), o método de irrigação localizada, tem se tornado muito popular em resposta aos crescentes aumentos nos custos de energia e demanda de água. Pelo fato de estar associado a critérios de baixas pressões de serviço e o suprimento constante de pequenas quantidades de água é efetuado somente onde necessário, conjugado ao uso de tubulações de pequenos diâmetros, que minimizam os custos, estes sistemas apresentam alta eficiência no uso de água e energia. KENWORTHY (1972), acrescenta que a manutenção de condições de umidade ótima somente na parte mais ativa do sistema radicular permite racionalizar a utilização dos recursos hídricos disponíveis, associado a altas respostas nos rendimentos das culturas.

Quando adequadamente dimensionados e operados, os sistemas de irrigação localizada revelam também elevados níveis de uniformidade de distribuição (SCALOPPI, 1986). A utilização desses sistemas pode ser vantajosa, em diversas condições. Um exemplo, é quando as plantas cultivadas encontram-se relativamente espaçadas, como é o caso de espécies frutíferas, cafezais, etc. Nestes casos a irrigação localizada possibilita a aplicação de água apenas às partes da área efetivamente exploradas pelo sistema radicular, resultando em elevadas eficiências de aplicação, o que torna esses sistemas adequados às condições onde os recursos hídricos são escassos e caros. A economia de água, quando comparado com outros sistemas de irrigação, observados a nível de campo, pode variar de 20 a 90%. Marsh, (1976),

citado por SCALOPPI (1986).

Segundo SOLOMON (1984), um dos fatores mais importantes, quando se aplica água às plantas através de sistemas de irrigação localizados, é a sua uniformidade na distribuição de água, a qual é função da interação dos diversos componentes do sistema de forma global, e principalmente a uniformidade de operação da subunidade de irrigação. Acrescenta ainda que os principais fatores que afetam a uniformidade de distribuição de água numa subunidade são; por ordem de importância:

- . Entupimentos;
- . Número de emissores por planta;
- . Coeficiente de variação de fabricação;
- . Coeficiente exponencial de vazão do emissor;
- . Sensibilidade do emissor às variações de temperatura e pressão;
- . Relação entre as perdas de carga na terciária e lateral.

Ressalta ainda que esta classificação não é absoluta, desde que uma série de variáveis está associada a cada parâmetro.

Dentre os principais problemas a que estão sujeitos os sistemas de irrigação localizada, pode-se destacar os seguintes:

- . Entupimento dos emissores;
- . Uniformidade de aplicação;

- . O bulbo úmido formado permite acumulação de sais na sua periferia;
- . Vida útil reduzida do sistema;

Outra limitação importante que convém destacar, é o custo elevado do equipamento, quando comparado a outros sistemas, que praticamente só o torna viável em culturas de elevado valor econômico e condições desfavoráveis a outros sistemas, como custo elevado e escassez de água, restrições de solo e topográficas, (SCALOPPI, 1986).

2.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A HIDRÁULICA EM SISTEMAS LOCALIZADOS.

Emissores são mecanismos que permitem à água escoar destes para o solo, sendo que a taxa de aplicação depende de suas características hidráulicas, HOWELL et al (1980).

Segundo KELLER & KARMELI (1975) as características desejáveis de um emissor são:

- . Fornecer vazões relativamente baixas, constantes e uniformes.
- . A seção transversal de escoamento deve ser relativamente grande para reduzir problemas de entupimentos.
- . Ser barato, resistente e compacto.

HOWELL et al (1980), acrescenta que os emissores em irrigação localizada, podem ser classificados segundo as caracterís

ticas abaixo:

- . Regime de escoamento
- . Pressão de operação
- . Conexão na lateral
- . Distribuição de água
- . Seção de escoamento
- . Sensibilidade a entupimentos
- . Material de construção

Usualmente a caracterização hidráulica de emissores é efetuada experimentalmente, determinando as curvas que interrelacionam os parâmetros vazão x pressão. Essa caracterização define a "equação de vazão do emissor", que genericamente tem a forma abaixo:

$$. q = KH^x$$

onde, q é a vazão {L³/T}; K é o fator de proporcionalidade; H é a pressão de operação {L}, e x é o coeficiente exponencial de vazão do emissor, o qual caracteriza o regime de escoamento deste, e demonstra a sua sensibilidade às variações de pressões (SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA, 1978; HOWELL et al 1980 e BUCKS et al, 1982).

A caracterização do regime de escoamento de emissores em função do coeficiente de descarga x, foi desenvolvida e apresentada por KELLER & KARMELI (1975) (FIG. 2.1) e também recomendada pelo SOIL CONSERVATION SERVICE-USDA (1978), cuja classifica-

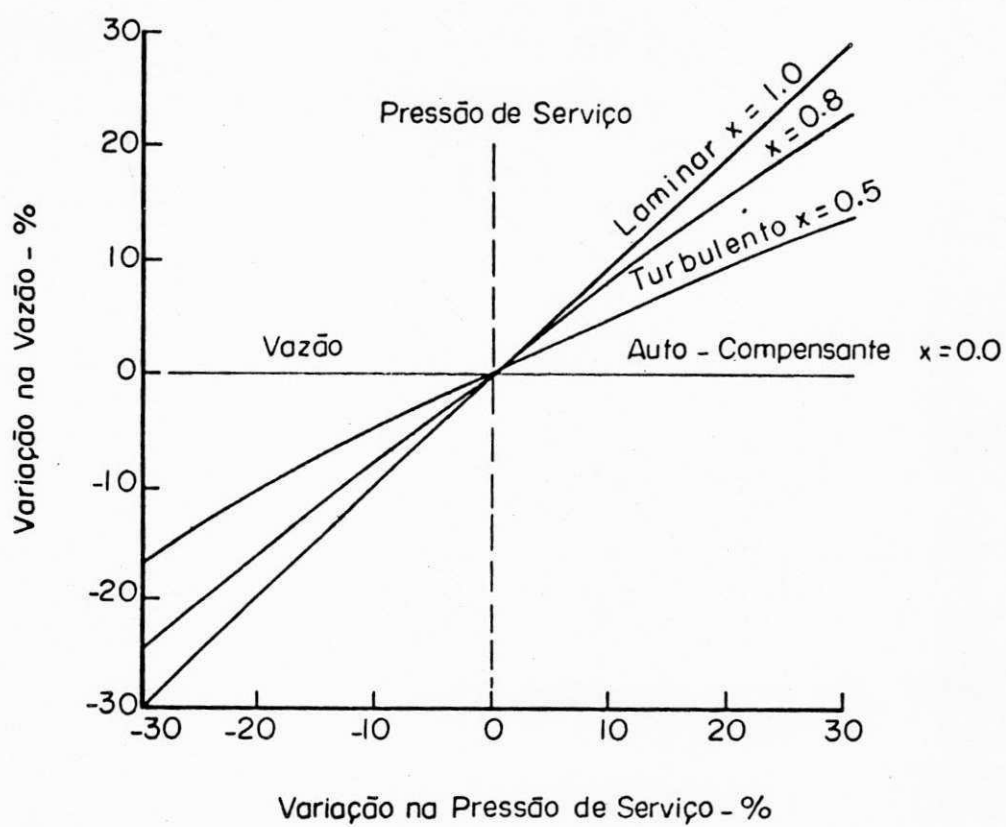


FIGURA 2.1 - Sensibilidade dos emissores às variações da pressão. (KELLER e KARMELI, 1975).

ção segundo os valores que x assume na "equação de vazão do emissor" é a seguinte:

- . Para $0 < x \leq 0,5$ - O regime de escoamento do emissor varia de turbulento a totalmente turbulento (autocompensante, $x = 0$).
- . Para $0,5 < x \leq 1,0$ - O regime de escoamento varia de instável ($0,5 < x \leq 0,8$), a laminar ($0,8 < x \leq 1,0$).

BUCKS et al (1982) sugerem uma classificação muito semelhante, apenas definindo melhor os intervalos de variação do valor de x , para se caracterizar o regime de escoamento dos emissores com maior clareza. Para fluxos totalmente turbulentos, $x = 0,5$; parcialmente turbulento, $0,5 < x \leq 0,7$; regime de escoamento instável, $0,7 < x \leq 1$; e fluxo laminar, $x = 1$.

A constante elevação nos custos de equipamentos, na operação e manutenção de sistemas localizados, tem levado a se pesquisar, aperfeiçoar ou melhor caracterizar sistemas localizados alternativos, mais simples e operando a pressões mais baixas, com emissores de diâmetros e taxa de fluxo maiores. Isto visa minimizar um dos principais problemas dos sistemas localizados que são os entupimentos frequentes.

Sistemas de irrigação localizada têm seu custo reduzido quando se utiliza tubulações laterais como simples tubos perfurados. Entretanto sistemas com orifícios de diâmetros fixos não têm alcançado boas uniformidades de distribuição (Zetzsche, 1964; Bryan & Baker, 1964; Braud, 1967; citados por BUCKS &

MYERS, 1973). Acrescentam ainda que a uniformidade de aplicação de água ao longo de uma fileira de plantas irrigadas localizada mente depende de três requisitos básicos:

a - Os emissores utilizados em determinado projeto necessitam passar, inicialmente por uma seleção com relação às variações que ocorrem no processo de fabricação.

b - A sensibilidade dos emissores a entupimentos deve ser a mínima possível.

c - O dimensionamento do sistema deve buscar fórmulas para determinar com precisão as variações de pressão ao longo da lateral.

De acordo com o SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA (1978) , a qualidade e segurança dos sistemas de irrigação localizados , são diretamente afetadas pelas características e confiabilidade do emissor. Os dois itens mais importantes na seleção de um emissor são: a percentagem de área molhada e a confiança no emissor com relação à sua susceptibilidade a entupimentos e mal funcionamento. Sugere ainda que o emissor ideal, deve ser barato ; resistente; liberar vazões relativamente baixas, e que estas não variem significativamente entre si devido ao processo de fabricação e às variações de pressão e temperatura; e ainda que possua sua seção de escoamento suficientemente grande para reduzir a sensibilidade a entupimentos. Ressalvam, que essas características não são facilmente encontradas em um mesmo emissor e que elas, até certo ponto podem ser contraditórias entre si.

Uma das considerações mais importantes na seleção de um emissor é sobre a sensibilidade deste a entupimentos. Dois parâmetros podem ser utilizados para se identificar a sensibilidade do emissor a entupimentos: o diâmetro ou tamanho da seção de escoamento e a velocidade de escoamento da água através dessa seção. A relação entre a dimensão da seção de escoamento e a sensibilidade a entupimentos pode ser avaliada pelos dados abaixo (SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA, 1978):

- . Muito sensível - Seção menor que 0,70 mm (700 microns)
- . Sensível - Seção entre 0,70 a 1,50 mm (700 a 1500 microns)
- . Relativamente sensível - Seção maior que 1,50 mm (1500 microns).

Pesquisas recentes têm indicado que a velocidade da água através da seção de escoamento é provavelmente um parâmetro mais importante que a própria dimensão da seção de escoamento. Velocidades de escoamento variando de 4,0 a 6,0 m/s têm mostrado resultados razoáveis na redução de entupimentos frequentes, (SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA, 1978).

Para BUCKS & MYERS (1973), as distorções que ocorrem nas vazões de emissores em sistemas localizados, devido a variações no processo de fabricação, entupimentos e variações de pressão no sistema, podem ter soluções simples, desde que aplicadas corretamente. Tais soluções podem ser entendidas como: aperfeiçoamento no processo de fabricação e seleção de emissores; o uso de emissores com maiores seções de escoamento; o uso de siste -

mas de filtragem associados a técnicas de manejo para evitar a precipitação de sais e/ou outros materiais em suspensão.

O conhecimento adequado da hidráulica de linhas laterais de forma a se alcançar meios para se evitar os efeitos das variações da pressão e da declividade do terreno sobre a vazão dos emissores, tem se tornado um dos principais problemas a resolver, quando se objetiva altas uniformidades e eficiências na aplicação de água (BUCKS & MYERS, 1973).

O microtubo foi o precursor dos mecanismos utilizados para controle de vazão em irrigação localizada. Inicialmente sua aplicação se limitava a estufas e casas de vegetação (BERNARDO, 1982; HOWELL et al 1980). Segundo ainda, HOWELL et al (1980), microtubos foram utilizado por Blass (1964) para controle e distribuição de pequenas quantidades de água, quando este introduziu a idéia de se irrigar, a nível de campo, com a mesma frequência utilizada em casas de vegetação. Emissores tipo microtubos podem ser ajustados para vários tipos de terrenos, compensando as alterações devido a declividade e pressão pela variação do seu comprimento e/ou diâmetro, uniformizando-se assim as vazões (HOWELL et al, 1980).

Entre os diversos tipos de emissores, um dos mais simples e barato é o microtubo. Desde que tenha um bom controle no processo de fabricação, pode oferecer coeficientes de fabricação e distribuição de água bastantes satisfatórios. Entretanto, por várias razões como entupimentos, fragilidade e dispendio de mão-de-obra na manutenção, o microtubo como emissor, foi gradualmente substituído por emissores mais compactos que incorpo-

ram o princípio, mas não a capacidade de ajuste hidráulico e a facilidade de locação deste (HOWELL et al 1980).

Vários autores (KENWORTHY (1972); MYERS & BUCKS (1972) ; BUCKS & MYERS (1973); STEVENSON (1973); WU & GITLIN (1973,1974) HOWELL & HILER (1974); WATTERS & KELLER (1978); OLIVEIRA (1979) KHATRI et al (1979); GILLESPIE et al (1979); SALAZAR (1980); SO LOMON (1984)), tem reportado trabalhos e pesquisas sobre a hidráulica de sistemas de irrigação localizada, enfocando aspectos como: características de linhas laterais e terciárias; desenvolvimento, aperfeiçoamento, utilização e testes de diversos tipos de emissores; operação e manutenção de sistemas. Estes trabalhos visavam encontrar alternativas para se alcançar melhores índices dos coeficientes de fabricação de emissores, maiores uniformidades de distribuição de água, e menores custos na operação e manutenção dos sistemas de irrigação localizados.

KENWORTHY (1972) reporta um guia para dimensionamento de sistemas de irrigação localizada em espécies frutíferas, utilizando emissores tipo microtubos. Apresenta tabelas e equações para cálculo das vazões desejadas por emissor, em função do comprimento, pressão de serviço e diâmetro dos microtubos. Sugere ainda que, filtros com telas de 100 mesh são suficientes para reduzir os entupimentos e que pode-se ajustar os emissores para escoar maiores vazões para evitar deposição de materiais em suspensão na água.

STEVENSON (1973) trabalhando com microtubos em experimentos de campo, enfatiza que este tipo de emissor, como os outros estão sujeitos a entupimentos, mas que nos resultados observa -

dos em campo e para os diâmetros de microtubos utilizados (0,508 - 1,143 mm), ocorreu um fato contrário às expectativas : os entupimentos ocorreram em menor escala, no grupo de microtubos com diâmetros interno de 0,635 mm, ou seja, o segundo menor diâmetro com que trabalhou. A explicação dada, é que, estes microtubos operavam em maiores velocidades de fluxo, diminuindo o processo de sedimentação. Observou ainda, com relação à vida útil dos emissores com os quais trabalhou, que estes mantiveram-se operando três estações, sem necessidade de substituição. Determinou também as características hidráulicas dos microtubos utilizados através das curvas de carga vs vazão, para os diâmetros estudados, comprimentos de microtubos de 0,30 a 3,6 m e pressões variando de 2,8 a 22,4 mca.

Segundo MYERS & BUCKS (1972), os sistemas localizados de alta pressão de operação, oferecem melhores condições para se alcançar elevadas uniformidades de vazão dos emissores. Previsivelmente, os sistemas de baixa pressão têm maiores dificuldades, porque as variações de pressão ao longo das laterais, representam um percentual elevado da pressão de operação. Entretanto, ressaltam, os sistemas de baixa pressão e que utilizam emissores simples têm uma série de vantagens que contam positivamente. Estas vantagens incluem: baixos custos de fabricação e operação; maiores seções de escoamento que reduzem os problemas de entupimentos.

Considerando que o principal problema a resolver são as variações de pressão ao longo da tubulação lateral, MYERS &

BUCKS (1972), desenvolveram um modelo computacional para dimensionamento, que utiliza emissores simples tipo orifícios ou microtubos, onde a variação do diâmetro dos emissores compensaria as variações de pressão ao longo da linha lateral. Os resultados obtidos foram: para microtubos de um mesmo comprimento e diâmetro, a nível de simulação, as variações na vazão tiveram amplitude entre +21,0% e -7,4%; e para microtubos variando os diâmetros, os desvios de vazão foram da ordem de $\pm 3,3\%$. Em testes de campo, estes desvios alcançaram amplitude de +5,2% até -6,6%. Concluindo, os autores sugerem que boas uniformidades de vazão em sistemas localizados de baixa pressão, podem ser alcançados pelo uso de emissores de diferentes diâmetros para compensar as variações de pressão, e que estes sistemas podem ser projetados utilizando-se modelos computacionais e/ou métodos gráficos.

Em trabalho posterior BUCKS & MYERS (1973), testaram a nível de campo, em culturas de algodão, dois tipos de emissores utilizando a metodologia anterior. Os emissores utilizados foram: tipo orifício, de aço, com diâmetro variável e microtubos, com diâmetro e comprimento variável. Os resultados apresentados são: as vazões variaram de +5,2% a -6,6% prevista em projeto e de +8,8% a 10,8% em testes de campo, para os emissores tipo orifício de aço; e de 2,9% para o desvio médio e $\pm 5,0\%$ para os desvios máximos das vazões projetadas para o sistema combinando dois diâmetros e sete comprimentos de microtubos. Concluíram sugerindo que, uma das formas para se alcançar boas uniformidades

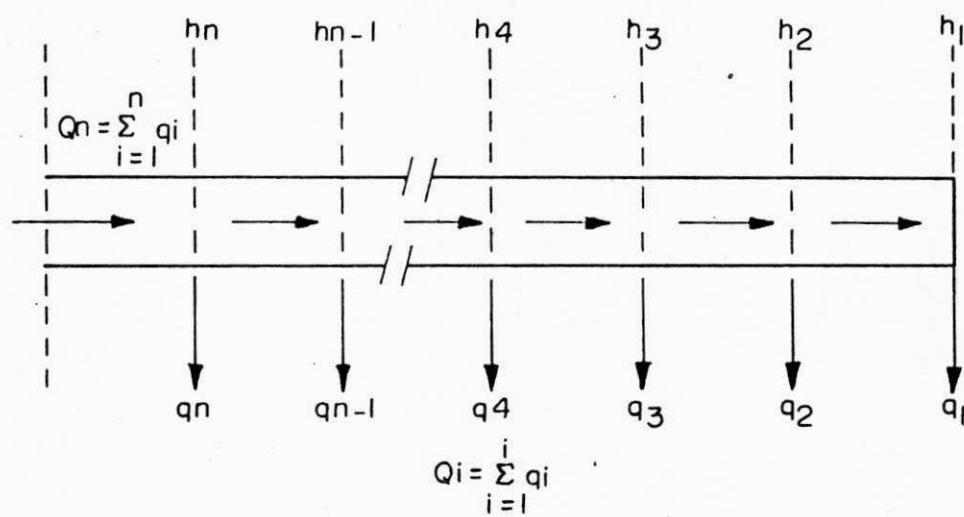
de aplicação de água em sistemas localizados de baixa pressão é através da compensação da perda de carga, com a variação conjugada do diâmetro e comprimento dos emissores.

WU & GITLIN (1973, 1974); HOWELL & HILLER (1974); WATTERS & KELLER (1978); GILLESPIE et al (1979) e KHATRI et al (1979), desenvolveram metodologias para determinar as condições de fluxo em linhas laterais para sistemas localizados, através de modelos matemáticos e simulação computacional.

Segundo WU & GITLIN (1974), as condições de fluxo numa tubulação com múltiplas saídas, podem ser consideradas como uniforme e espacialmente variadas pela redução gradual do fluxo interno, devido ao escoamento de determinada vazão pelos emissores ao longo desta, desde o início até o final.

A vazão de cada emissor é determinada pela variação de pressão, e esta é controlada por perdas de carga devido ao atrito e pelas variações na declividade do terreno (FIG. 2.2). Devido ao decréscimo da vazão ao longo de tubulações com múltiplas saídas, a curva que representa o gradiente de energia, não é uma linha reta mas apresenta um perfil do tipo exponencial.

A distribuição da carga hidráulica ao longo de uma linha lateral pode ser determinada se a equação que define a curva do gradiente de energia, para uma dada condição, é conhecida. WU & GITLIN (1974) utilizando testes de perda de carga comparativos em tubos lisos para os regimes de fluxo laminar, turbulento e totalmente turbulento, desenvolveram modelos matemáticos que estimam o perfil das curvas de distribuição adimensionais de perda de carga relacionando proporcionalmente o comprimento de um tre



$$\Delta h_p = -K \left[(n - P + 1) q \right]^{1,75} \cdot \Delta L$$

$$K = \frac{2,53 (v)^{0,25} (A)^{0,25}}{g\pi^2 D^{5,25}}$$

FIGURA 2.2 - Distribuição de água e pressão ao longo de uma tubulação lateral com múltiplas saídas. (WU & GITLIN, 1974).

cho de lateral com o comprimento total e a perda de carga que ocorre nesse trecho e a perda total da lateral para cada regime de escoamento.

Ressalvam os autores, que estas curvas foram obtidas assumindo-se um fluxo igual em todos os emissores, o que na prática, não ocorre. Entretanto, o fato não invalida os modelos propostos segundo ainda os autores. Se a distribuição de pressão ao longo de uma lateral pode ser determinada, então ajustando-se os diâmetros dos emissores, sugerido por MYERS & BUCKS (1973) e o comprimento e/ou o diâmetro de microtubos, sugerido por KENWORTHY (1972), pode-se alcançar boas uniformidades de distribuição adequadas a cada situação. (HOWELL et al, 1980).

A partir das propostas de WU & GITLIN (1974) e estudando a aplicação da equação de Darcy-Weisbach para estimativas de perdas de carga em tubos de pequeno diâmetro, WATTERS & KELLER (1978), apresentam uma expressão matemática que denominam de equação adimensional de fricção. Esta expressão determina a curva adimensional da distribuição de pressão ao longo de uma tubulação com múltiplas saídas, e ainda pode incorporar o efeito das pequenas perdas provocadas pela inserção dos emissores, onde estas são expressadas na forma de "comprimento equivalente" de lateral. Conclui ainda o estudo, que a equação de Darcy-Weisbach, estima com maior exatidão as perdas de carga em tubulações lisas e tubos de pequenos diâmetros.

HOWELL & HILLEL (1974), objetivando desenvolver um modelo computacional para dimensionamento de sistemas localizados, e trabalhando com três tipos de emissores - orifício; labirinto

integrado e microtubo - avaliaram a influência do espaçamento, da inserção dos emissores e da carga hidráulica em linhas laterais, sobre o fator F de Christiansen. Concluíram que o fator F depende principalmente das pequenas perdas causadas pela inserção dos emissores e em menor intensidade do espaçamento entre estes e da pressão na lateral.

GILLESPIE et al (1979), desenvolveram procedimentos matemáticos para determinar o perfil da distribuição de pressão em função das perdas de carga por atrito e das variações na declividade do terreno, para linhas terciárias e laterais de sistemas localizados.

Desenvolveram também equações que estimam o comprimento de terciárias e laterais para uma dada condição de variação de pressão. Essas equações são solucionadas aplicando-se o método de tentativas ou o método de aproximação de Newton através de programas de computadores. Concluíram os autores que estas equações têm grande utilidade para se desenvolver projetos de irrigação localizada através de sistemas computacionais.

SALAZAR & SMAJSTRLA (1980), conduziram estudos com quatro tipos de emissores, com a finalidade de avaliar as perdas de carga devido a inserção dos emissores quanto a vazão e ao diâmetro da tubulação e, o efeito desses parâmetros sobre a performance do sistema e a uniformidade de distribuição de água. Concluíram que, para o estudo realizado, emissores com maior coeficiente de variação de vazão são menos sensíveis ao efeito das perdas provocadas pela inserção destes e que no dimensionamento podem ser desprezadas. No entanto, emissores com menores coefi-

cientes, apresentam maior grau de sensibilidade, devendo-se incluir estas perdas no dimensionamento hidráulico do sistema. Apresentam também expressões matemáticas para o cálculo dessas perdas, na forma de "comprimento equivalente".

KHATRI et al (1979), constataram a não existência de pesquisas e avaliações empíricas sobre a adequabilidade das equações existentes para o cálculo da perda de carga em tubos de pequenos diâmetros, tipo microtubos, sendo que estes são emissores simples, fáceis de instalar e de custo relativamente baixo quando comparados com outros tipos de emissores. A partir desta constatação desenvolveram experimentos hidráulicos com microtubos cujos diâmetros variavam de 0,8 mm a 4 mm (amplitude não abrangida por WATTERS & KELLER, 1978), objetivando obter informações de perda de carga em regimes de escoamento laminar, crítico e turbulento, para estabelecer equações que estimem estas perdas e fazer correlações com as usualmente utilizadas. Concluíram fazendo as seguintes considerações: a equação de Darcy-Weisbach para tubos hidráulicamente lisos pode ser usada para representar as perdas de carga em microtubos com diâmetros entre 0,8 mm a 4 mm (conclusão semelhante a WATTERS & KELLER, 1978 - para microtubos entre 4 mm e 12 mm), para as condições de fluxo turbulento. Em microtubos com diâmetros menores que 6 mm e comprimento menor que 1,0m, as perdas devido a turbulência e contração na entrada do microtubo podem ser significativas, sendo que apenas em condições de fluxo laminar, estas podem ser desprezadas. Uma boa correlação entre o fator F e o número de Reynolds foi obtida, demonstrando que os microtu-

bos utilizados são hidraulicamente mais lisos que o especificado no diagrama de Moody; e que microtubos, em irrigação localizada, podem ser usados tanto como redutores de pressão bem como emissores.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - FORMULAÇÃO DO MODELO HIDRÁULICO BÁSICO

O modelo para dimensionamento hidráulico do sistema preconizado neste trabalho baseia-se principalmente em:

a - Na determinação da perda de carga (variação de pres-são) ao longo de uma linha lateral com emissores de vazão constante e igualmente espaçados.

b - Na compensação da perda de carga que ocorre na late-ral, pela variação no comprimento dos emissores ao longo desta, distribuídos em trechos cuja variação da carga entre seus extremos, não ultrapasse 20%.

3.1.1 - Características dos emissores

Os emissores utilizados foram microtubos, tipo "spaguet - ti", cujo diâmetro médio interno foi determinado indiretamente, através do volume de água contido numa extensão de cinco metros deste, com cinco repetições e usando-se a equação a seguir, ob - tida assumindo-se a geometria interna do "spagueti" como cilíndrica:

$$D = \left(\frac{4 \cdot V}{L \cdot \pi} \right)^{0,5} \quad \text{Eq. 3.1}$$

Onde:

V = Volume total medido, m³

L = Comprimento do microtubo, m

\bar{D} = Diâmetro médio do microtubo, m.

Os comprimentos dos microtubos, inseridos ao longo da lateral, foram calculados utilizando-se a equação de Darcy-Weisbach, recomendada por WATTERS & KELLER (1978), KHATRI et al (1979) e OLIVEIRA et al (1979):

$$\ell_e = \frac{\bar{H} \cdot (\bar{D})^5 \cdot \pi^2 \cdot g}{617 \cdot f_m \cdot q^2} \quad \text{Eq. 3.2}$$

Onde:

ℓ_e = Comprimento do microtubo, m

\bar{H} = Carga (pressão) média no trecho, m

\bar{D} = Diâmetro médio do microtubo, mm

g = Aceleração da gravidade, 9,81 m/s²

q = Vazão do microtubo, l/h

f_m = Fator da equação de Darcy-Weisbach para o microtubo.

O fator da equação de Darcy-Weisbach f_m , para o microtubo em estudo, foi determinado experimentalmente em laboratório, através do método de teste e erro, utilizando-se um valor médio cuja determinação incorpora as perdas de carga devido aos efeitos da pressão radial do orifício na tubulação onde o microtubo está inserido e da turbulência gerada na entrada do mesmo.

A equação acima, quando aplicada para o microtubo em estudo e o sistema proposto, onde a vazão e o diâmetro do emissor, são constantes e os demais parâmetros, à exceção da carga hidráulica, são valores conhecidos e também constantes, permite obter-se a expressão simplificada:

$$\ell_e = C \cdot H \quad \text{Eq. 3.3}$$

Onde:

C = Constante, definida por:

$$C = \frac{(\bar{D})^5 \cdot \pi^2 \cdot g}{617 \cdot f_m \cdot q^2} \quad \text{Eq. 3.3a}$$

Os regimes de fluxo em condutos forçados são caracterizados através do número de Reynolds, que indica o grau de turbulência do movimento, expresso pela relação adimensional abaixo (NEVES, 1960):

$$R = \frac{VD}{\nu} \quad \text{Eq. 3.4}$$

Onde: V é a velocidade de escoamento; D uma dimensão linear característica do conduto, ν viscosidade cinemática.

Para o microtubo em estudo, utilizou-se a equação simplificada sugerida por WATTERS & KELLER (1978), a seguir:

$$R = K \frac{Q}{D} \quad \text{Eq. 3.5}$$

Onde:

K = É uma constante de valor $1,26 \times 10^6$ para sistema métrico

Q = É a vazão em ℓ/s

D = Diâmetro em mm

3.1.2 - Características das Linhas Laterais

As linhas laterais que foram utilizadas eram de polietileno preto de alta densidade (PEAD), com diâmetro nominal de 1/2" e diâmetro interno médio de 15 mm. A curva do gradiente de perda de carga foi determinada pela equação de Darcy-Weisbach, na forma abaixo sugerida por NEVES (1960).

$$J = 0,0826 \cdot f \cdot \frac{Q^2}{(\bar{D})^5} \quad \text{Eq. 3.6}$$

Onde:

J = Gradiente de perda de carga, m/m

\bar{D} = Diâmetro médio da lateral, m

Q = Vazão, m³/s

f = Fator da equação de Darcy-Weisbach para a linha lateral, calculado em função do número de Reynolds, conforme os critérios a seguir sugeridos pelo SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA (1978).

$$\text{Se } R < 2100; f = \frac{64}{R}$$

$$\text{Se } 2100 < R < 100.000; f = \frac{0,316}{R^{0,25}}$$

O efeito de aumento da turbulência e conseqüentemente da perda de carga, causado pela inserção do emissor na lateral, foi computado utilizando-se o método sugerido por WATTERS & KELLER (1978) na forma de acréscimos em "comprimento equivalen-

te da lateral:

$$J^1 = J \frac{Se + fe}{Se} \quad \text{Eq. 3.7}$$

Onde:

J^1 = Gradiente da perda de carga equivalente na lateral com emissores, m/m

Se = Espaçamento entre emissores conectados na lateral, m

fe = Fator de acréscimo na perda carga, em comprimento e equivalente da lateral, devido a inserção do emissor, m. O valor de fe , foi determinado utilizando-se a Figura 3.1 (WATTERS & KELLER, 1978 e ABREU, 1983).

J = Gradiente de perda de carga, m/m

Para o cálculo da perda de carga total em laterais com múltiplas saídas, utilizou-se a seguinte equação, sugerida por CHRISTIANSEN (1942), também recomendada por WATTERS & KELLER (1978):

$$H_f = J^1 F L \quad \text{Eq. 3.8}$$

Onde:

H_f = Perda da carga total na lateral, m

F = Coeficiente de redução da perda de carga em tubulações com múltiplas saídas, obtido da equação apresentada por CHRISTIANSEN (1942):

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \quad \text{Eq. 3.8a}$$

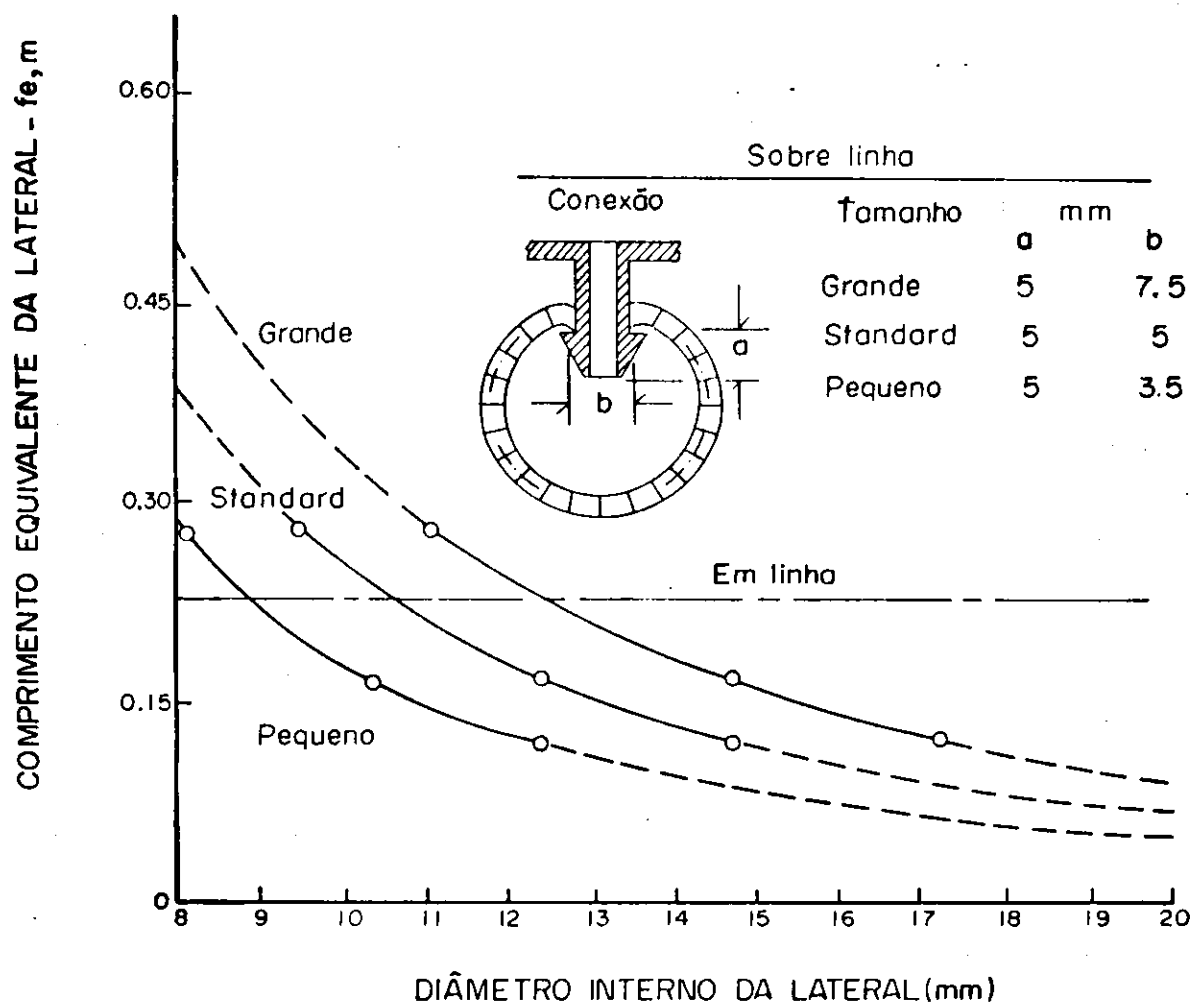


FIGURA 3.1 - "Comprimento Equivalente" da Lateral Cor_rrespondente às Perdas de Carga Geradas pe_la Conexão de Emissores - fe.

(WATTERS & KELLER, 1978; ABREU, 1983)

L = Comprimento da lateral, m

3.1.3 - Sistemática e Estrutura do Modelo

O modelo computacional desenvolvido permite, com as alterações pertinentes, sua utilização para uma gama de situações.

No caso particular do estudo, procurou-se delimitar esta amplitude, fixando-se algumas variáveis, ajustando-o ao tipo de microtubo utilizado, às características das linhas laterais, à vazão desejada por emissor e às condições de fluxo dentro do emissor, dados estes que caracterizam o modelo desenvolvido.

Procurou-se evitar: (a) regimes de escoamento abaixo do crítico. O SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA (1978), sugere que, para reduzir as possibilidades de deposição de materiais em suspensão, que ocorre com maior intensidade em regime de escoamento laminar, utilizar velocidades da ordem de 4 a 6 m/s; (b) emissores muito curtos ou muito longos, facilitando o manejo; (c) vazões muito elevadas ou muito baixas, que têm relação direta com a seção de escoamento e a velocidade. Efetuou-se testes hidráulicos com o microtubo em questão e, para atender a essas condições, os seguintes critérios foram adotados:

a - A vazão média por emissor: 10 l/h. Assumindo-se uma variação de $\pm 10\%$, este critério permite obter-se velocidades, de escoamento variando entre 3,0 a 4,0 m/s.

b - Pressão na lateral: mínima de 2,75m e máxima de 7m.

A perda de carga total, pode ser calculada pela Eq. 3.8 . Entretanto, admitindo-se uma variação máxima na pressão da lateral dentro dos limites previstos nos critérios acima, a máxima perda de carga que poderá ocorrer na lateral está limitada a 4,25 mca.

A vazão de um microtubo conectado a uma linha lateral é função da pressão na entrada do microtubo e das características hidráulicas deste (Figura 3.4). E a pressão em cada ponto pode ser determinada pela Equação apresentada por WU & GITLIN (1974) que define a distribuição de pressão na lateral (Figura 2.2).

Para minimizar a demanda de mão-de-obra na fabricação e facilitar a instalação dos microtubos na lateral, subdividiu-se a linha do gradiente de pressão em segmentos, cuja variação da carga hidráulica entre extremos destes segmentos não ultrapassa 20%. O comprimento dos emissores correspondente a cada segmento foi calculado em função da média das pressões dos extremos desses segmentos. Metodologia semelhante que foi sugerida por WU & GITLIN (1973), e MYERS & BUCKS (1972).

Dentro dessas considerações, a pressão na lateral foi distribuída, seguindo-se os passos:

1: Cálculo da pressão no final da lateral:

$$Xl = Pe - Hf \quad \text{Eq. 3.9}$$

Onde:

Xl = Pressão no final da lateral

Pe = Pressão na entrada da lateral

H_f = Perda de carga total na lateral com emissores, calculada pela Eq. 3.8

2: Definição de cada segmento da linha do gradiente de perda de carga, com variação de 20% da carga hidráulica entre extremos desses segmentos a partir da pressão no final da lateral (X_1), e calculados da forma a seguir:

$$\begin{aligned} \cdot \text{ Segmento 1: } X_2 &= 1,2 X_1 \\ \cdot \text{ Segmento 2: } X_3 &= 1,2 X_2 \\ &: \\ \cdot \text{ Segmento n: } X_n &= 1,2 X_{n-1} \end{aligned} \quad \text{Eq. 3.10}$$

Para a determinação do comprimento do trecho de lateral correspondente a cada segmento da linha do gradiente de perda de carga definidos anteriormente, utilizou-se metodologia sugerida por WU & GITLIN (1974) e aperfeiçoada por WATTERS & KELLER (1978), através da Equação 3.11 abaixo. Esta Equação define a curva geral adimensional de fricção, a qual, relaciona o percentual de perda de carga que ocorre em um determinado trecho de uma tubulação com múltiplas saídas e o percentual do comprimento desse trecho, relativo ao comprimento total.

$$\cdot \frac{h_{fx}}{L/100} = J^1 F \left(\frac{x}{L} \right)^{2,75} \quad \text{Eq. 3.11}$$

Onde:

x = Distância entre o final da linha lateral e um ponto da do.

h_{fx} = Perda de carga que ocorre no comprimento x entre o final e um ponto dado na lateral, m.

L = Comprimento total da tubulação com múltiplas saídas m.

J^1 = Gradiente equivalente da perda de carga na lateral c/ emissores, de comprimento L , m/100 m.

F = Coeficiente de redução da perda de carga, para tubulações com múltiplas saídas, ou fator de Christian - sen.

Simplificando-se a Eq. 3.11, o comprimento de cada trecho de lateral correspondente a uma dada perda de carga é calculado por:

$$L_x = \left(\frac{HF_x}{HFT} \right)^{0,3636} \cdot L \quad \text{Eq. 3.12}$$

Onde:

L_x = Comprimento do trecho de lateral onde ocorre a perda de carga HF_x , m.

HF_x = Perda de carga que ocorre entre dois pontos da lateral, definido por:

$$\cdot HF_{x_1} = X_2 - X_1$$

$$\cdot HF_{x_2} = X_3 - X_2$$

: :

$$\cdot HF_{x_n} = X_n - X_{n-1}$$

Eq. 3.13

HFT = Perda de carga total na lateral com emissores, m. Da

da por $HFT = H_f + DH$, sendo

$DH =$ Variação no gradiente de perda de carga devido a declividade do terreno, m.

$L =$ Comprimento total da lateral, m.

Para a determinação do comprimento dos microtubos em cada segmento, utilizou-se a pressão média entre os extremos de cada segmento, definida pela equação:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_1 &= \frac{X_2 + X_1}{2} \\ \bar{Y}_2 &= \frac{X_3 + X_2}{2} \\ &\vdots \\ \bar{Y}_{n-1} &= \frac{X_n + X_{n-1}}{2} \end{aligned} \quad \text{Eq. 3.14}$$

Onde:

$\bar{Y} =$ Carga média entre dois extremos de segmentos de lateral m.

3.1.4 - Modelo Computacional

Para a realização da sequência de cálculos necessários ao dimensionamento das laterais, baseado no modelo proposto e apresentado acima, as equações foram codificadas em linguagem de computador, estruturado de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 3.2.

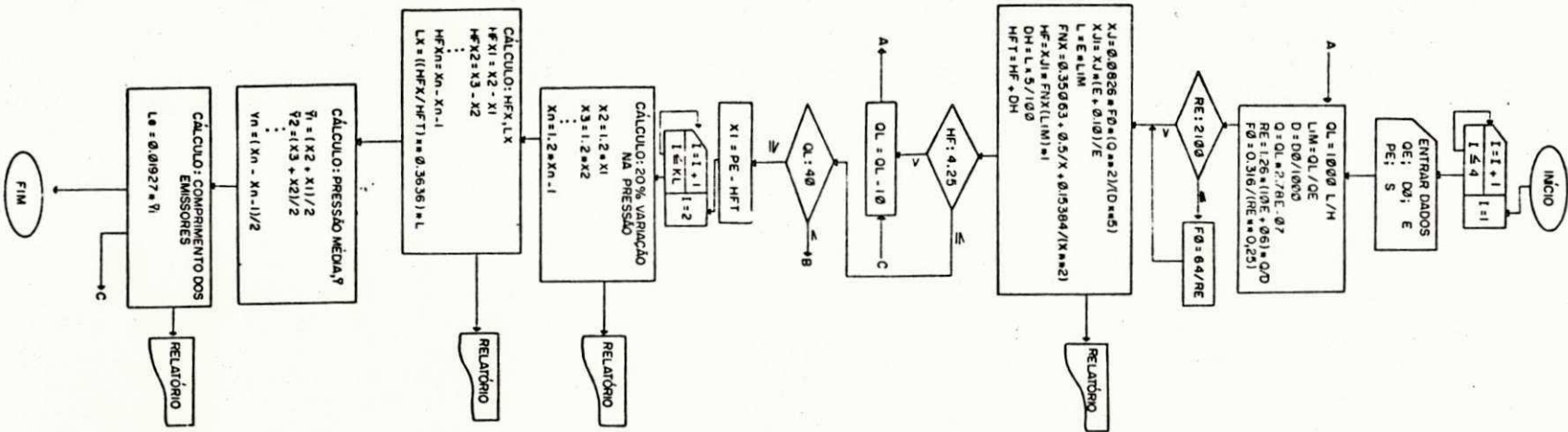


FIGURA 3.2 - Fluxograma da Sequência de Cálculos Implementados pelo Modelo.

Numa primeira fase, o modelo foi implantado em linguagem FORTRAN, estruturado em WATFIV. Posteriormente, para facilitar a sua utilização por outros usuários, o mesmo modelo foi codificado em linguagem BASIC, na versão GWBASIC, usualmente utilizada em microcomputadores tipo PC. Uma listagem do programa encontra-se no Apêndice A.

O programa, na forma atual, gera quatro tipos de tabelas, todas indexadas a partir da vazão na lateral, quais sejam:

- 1ª - Distribuição da carga hidráulica na lateral a partir do final, em segmentos da curva do gradiente de pressão, cuja variação entre extremos destes, não ultrapassa 20%.
- 2ª - Comprimento dos trechos de lateral equivalentes à variação de pressão em cada segmento calculado.
- 3ª - Valores que variáveis tais como: perda de carga total, número de Reynolds, número de saídas por lateral, comprimento da lateral, etc, assumem para cada vazão de entrada na lateral.
- 4ª - Comprimento dos emissores (microtubos) em cada trecho de lateral calculado.

3.2 - UNIFORMIDADE DOS EMISSORES

A uniformidade de fabricação/instalação do microtubo na lateral foi avaliada, efetuando-se testes com o emissor inserido em um segmento de tubo com 30 cm de comprimento. Este conjunto

to era submetido a uma determinada carga hidráulica e, medições de descarga para cada conjunto, foram realizadas com cinco repetições.

Utilizou-se dois blocos, com 10 conjuntos - segmento de tubo e microtubos - testando-se individualmente cada conjunto. O primeiro bloco era composto por 10 segmentos de tubos com microtubos de 13,5 cm, e submetidos às cargas hidráulicas de 7,0 mca e 4,0 mca. O segundo bloco, também composto por 10 segmentos de tubos com microtubos de 7,8 cm, submetidos às cargas hidráulicas de 4,0 mca e 2,0 mca.

Para se uniformizar a inserção dos microtubos nas laterais, estabeleceu-se que esta corresponderia a 5 mm, do comprimento total, do microtubo.

Para classificar os emissores segundo sua uniformidade de fabricação/instalação, utilizou-se a metodologia, recomendada por ABREU (1983), que utiliza como parâmetro o coeficiente, de variação entre as descargas coletadas nos testes de um dado conjunto emissor-segmento de tubo. O coeficiente de variação é dado por:

$$CV = \frac{S_d}{\bar{q}} \quad \text{Eq. 3.15}$$

Onde:

CV = Coeficiente de variação

Sd = Desvio padrão das vazões coletadas, l/h

\bar{q} = Vazão média, l/h

De acordo com ABREU (1983), a classificação da uniformidade de fabricação/instalação, utilizando-se o coeficiente de variação entre as descargas de um dado emissor, é a seguinte:

- . $CV < 0,05 \rightarrow$ Bom
- . $0,05 \leq CV < 0,10 \rightarrow$ Médio
- . $0,10 \leq CV < 0,15 \rightarrow$ Deficiente
- . $CV \geq 0,15 \rightarrow$ Inaceitável

Para avaliar os emissores operando em conjunto testou-se também, dez grupos de laterais com 10 emissores instalados e espaçados de um metro entre si. Após isto, avaliou-se a uniformidade de distribuição da vazão para cada grupo calculando a média, desvio padrão e os respectivos coeficientes de variação de vazão.

3.3 - UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Existem diversas fórmulas recomendadas para o cálculo da uniformidade de distribuição de água em irrigação localizada, entre as quais destacamos:

- a - SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA (1978), recomenda - da para testes de campo:

$$CU = 100 \left(\frac{\bar{q}_m}{\bar{q}_a} \right)$$

Eq. 3.16

Onde:

CU = Coeficiente de uniformidade, %

\bar{q}_m = Média das 1/4 menores vazões coletadas, l/h

\bar{q}_a = Vazão média do sistema, l/h

b - Método de Christiansen (1942), recomendado por WU & GITLIN (1974).

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\Delta \bar{q}}{\bar{q}} \right) \quad \text{Eq. 3.17}$$

Onde:

CU = Coeficiente de uniformidade, %

$\Delta \bar{q}$ = Desvio médio da média, l/h. Definido por:

$$\Delta \bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n} \quad \text{Eq. 3.18}$$

\bar{q} = Média das vazões medidas l/h

q_i = Vazão de um dado emissor, l/h

n = Número de emissores testados

3.4 - APARATO EXPERIMENTAL

Instalou-se no Laboratório de Engenharia de Irrigação, (LEI) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, um aparato experimental com duas finalidades precípuas.

- a - Caracterizar hidraulicamente o microtubo a ser utilizado como emissor, de forma a se obter informações capazes de subsidiar e estabelecer critérios para o dimensionamento do sistema.
- b - Aferir e validar os resultados dos cálculos de dimensionamento realizados pelo modelo computacional utilizando a metodologia proposta, através da comparação de dados calculados "versus" observados.

O aparato experimental instalado (Figura 3.3) era constituído de:

- . Torre de carga, com caixa estabilizadora, de altura regulável.
- . Sistema de alimentação da caixa efetuado por eletrobombas.
- . Filtro de tela.
- . Manômetros de coluna de mercúrio e mecânicos.
- . Provetas com precisão de 2 ml.
- . Cronômetros com precisão de 1/10 segundo.
- . Microtubos, tubulações de polietileno.
- . Recipientes para coleta de descargas dos microtubos em teste.
- . Perfurador manual com diâmetro de 2,50mm, equivalente ao diâmetro externo do microtubo.
- . Sistema de estacas niveladas para sustentação das linhas laterais em testes.

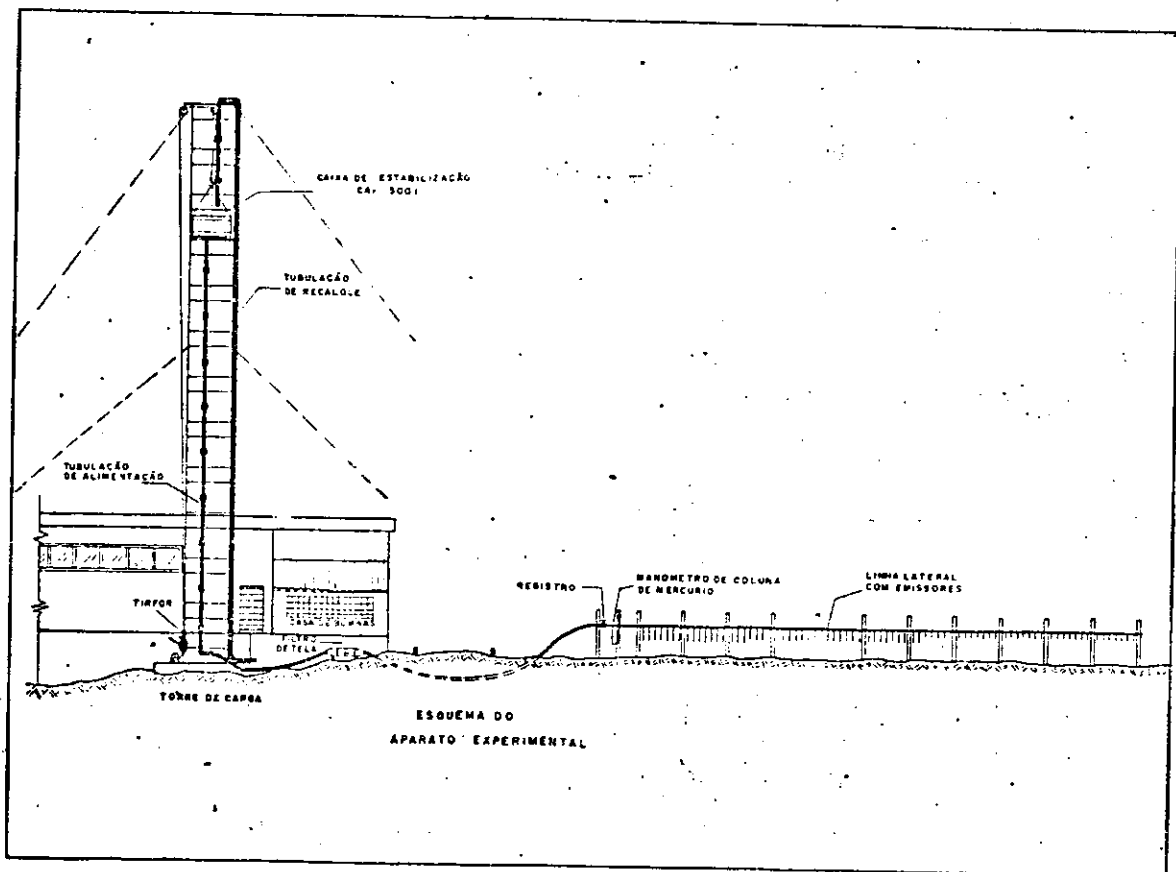


FIGURA 3.3 - Esquema do aparato experimental utilizado para os testes das linhas laterais.

- . Tabelas apropriadas para anotações dos dados observados.

3.4.1 - Caracterização Hidráulica dos Emissores

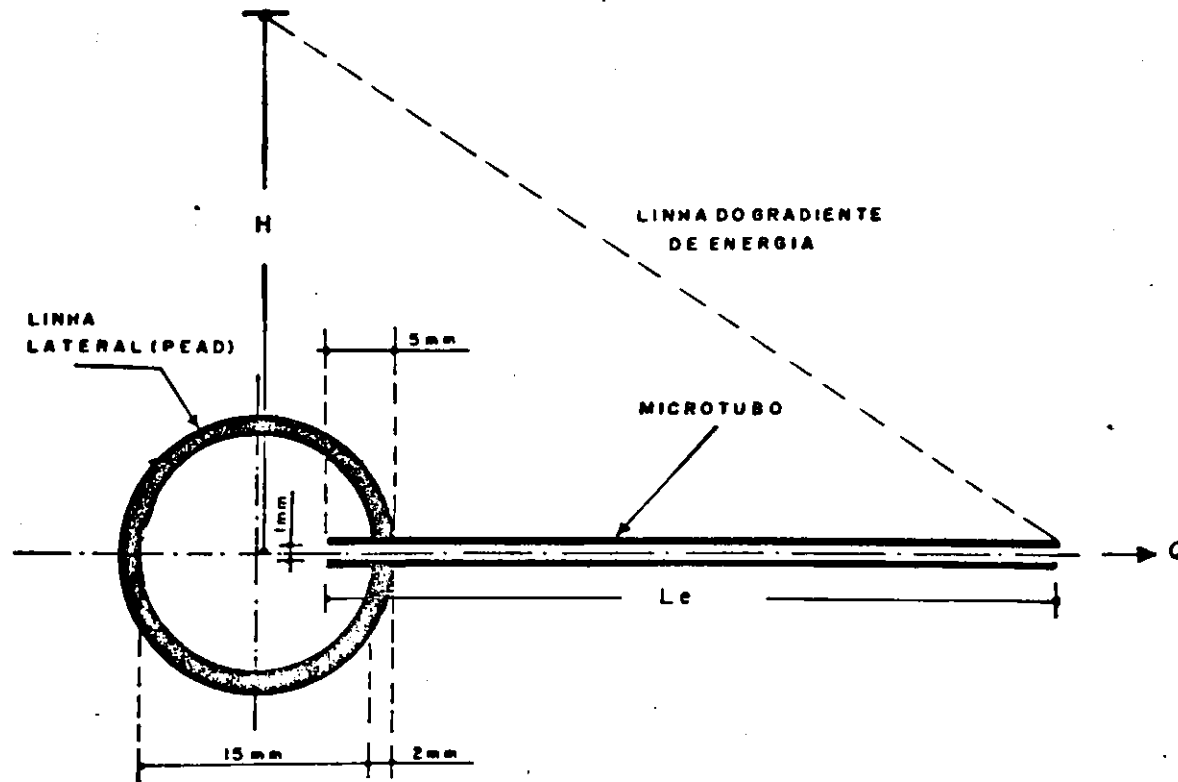
Para identificar e caracterizar hidraulicamente o microtubo a ser utilizado como emissor, efetuou-se diversos testes, interrelacionando os parâmetros vazão, carga hidráulica e comprimento do microtubo.

As curvas vazão x carga hidráulica foram construídas, utilizando-se três comprimentos de microtubo - 6 cm; 20 cm e 60 cm - submetidos a cargas hidráulicas de 3,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 e 12,0 mca.

Para curvas de vazão x comprimento do microtubo aplicou-se cargas hidráulicas de 2,80 e 7,0 mca em microtubos de comprimentos, 90,0; 70,0; 50,0; 30,0; 10,0; 5,0; 3,0 e 1,0 cm.

Os testes foram efetuados tomando-se o conjunto constituído de um microtubo, no tamanho desejado, inserido em um segmento de tubo de polietileno, já adequadamente acoplado ao sistema da torre de carga e aplicava-se cargas hidráulicas previamente definidas. As cargas hidráulicas eram provenientes do ajuste na caixa estabilizadora na torre de carga para a altura desejada, de forma a fornecer a pressão necessária. Estas pressões eram aferidas na entrada do segmento de tubo, com manômetros de coluna de Mercúrio. Foram efetuadas três medições de descarga por cada conjunto testado, para o tempo de 30 s.

Os microtubos foram inseridos no segmento de tubo através



ESQUEMA DA INSERÇÃO
DO MICROTUBO NA LATERAL

FIGURA 3.4 - Esquema de Instalação do Microtubo na Lateral.

de um orifício, confeccionado com furador manual, de diâmetro e quivalente ao diâmetro externo do microtubo. Sua fixação ao tubo se dava por pressão radial do orifício, o que, para as pressões testadas, manteve-os firmemente no lugar.

3.4.2 - Uniformidade de Distribuição de Água

Objetivando-se aferir e validar os resultados da metodologia de dimensionamento da linha lateral do sistema, efetuou-se testes de uniformidade de distribuição de água, utilizando-se três linhas laterais escolhidas aleatoriamente, e seguindo-se os passos:

- 1 - Escolha aleatória de três linhas laterais, dimensionadas pelo programa de computador para a situação em nível.

LATERAL A - CARACTERÍSTICAS:

- . Vazão = 910 l/h
- . Espaçamento entre emissores = 0,50 m
- . Comprimento total = 45,50 m
- . Número de trechos determinados = 4

LATERAL B - CARACTERÍSTICAS

- . Vazão = 310 l/h
- . Espaçamento entre emissores = 2,00 m

- . Comprimento total = 62,00 m
- . Número de trechos determinados = 1

LATERAL C - CARACTERÍSTICAS:

- . Vazão = 620 l/h
- . Espaçamento entre emissores: 1,00 m
- . Comprimento total = 62,00 m
- . Número de trechos determinados = 3

2 - Instalação e montagem das laterais no aparato experimental. Confeção dos microtubos e instalação na lateral, onde cada grupo de microtubos de igual tamanho era fixado ao respectivo trecho pré-determinado da lateral.

3 - Aferição da carga hidráulica requerida (7 mca) na entrada da lateral, através de manômetros de coluna de mercúrio e coleta dos volumes escoados através de cada emissor para um tempo de 30 s, com três repetições.

O volume coletado foi medido em provetas com precisão de 2 ml e os resultados anotados em tabelas próprias.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - UNIFORMIDADE DE FABRICAÇÃO/INSTALAÇÃO

Para se avaliar a uniformidade de fabricação / instalação dos emissores, conduziu-se testes de laboratório conforme metodologia descrita no item 3.2 do capítulo Materiais e Métodos . Os resultados obtidos são mostrados no Quadro 4.1 e 4.2 a seguir.

QUADRO 4.1 - Resultados dos Testes de Uniformidade de Fabricação/Instalação para Cargas Hidráulicas de 7, 4 e 2 mca, Comprimentos de Microtubos de 13,5 e 7,8 cm: Médias, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação das vazões.

CARGA HIDRÁULICA (mca)	7,00	4,00		2,00
COMPRIMENTO DO MICROTUBO (cm)	13,5	13,5	7,8	7,8
MÉDIA DAS VAZÕES (l/h)	10,98	7,73	9,84	6,50
DESVIO PADRÃO (l/h)	0,788	0,872	0,253	0,150
COEF. DE VARIAÇÃO (%)	7,18	11,28	2,57	2,31
CLASSIFICAÇÃO*	MÉDIO	DEFIC	BOM	BOM

ϕ do microtubo: 1,0 mm

* ABREU (1983)

Considerando a classificação proposta por ABREU (1983), e os resultados dos testes efetuados, os microtubos utilizados co

mo emissores, na sua maioria são classificados como bons ou médios, à exceção do caso onde se aplicou a carga hidráulica de 4,0 mca para o comprimento de 13,5 cm, quando o coeficiente de variação calculado foi maior que 10%, considerado, para essa condição como deficiente.

No Quadro 4.2, a seguir, são mostrados os valores obtidos numa segunda bateria de testes conduzida, com 10 repetições e microtubos de 13,5 cm de comprimento dispostos em grupos de 10 num mesmo segmento de tubulação e espaçados de 1,0 m entre si, e submetidos à pressão média de 7,0 mca.

QUADRO 4.2 - Resultados dos Testes de Uniformidade de Fabricação/Instalação para Carga Hidráulica de 7,0 mca e Comprimento de Microtubo de 13,5 cm: Média das Vazões, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação.

REPETIÇÃO	MÉDIA DAS VAZÕES (ℓ/h)	DESVIO PADRÃO (ℓ/h)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
1	11,30	0,713	6,31*
2	11,66	0,371	3,18
3	11,57	0,246	2,13
4	11,68	0,331	2,83
5	11,71	0,430	3,67
6	10,40	1,46	14,04**
7	11,83	0,410	3,46
8	12,21	0,304	2,57
9	11,19	1,04	9,29*
10	12,35	0,385	3,12

φ do microtubo: 1,0 mm

* Médios

** Deficientes

Observou-se que, entre as dez repetições efetuadas, apenas uma apresentou coeficiente de variação de vazão maior que 10% (14,04%), e outras duas apresentaram coeficientes entre 5% e 10%; o restante apresentou resultados cujos coeficientes de variação estão abaixo de 5%, demonstrando que, para as condições em que os testes foram efetuados, em 70% dos resultados obtidos, a variação da vazão devido ao processo de fabricação/instalação dos emissores, teve desvios em torno da média, abaixo de 5%.

Analisando-se o aspecto de variação de vazão devido ao processo de fabricação e de acordo com os resultados obtidos, pode-se dizer que os emissores, do modo como foram fabricados e instalados, são em geral uniformes.

4.2 - CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DO MICROTUBO

Nas Figuras a seguir, pode-se observar os resultados obtidos nos testes conduzidos para se caracterizar hidraulicamente o microtubo utilizado como emissor neste estudo.

4.2.1 - Regimes de Fluxo

A Figura 4.1 mostra os valores que o número de Reynolds e o fator de atrito " f_m " assumem para as diversas condições de escoamento no microtubo, a partir de experimentos conduzidos em laboratório.

O número de Reynolds foi calculado através da Equação 3.5 proposta por WATTERS & KELLER (1978), utilizando-se as vazões

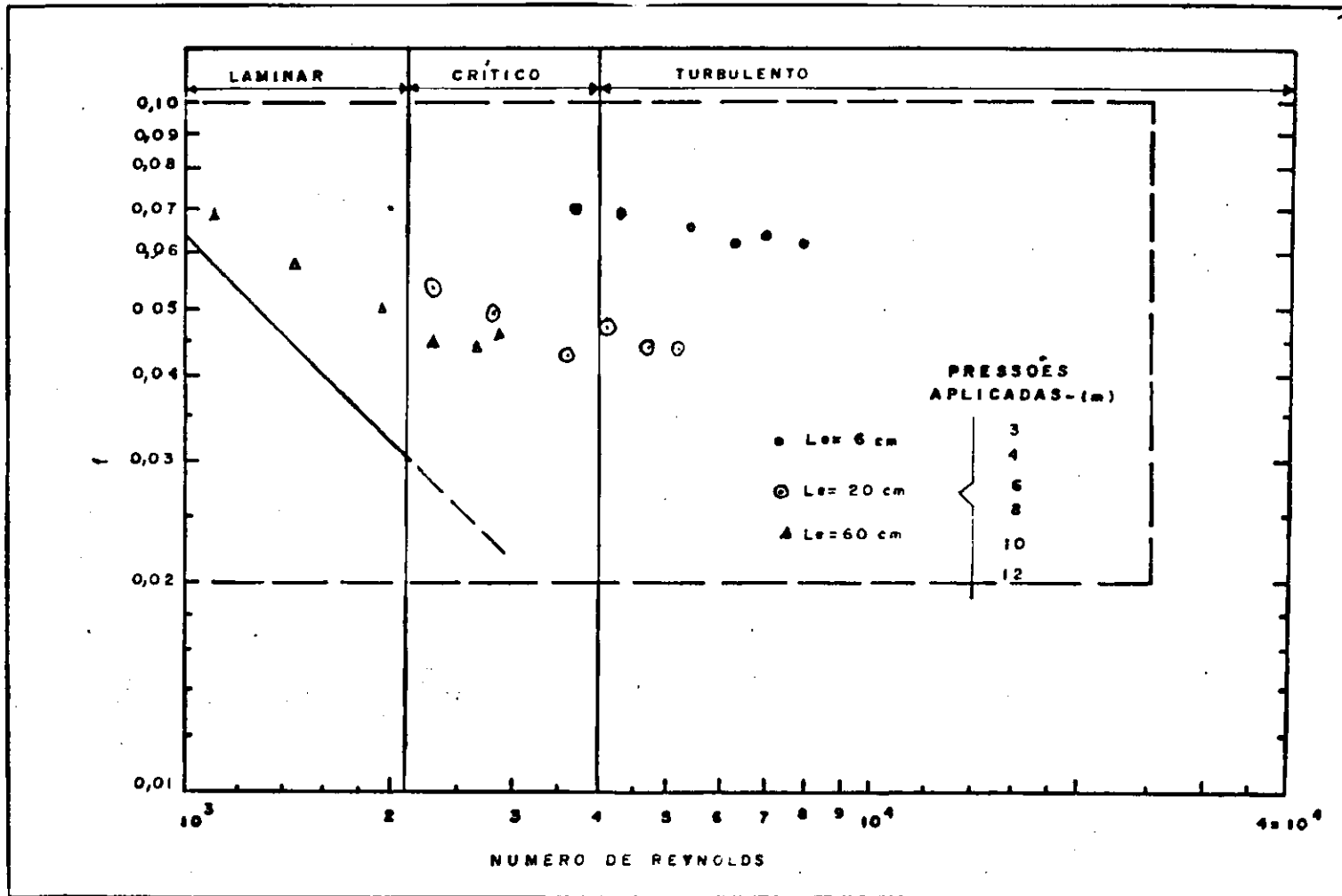


FIGURA 4.1 - Número de Reynolds e Fator de Atrito f_m para Comprimentos de Microtubo de 6; 20 e 60 cm, e Cargas Hidráulicas de 3; 4; 6; 8; 10 e 12 mca.
 ϕ microtubo: 1,0 mm

coletadas de uma dada condição de carga hidráulica - comprimento do emissor, conhecida. Para a mesma condição, estimava-se o valor de " f_m ", a partir da Equação de Darcy-Weisbach (Equação 3.2).

Verifica-se que para os emissores cujos comprimentos estão entre 6 e 20 cm, o número de Reynolds varia de 2.300 ($H = 3$ mca; $L_e = 20$ cm) até 7.900 ($H = 12$ mca; $L_e = 6$ cm).

Através destes valores, podemos afirmar que, para o microtubo avaliado com cargas hidráulicas entre 3 e 12 mca e comprimentos entre 6 e 20 cm, o regime de escoamento estará sempre em faixa acima da zona laminar. Nessas condições, as velocidades de fluxo no microtubo estão sempre entre um mínimo de 2,18 m/s e um máximo de 7,91 m/s. Estes fatos são altamente desejáveis, visto que reduzem as possibilidades de entupimentos e deposição de materiais em suspensão.

WATTERS & KELLER (1978) recomendam que, quando se trabalha com tubos de pequenos diâmetros, a parte do diagrama de Moody mais adequada para aplicação do fator de atrito " f ", a equação de Darcy-Weisbach, está compreendida entre a variação do número de Reynolds, de 10^3 até $2,5 \times 10^4$ e os valores de " f " compreendidos entre 0,02 e 0,10. Esta região do diagrama, na Figura 4.1, está delimitada pela linha pontilhada e os pontos que relacionam o número de Reynolds e o fator " f_m ", determinados através dos testes efetuados, estão compreendidos nesta região do diagrama. Observa-se ainda, a tendência de variação do regime de escoamento no emissor, tanto com a pressão quanto com o comprimento, sendo que este último exerce maior influência.

4.2.2 - Relações Características

As equações das relações características do emissor, ajustadas a partir dos valores medidos e para as condições dos testes realizados, são mostradas nas figuras a seguir.

A Figura 4.2, mostra as curvas características que relacionam vazão vs carga hidráulica para dados observados. Verifica-se que todos os valores determinados para o coeficiente de descarga x , (que caracteriza o regime de escoamento no emissor) para os testes realizados, estão dentro do intervalo correspondente ao regime instável ($0,5 < x \leq 0,8$), conforme o proposto por KELLER & KARMELI (1975) e sugeridos pelo SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA (1978). Para os emissores de comprimento entre 6 e 20 cm, os coeficientes de descarga são bastantes semelhantes entre si - 0,546 e 0,566 - aproximando-se do limite inferior do intervalo, indicando que para estas condições o escoamento no emissor é muito próximo do turbulento. Já para o emissor com comprimento de 60 cm, o coeficiente de descarga é igual a 0.656, caracterizando uma tendência para regime de escoamento laminar. Isto é confirmado observando-se na Figura 4.1, que os valores do número de Reynolds obtidos para essas condições, não ultrapassa 2.850, estando este valor aproximadamente na metade da zona crítica ou intermediária ($2100 < R < 4000$) delimitada no diagrama de Moody.

Analizando-se os mesmos resultados, sob a perspectiva da caracterização sugerida por BUCKS et al (1982), verifica-se que em todos os testes, os emissores apresentam regime de escoamen-

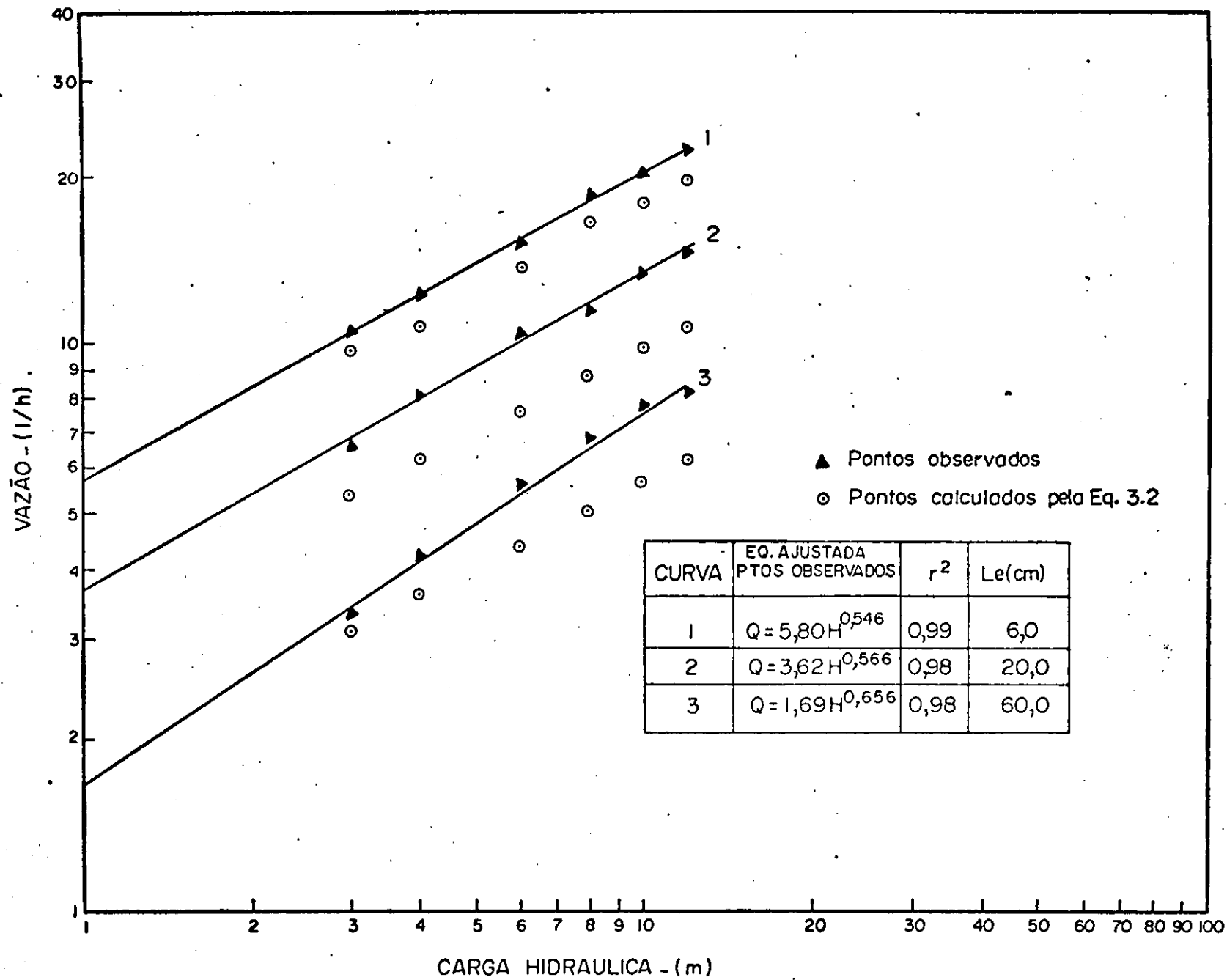


FIGURA 4.2 - Curva Característica Vazão vs Carga Hidráulica para Comprimentos do Microtubo de 6,0; 20,0 e 60,0 cm. Microtubo: 1,0 mm

to parcialmente turbulento, ou seja $0,5 < x \leq 0,7$.

Deve-se ressaltar que os valores dos coeficientes de vazão obtidos, são restritos às condições dos testes e aos comprimentos e cargas hidráulicas às quais se submeteu o microtubo utilizado como emissor.

Os pontos identificados como "calculados" na Figura 4.2, foram obtidos, para efeito comparativo, a partir da manipulação da Equação 3.2, relacionando-se os parâmetros vazão e carga hidráulica. Na referida figura os pontos plotados, foram calculados para os mesmos valores dos parâmetros utilizados na realização dos testes. Verifica-se que, uma dada vazão observada não corresponde à calculada para as mesmas condições, ocorrendo uma diferença entre estas. Essas diferenças têm duas causas básicas: a primeira é consequência dos diferentes coeficientes exponenciais de vazão das Equações, visto que na Equação 3.2 o coeficiente é quadrático, e nas Equações ajustadas não, levando em consequência a diferentes declividades entre as curvas e estas diferenças serão tanto maior quanto maior for a diferença entre o coeficiente exponencial das Equações de vazão observada e calculada; a segunda é decorrente do ajustamento da Equação 3.2 do modelo, na qual o fator " f_m " é estimado. Para as equações ajustadas com dados observados, o valor de " f_m " estar incorporado ao fator de proporcionalidade das Equações.

Observa-se ainda na Figura 4.2, que as curvas ajustadas, para uma determinada faixa de variação de comprimento do emissor, têm praticamente a mesma declividade, sendo que esta posi-

ção relativa e/ou declividade são função da grandeza da relação carga hidráulica/comprimento do microtubo, que alteram o valor do fator de proporcionalidade e do coeficiente exponencial da vazão.

Na Figura 4.3 são apresentadas as curvas características que relacionam a vazão vs comprimento do emissor, onde também são apresentados pontos calculados através da Equação 3.2. Nessa figura, como na anterior, as diferenças entre os pontos calculados e observados têm basicamente as mesmas causas, decorrentes dos diferentes coeficientes exponenciais. Nessa figura, estimando-se os regimes de escoamento para as diversas situações, pode-se dizer que emissores com comprimentos acima de 20 cm para pressões de 7,0 mca e de 5 cm para pressão de 2,8 mca, o regime de escoamento é intermediário tendendo para laminar ($R < 3000$). A Figura 4.4 mostra uma curva ajustada para a relação vazão vs razão carga hidráulica/comprimento do emissor (H/L_e), e também pontos calculados a partir da Equação 3.2. Observa-se que a vazão no emissor é proporcional à razão H/L_e , sendo que esta proporção é aproximadamente igual à raiz cúbica da razão carga hidráulica/comprimento do emissor. Observa-se ainda, que para se obter uma vazão equivalente a 10 l/h, através da curva ajustada, a relação entre a carga hidráulica e o comprimento do microtubo, para uma dada condição, deve ser de aproximadamente 55 vezes. Calculando-se essa relação para a Equação 3.2, verifica-se que, para se obter a mesma vazão, a relação é menor 5,4%, ou seja igual a 52 vezes. Esta diferença pode ter sua ex-

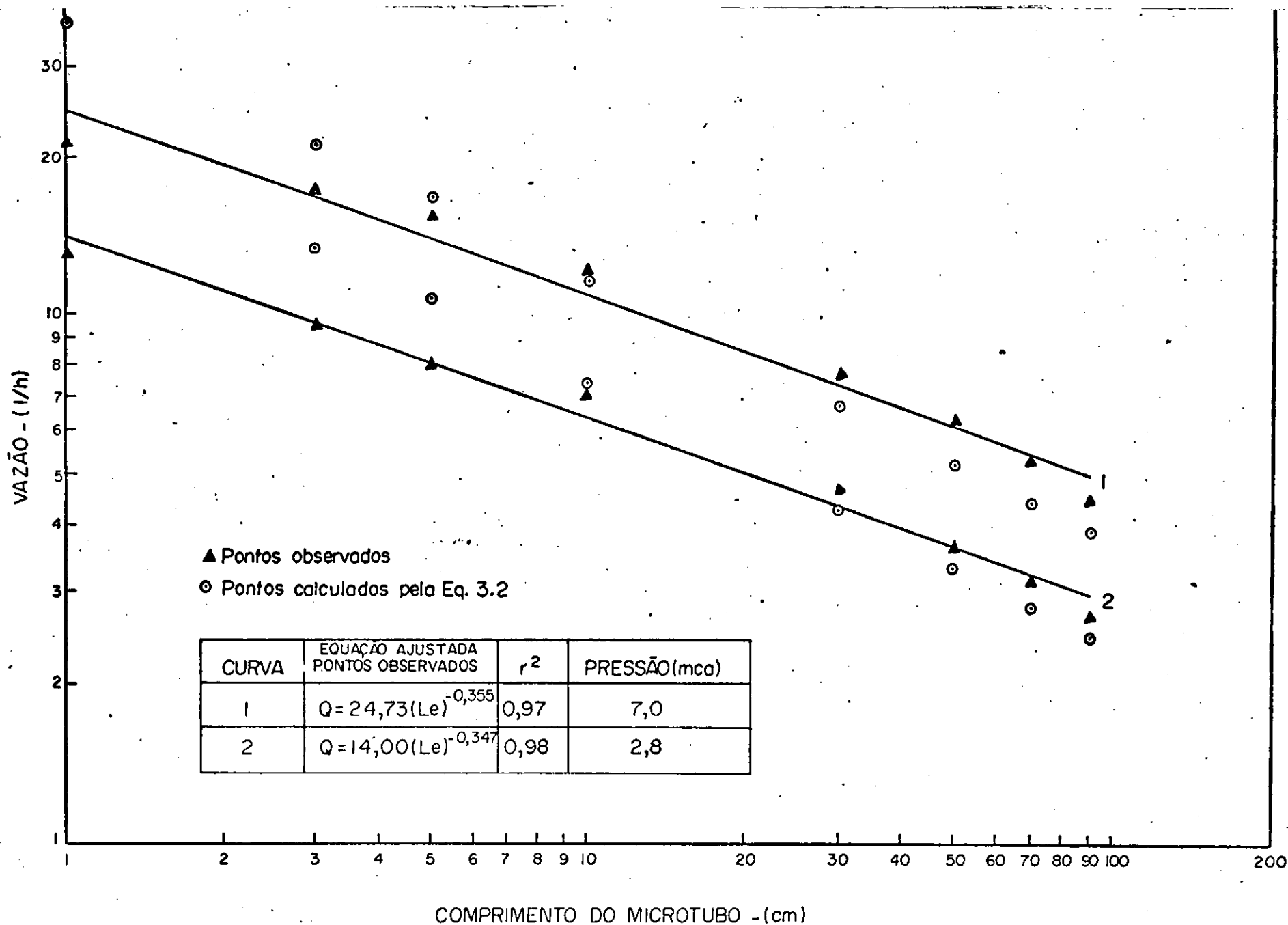


FIGURA 4.3 - Curva Característica Vazão vs Comprimento do Microtubo para Cargas Hidráulicas de 7,0 e 2,8 mca.
 φ Microtubo: 1,0 mm

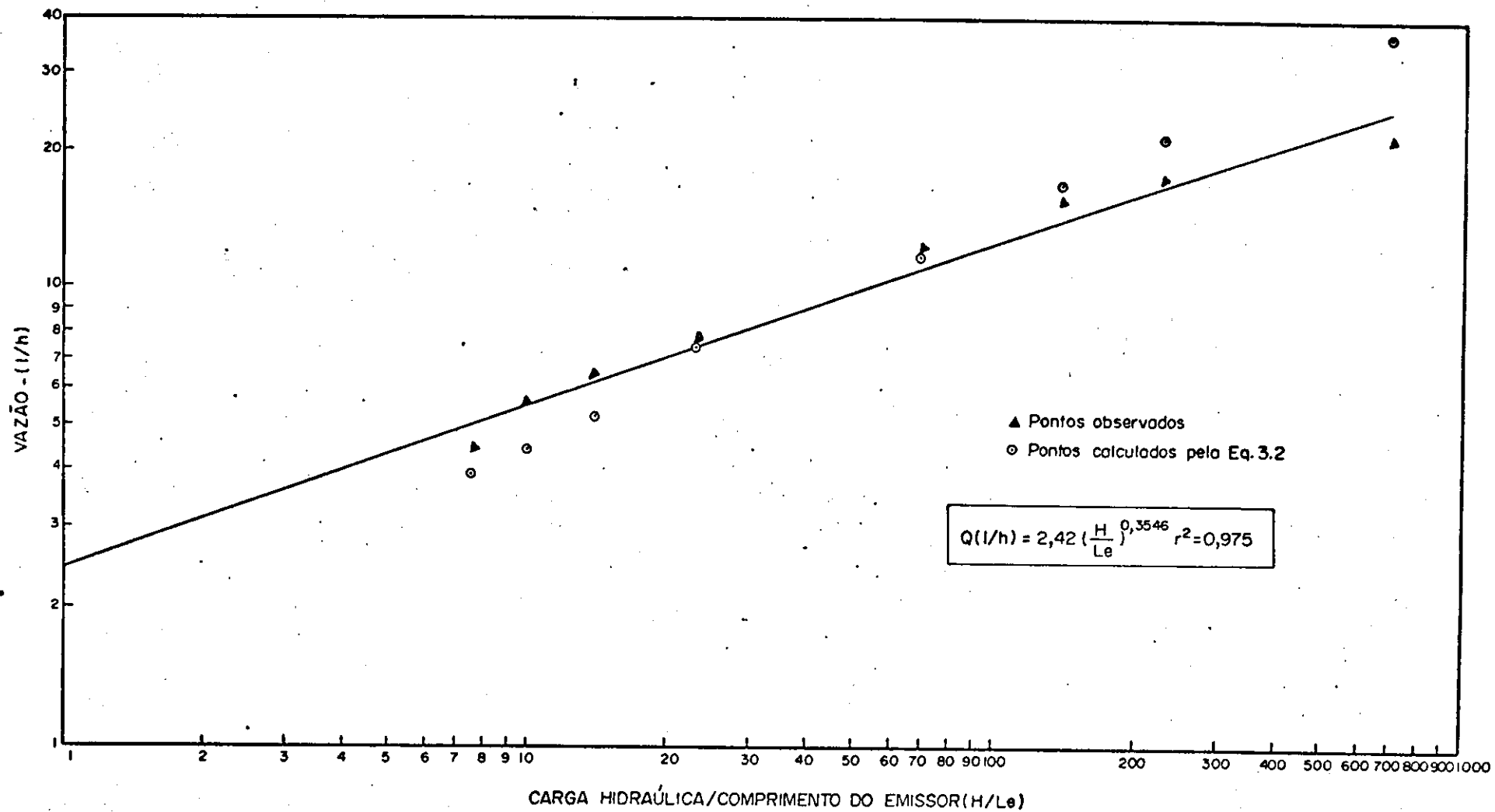


FIGURA 4.4 - Curva Característica Vazão vs Razão Carga Hidráulica/Comprimento do Emissor:
 ϕ microtubo: 1,0 mm

plicação no ajuste do fator "fm" que pode ter sido subestimado implicando em superestimativas dos comprimentos dos emissores calculados pela Equação 3.2.

4.3 - UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Utilizando o aparato experimental descrito no item 3.4 e esquematizado na Figura 3.3, conduziu-se testes em laboratório, para se coletar e medir as vazões em três linhas laterais, dimensionadas através do modelo, e escolhidas aleatoriamente nas listagens emitidas pelo computador, para o caso em que estas estão em nível, com a finalidade de se avaliar a metodologia proposta, através da uniformidade de distribuição de água ao longo das tubulações laterais.

Nas Figuras 4.5, 4.6 e 4.7, a seguir, pode-se observar a distribuição dos dados das vazões coletadas, vazões médias, desvio padrão e coeficientes de distribuição de água, calculados a partir dos valores obtidos dos testes realizados com as laterais, cujas características estão descritas no item 3.4.2. E cujos comprimentos de trechos e tamanhos de emissores que foram determinados respectivamente pelas Equações 3.12 e 3.2, podem ser vistos nas Figuras 4.7, 4.8 e 4.9.

O coeficiente de uniformidade foi calculado utilizando-se dois métodos: o do SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA (1978) e o de CHRISTIANSEN (1942).

A lateral com emissores espaçados a cada 0,50 m, (Figura 4.5) apresentou os seguintes resultados: vazão média, 9,79 l/h;

desvio padrão, 0,695 ℓ/h e coeficientes de variação de vazão igual a 7,10%. Os coeficientes de uniformidade foram respectivamente: 89,27 e 94,24%.

Para a lateral com emissores espaçados a cada 1,0 m (Figura 4.6) os resultados obtidos foram respectivamente: vazão média, 9,11 ℓ/h ; desvio padrão, 1,23 ℓ/h e coeficientes de variação de vazão igual a 13,50%; e coeficientes de uniformidade iguais a: 83,20 e 89,58%.

A lateral com emissores espaçados a cada 2,0 m (Figura 4.7), apresentou, como pode ser visto, os seguintes resultados: vazão média observada, igual a 9,77 ℓ/h ; desvio padrão, 1,318 ℓ/h e coeficiente de variação de vazão igual a 13,49%; e as uniformidades de distribuição, calculadas pelos dois métodos citados anteriormente, foram: 81,62 e 89,39%.

Analisando-se os resultados obtidos, observa-se que as laterais com emissores espaçados de 1,0 e 2,0 m respectivamente, os coeficientes de variação foram elevados (13,50 e 13,49%) apesar de que as médias das vazões obtidas tiveram variações em relação à média esperada, menores que 10%, respectivamente, -8,9 e -2,3%. O melhor coeficiente de variação, 7,10% representando uma diferença entre a vazão média esperada e a observada, de -2,1%, foi obtido para a lateral com emissores espaçados de 0,50 m, e com maior número de trechos determinados pelo modelo.

Nenhuma das médias totais das vazões observadas foram superiores ou iguais a média esperada. Este fato pode ser deriva-

do das seguintes causas:

- 1 - A estimativa do valor do fator de atrito " f_m " usado na Equação 3.2 que calcula o comprimento dos emissores pode ter sido subestimado, levando em consequência a se superestimar o comprimento dos emissores, desequilibrando a relação ideal entre a carga hidráulica e o comprimento dos emissores, como pode ser visto pelas Equações ajustadas, a partir de dados observados na Figura 4.4, onde se sugere que a relação ideal deve ser $H/L_e = 55$. Subestimativas do valor de " f_m " significam "menores" perdas de carga. Consequentemente, para se obter, calculando-se através da Equação 3.2, comprimentos de emissor para vazões constantes, resulta em maiores comprimento de emissor para uma mesma carga hidráulica, o que altera a relação H/L_e para um valor menor que 55 vezes. Reduzindo-se a relação H/L_e a vazão que escoar no emissor se reduz, alterando o regime de escoamento, e conduzindo para situações onde o escoamento no emissor é próximo do laminar (vazões abaixo de 8 l/h) tornando-o mais sensível às variações de temperatura da água.
- 2 - O modelo utiliza para o cálculo do comprimento dos emissores em cada trecho, o valor médio das cargas hidráulicas dos extremos desses trechos. Considerando-se que, admitiu-se uma variação máxima da carga hidráulica entre os extremos de um mesmo trecho, igual

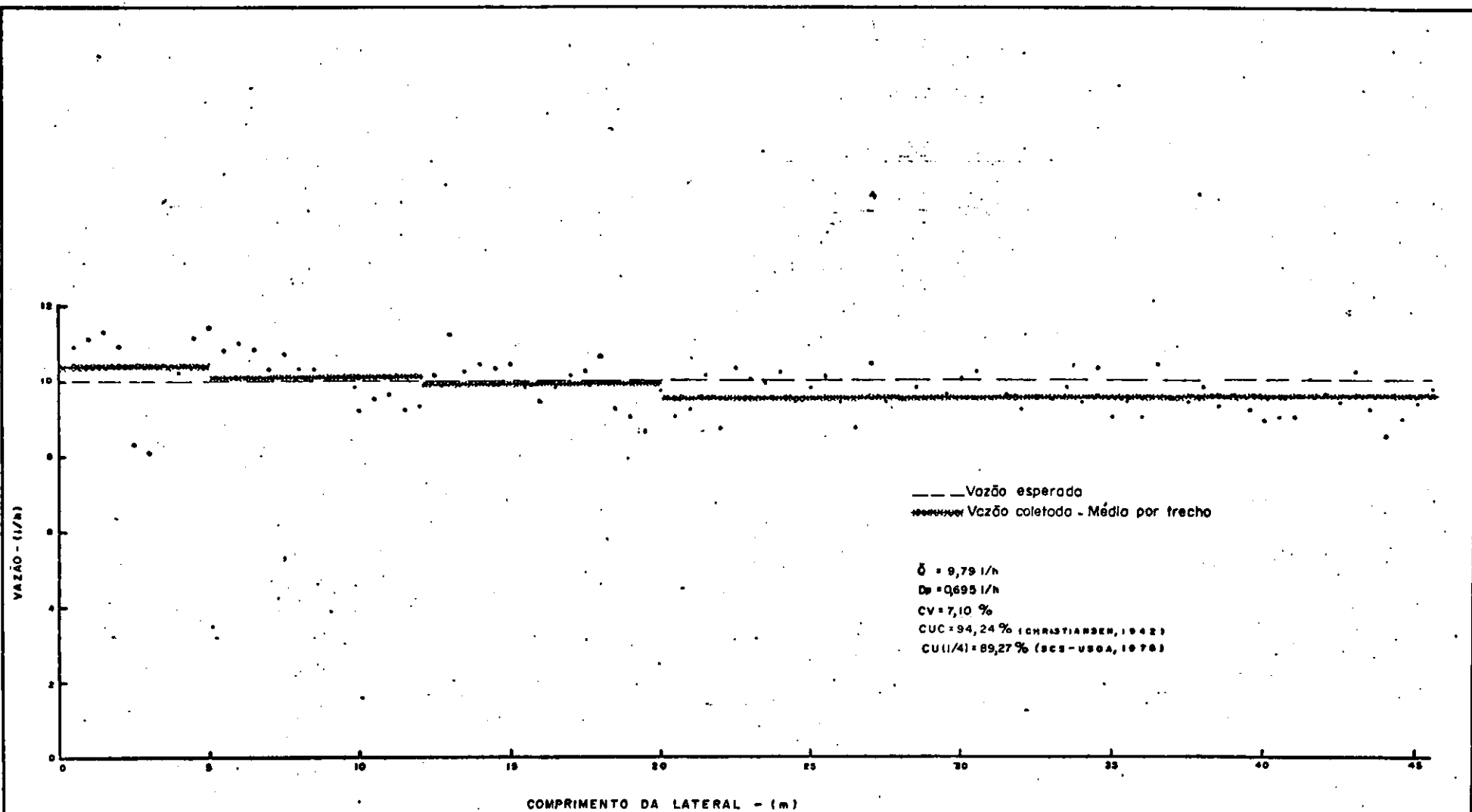


FIGURA 4.5 - DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO NA LATERAL
 $E = 0,50 \text{ m}$ $LL = 45,50 \text{ m}$

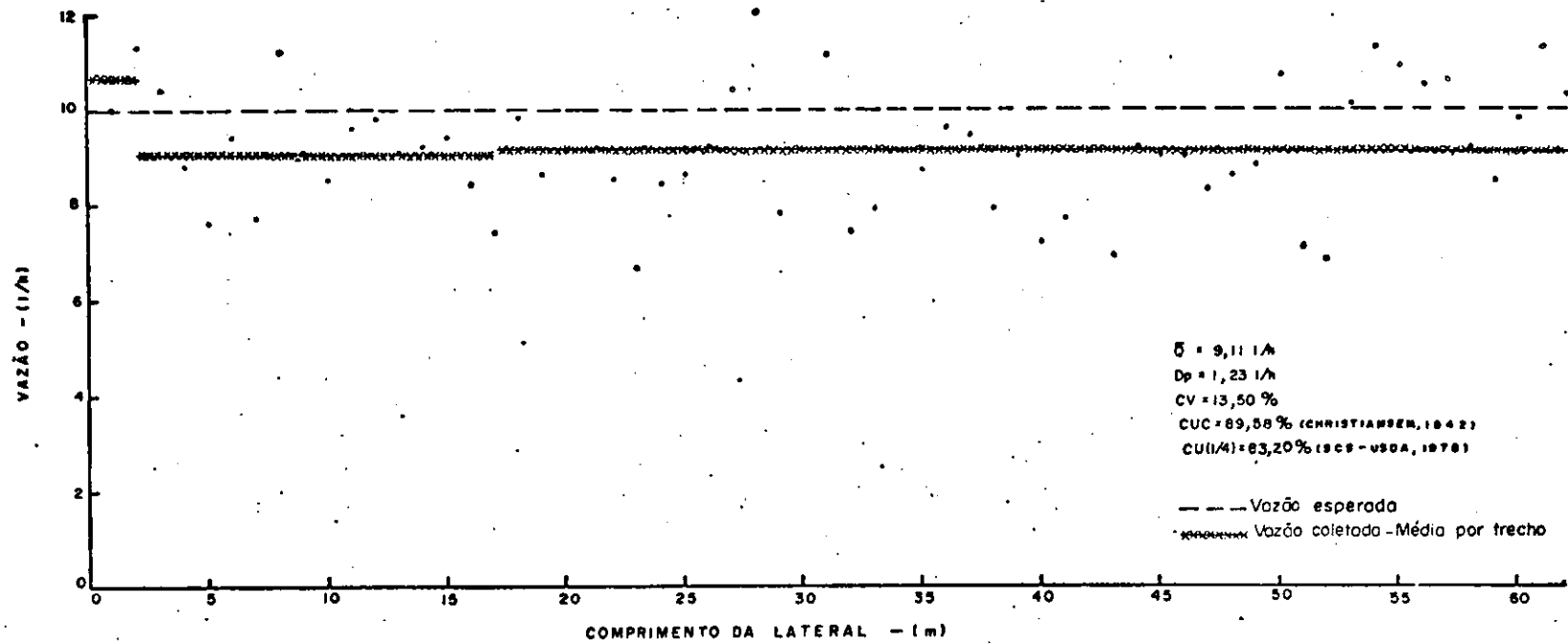


FIGURA 4.6 - DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO NA LATERAL
 $E = 1,00\text{m}$ $LL = 62\text{m}$

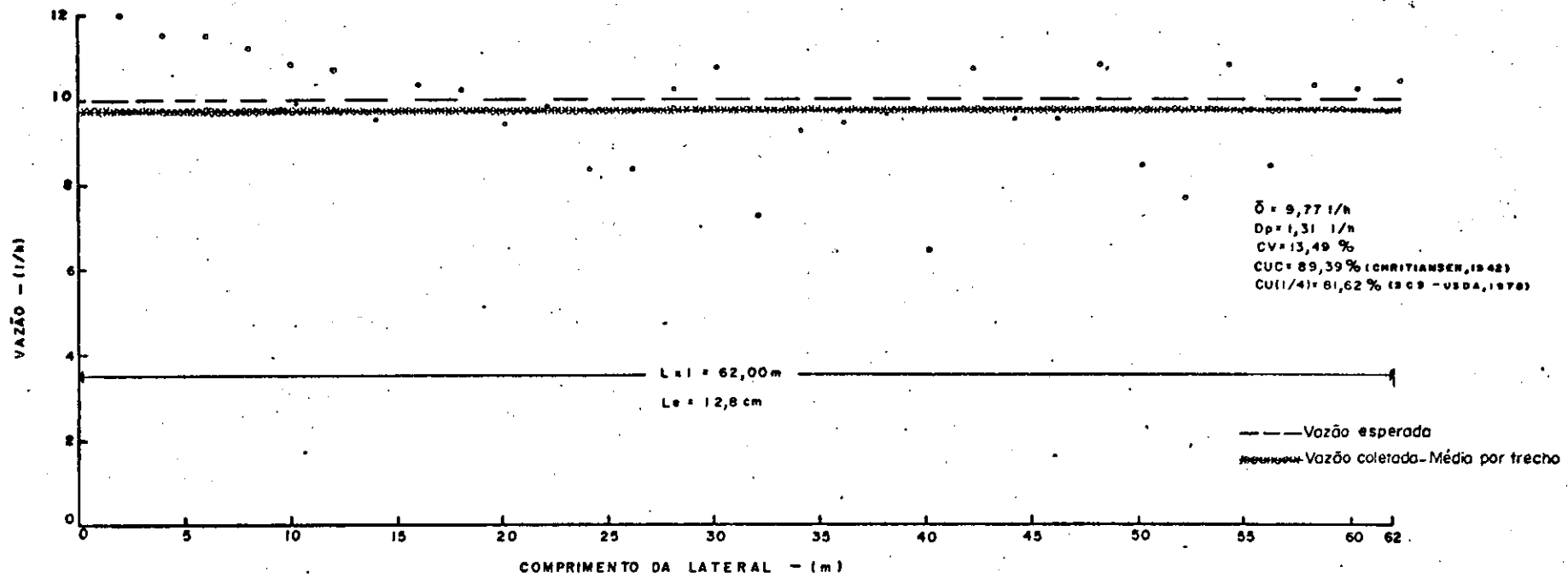


FIGURA 4.7 - DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO, DOS EMISSORES E COMPRIMENTOS DE TRECHOS

E = 2,0 m LL = 62 m

a 20%, o que conduziria a que, em um dado trecho, os emissores, a partir do centro do trecho operassem sob cargas hidráulicas que variassem de 0 a $\pm 10\%$ em relação à carga média desse trecho, esperando-se que as variações de vazão nesse trecho fossem da ordem de $\pm 5\%$ em relação à vazão média calculada. Essas considerações que foram adotadas, levam a linearização da distribuição de pressão dentro do trecho o que pode ser um fator de erro. A amplitude de 20% de variação de pressão entre extremos de um trecho, pode não ser a mais adequada, dependendo do espaçamento entre emissores, pois a medida que este aumenta, a vazão na lateral se reduz, para compensar o aumento no comprimento total, visto que a lateral tem o diâmetro constante, e a perda de carga está limitada a um valor máximo admissível, pré-estabelecido no modelo. Isto pode ser observado nas tabelas para dimensionamento do sistema, emitidas pelo computador como resultado dos cálculos efetuados através do modelo, contidas no Apêndice B.

- 3 - Em decorrência das variações no regime de fluxo interno onde, numa mesma lateral, com múltiplas saídas e diâmetro constante, o regime de escoamento varia de turbulento a instável e laminar, a partir do início até o final. Em regimes de escoamento instável e laminar, o efeito da rugosidade da tubulação sobre a perda de carga é maior e, nesse caso, as perdas devido à

inserção dos emissores podem aumentar, influenciando significativamente na distribuição de pressão estimada pelo modelo.

Estas considerações podem ser melhor justificadas, quando se analisa os dados de distribuição de vazão em cada trecho, das laterais submetidas a testes. Observa-se, nos resultados dos testes de uniformidade de vazão, apresentados anteriormente, que nos trechos iniciais da lateral, as vazões médias observadas são sempre bastante próximas da vazão média esperada (10 l/h). Ocorre que, a partir do segundo, terceiro ou quarto trecho, dependendo do número de trechos de lateral, a vazão média observada diminui para valores cujo desvio está em torno de 10% em relação à vazão média esperada.

As Figuras 4.7, 4.8 e 4.9 mostram esquematicamente a distribuição dos emissores nas laterais e seus respectivos tamanhos em cada trecho, a ainda o comprimento destes trechos. Observa-se também nestas figuras, que o comprimento dos trechos de lateral calculados pelo modelo, diminuem a partir do final até o início da tubulação. Este fato está relacionado com o princípio de que, aproximadamente 60% das perdas de carga, em tubulações com múltiplas saídas, ocorrem no terço inicial da tubulação, ou seja, a mesma variação de 20% entre a pressão dos extremos de um dado comprimento de trecho, ocorre em trechos sucessivamente menores quando se tem maiores vazões escoando nesses trechos. E isto pode ser visto nas Figuras 4.10 e 4.11, onde estão plotados os dados de distribuição de pressão estimadas pelo

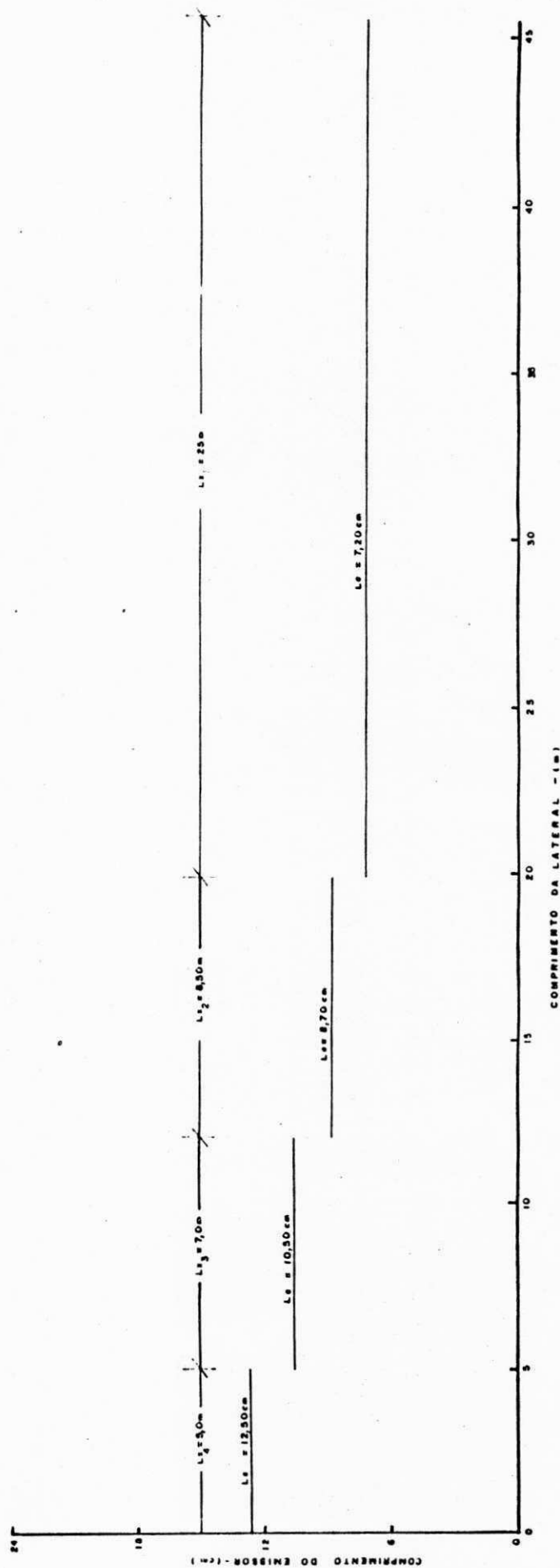


FIGURA 4.8 - DISTRIBUIÇÃO DOS EMISSORES NA LATERAL
 E = 0,50m LL = 45,50m

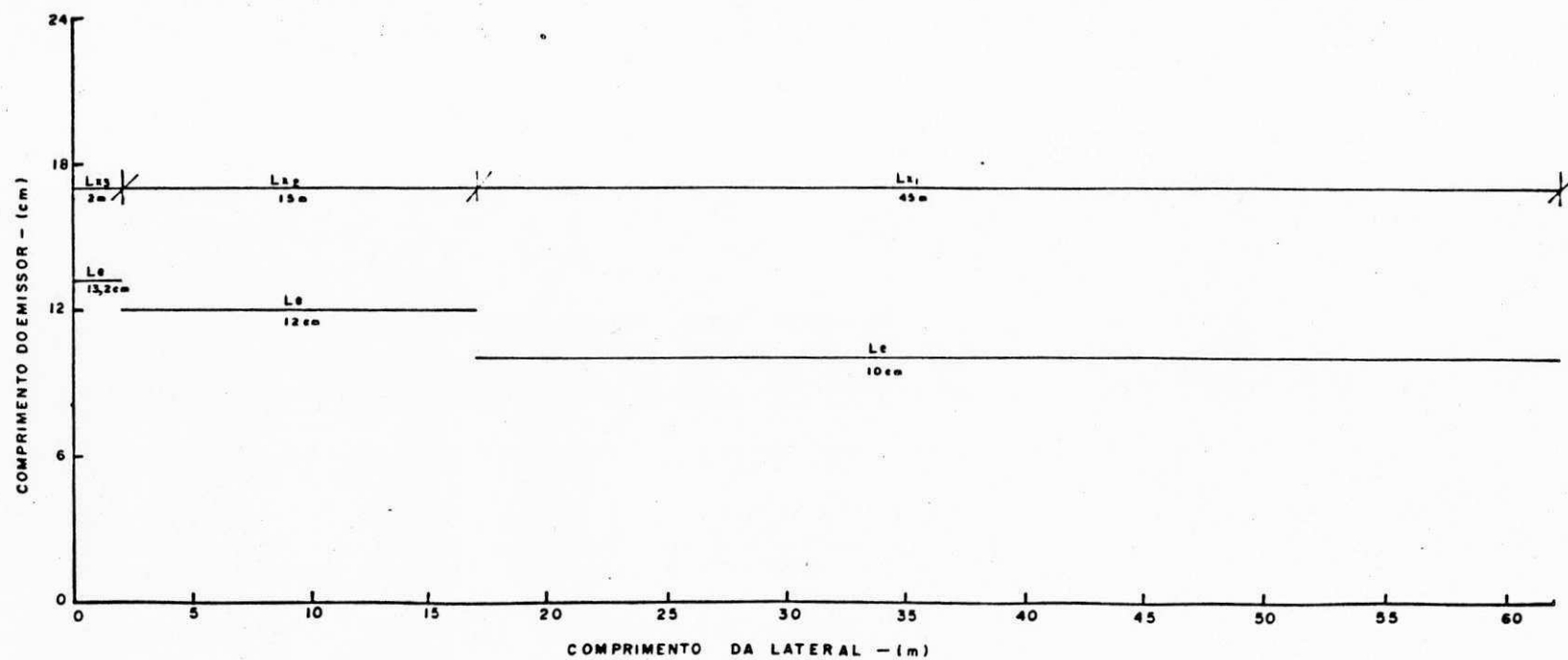


FIGURA 4.9 - DISTRIBUIÇÃO DOS EMISSORES NA LATERAL

E=1,00m LL = 62m

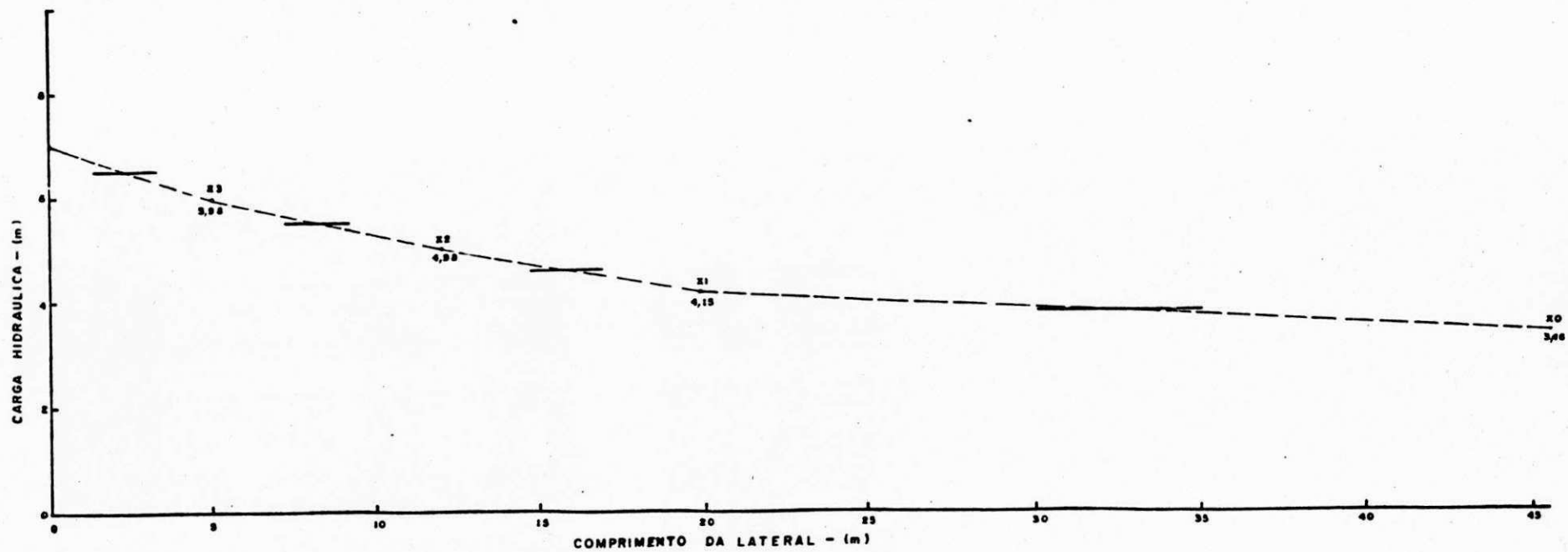


FIGURA 4.10 - DISTRIBUIÇÃO DA CARGA HIDRAULICA NA LATERAL
 $E = 0,50m$ $LL = 43,50m$

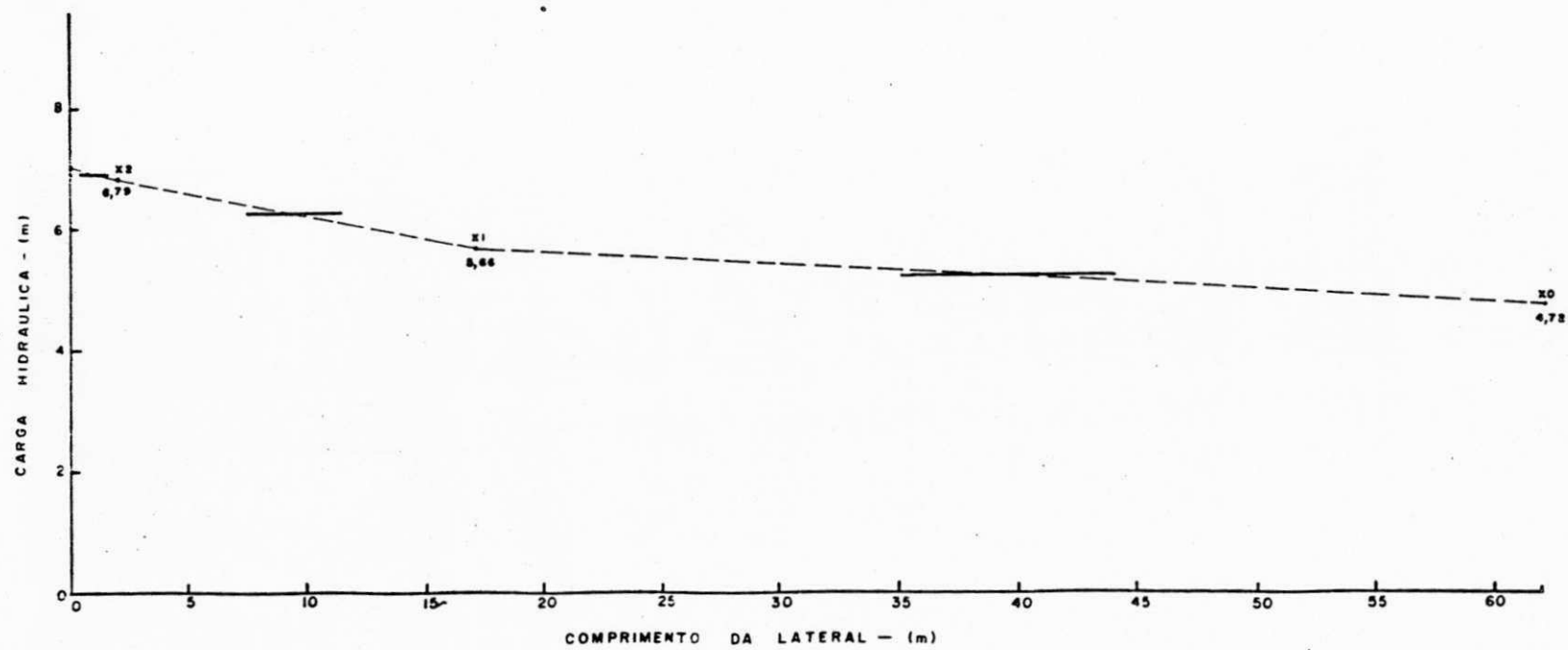


FIGURA 4.11 - DISTRIBUIÇÃO DA CARGA HIDRAULICA NA LATERAL
 E = 1,00m LL = 62m

modelo, para duas das laterais utilizadas nos testes. Nessas figuras, as barras horizontais em negrito, interceptam o ponto médio de carga hidráulica, cujo valor é utilizado na Equação 3.2, para o cálculo do comprimento dos emissores. Para a linha lateral dimensionada pelo modelo, com emissores espaçados de 2,0 m entre si e comprimento de 62 m, não ocorreu subdivisões, ou seja, a perda de carga que ocorre nesta lateral é inferior à variação de 20% admissível entre extremos dos trechos.

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo conduzido neste trabalho, para as condições em que o mesmo foi desenvolvido e baseado nos resultados apresentados, permite as seguintes conclusões:

- . Os microtubos utilizados como emissor neste estudo, da forma como foram fabricados e instalados, e de acordo com os resultados obtidos, são considerados de boa e/ou média uniformidade em relação ao processo de fabricação/instalação e seus efeitos sobre a uniformidade de distribuição de água, sendo viável sua utilização como emissores.
- . O comprimento dos emissores determinados pelo modelo, para as condições e critérios estabelecidos, variam de 5,90 a 13,4 cm. Esta amplitude está de acordo com as expectativas do estudo, visto que, para a variação de pressão admissível na lateral, de 2,75 a 7,0 mca, as velocidades de escoamento no emissor serão sempre acima de 2,18 m/s. Esse fato favorece ao sistema como um todo reduzindo as possibilidades de entupimentos frequentes.
- . Para as condições em que se realizaram os testes, o regime de fluxo nos emissores é caracterizado como instável e parcialmente turbulento. Essas condições de escoamento reduzem a sensibilidade do microtubo às variações de temperatura e entupimentos frequentes.
- . O perfil de distribuição de pressão estimado pelo mode-

lo, mais se aproxima do real, quanto maior for o número de subdivisões que ocorrem nas laterais, sendo as situações mais recomendadas.

- . Os coeficientes de uniformidade de distribuição de água médios para os testes efetuados, determinados pelos métodos do SCS - USDA (1978) e CHRISTIANSEN (1942) já descritos, foram respectivamente: 84,6 e 91,07%.
- . Considerando o processo artesanal e o baixo custo de fabricação/instalação, laterais com emissores tipo microtubos de tamanhos variados, dimensionados pelo modelo e para os critérios e limites estabelecidos neste estudo, podem ser utilizados em sistemas localizados para irrigação de pequenas áreas, obtendo-se razoáveis níveis de uniformidade de distribuição de água.

Aqueles interessados em dar prosseguimento aos estudos iniciados neste trabalho, faz-se as seguintes recomendações:

- . Avaliar e implementar o modelo proposto, para tubulações laterais em desnível e para diferentes diâmetros de tubulações e microtubos.
- . Efetuar estudos mais abrangentes para a estimativa do fator de atrito "fm" em emissores tipo microtubos, utilizando diferentes diâmetros.
- . Tendo-se como viável o uso de microtubos como emissores em sistema localizados, buscar melhores alternativas para a instalação dos emissores nas tubulações laterais.

- . Avaliar o modelo proposto para dimensionamento com variações de pressão, entre extremos de cada trecho, inferior a 20%, tais como: 10 e 15%, relacionando-se esses critérios com o espaçamento entre emissores e a vazão na lateral.
- . Avaliar o modelo proposto, considerando uma distribuição de pressão não linear em cada trecho.
- . Conduzir experimentos com os emissores utilizados neste estudo, com finalidade de avaliar: desempenho operacional; sensibilidade a entupimentos; sensibilidade à variações de temperatura; durabilidade e uniformidade de aplicação de água a nível de campo.

6 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 1 - AZEVEDO, C. A. V.; "Processos analíticos e gráficos para dimensionamento de laterais e terciárias no sistema de irrigação localizada com tubos perfurados (xique - xique)". UFPb. Campina Grande, 1984. 204 p (Tese MsC).
- 2 - ABREU, J. M. H.; LOPEZ, J. R.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ , J. F. G.; "Aspectos hidráulicos". In: III Curso Internacional de Riego Localizado. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Centro Nacional de Canárias, Tenerife, Espanha, 1983. Tomo I; Vol. I, 125 p.
- 3 - BERNARDO, S.; "Manual de Irrigação". Imprensa Universitária, UFV. Viçosa, 1982.
- 4 - BUCKS, D. A.; MYERS, L. E.; "Trickle irrigation - application uniformity from simple emitters". Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. Vol 16, nº 6, 1973. pp 1108 - 1116.
- 5 - BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; WARRICK, A. W.; "Principles, practices, and potentialities of trickle (drip) irrigation". In: Advances in irrigation (Hillel, D. ed). Academic Press, New York. 1982, pp 220 - 290.
- 6 - BRASIL, SUDENE, "A problemática e a política da terra e a água do Nordeste". Recife, SUDENE, 1985, 298 p.
- 7 - CHRISTIANSEN, J. E.; "Irrigation by sprinkling". University of California. Bekerly, California, Bulletin 670 , 1942, 124 p.

- 8 - EMBRAPA - CPATSA; "Pesquisa em irrigação no trópico semi-árido: solo-água-planta". Boletim de Pesquisa nº 4. Petrolina, 1981. 85 p.
- 9 - EMBRAPA - CPATSA; "Pequena irrigação para o trópico semi-árido: vazantes e cápsulas porosas". Boletim de Pesquisa nº 3, Petrolina, 1981. 62 p.
- 10 - EMBRATER. "Sistema de convivência com a seca para a pequena e média propriedade do Nordeste semi-árido". Documento nº 15. Brasília, 1981. 44 p.
- 11 - GILLESPIE, V. A.; PHILLIPS, A. L.; WU, I. P. "Drip irrigation design equation". Journal of the Irrigation and Drainage Division. ASCE, Vol. 105 IR3. 1979. pp 247 - 257.
- 12 - HOWELL, T. A.; HILLER, E. A.; "Trickle irrigation lateral design". Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. Vol. 17. nº 5, 1974. pp 902 - 908.
- 13 - HOWELL, T. A.; STEVENSON, D. S.; ALJIBURY, F. K.; GITLIN H. M.; WU, I. P.; WARRICK, A. W.; RAATS, P. A. C.; "Design and operation of trickle (drip) systems". In: Design and operation of farm irrigation systems. (Jensen M. E.). ASAE Monograph nº 3. Saint Joseph, Michigan, 1980. Chapter 16, pp 663-713.
- 14 - KENWORTHY, A. L.; "Trickle irrigation - the concept and guidelines for use". Michigan Agriculture Experiment Station. Michigan State University, Research Report 165, Farm Science, 1972, 20 p.

- 15 - KHATRI, K. C.; WU, I. P.; GITLIN, H. M.; PHILLIPS, A. L.
"Hydraulics of microtube emitters". Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 105 IR2, pp 163-173.
- 16 - KELLER, J.; KARMELI, D.; "Trickle irrigation design".
Rain Bird Sprinkles Manufacturing Corp. Glendora, California, 1st ed. 1975, 133 p.
- 17 - MYERS, L. E.; BUCKS, D. A.; "Uniform irrigation with low pressure trickle systems". Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 98, IR3, 1972. pp 341 - 346.
- 18 - NEVES, E. T.; "Curso de hidráulica". 8ª Ed. Editora Globo, Porto Alegre, 1986, 577 p.
- 19 - OLITTA, A. F. L.; "Os métodos de irrigação". Editora Nobel, 1977. 267 p.
- 20 - OLIVEIRA, C. A. S.; BERNARDO, S.; FERREIRA, P. F.; VIEIRA, M.; "Características hidráulicas de gotejadores".
Revista Ceres, Universidade Federal de Viçosa, Vol. 26 nº 146. 1979. pp 352 - 359.
- 21 - RUSSO, JR., M.; "Irrigação por gotejo". CESP. São Paulo, 1980. 47 p.
- 22 - SOIL CONSERVATION SERVICE - USDA. "Trickle irrigation".
National Engineering Handbook. Section 15, Chapter 7 , 1978.

- 23 - SALINAS, L. H. IAP.; BRITO, R. A. L.; "Proposta para um plano de pesquisa aplicada em manejo de água e solo , nas zonas semi-áridas do Rio Grande do Norte". EMPARN, Documento nº 3. Natal, 1982. 29 p.
- 24 - SCALOPPI, E. J.; "Características dos principais sistemas de irrigação". Revista Item - Irrigação e Tecnologia Moderna da Assoc. Bras. de Irrigação e Drenagem , nº 25. Brasília-DF. Junho, 1986, pp 22 - 27
- 25 - SOARES, A. A.; BERNARDO, S.; LOUREIRO, B. T.; CONDE, A. R.; "Características hidráulicas do microtubo cipla e de linhas laterais para irrigação por gotejamento". Revista Item - Irrigação e Tecnologia Moderna da Assoc. Bras. de Irrigação e Drenagem. nº 10. Brasília-DF. Setembro, 1982. pp 5 - 9.
- 26 - STEVENSON, D. S.; "Guide to design and operation of trickle irrigation systems". Canada Agriculture Research Station. Summerland, 1973. 22 p.
- 27 - SOLOMON, K. H.; "Global uniformity of trickle irrigation systems". American Society of Agricultural Engineers . Paper nº 84-2103. Saint Joseph, Michigan, 1984. 27 p.
- 28 - SALAZAR, C.; SMAJSTRLA, A.; "Trickle irrigation lateral design including emitter friction losses". American Society of Agricultural Engineers, Paper nº 80-2520. Saint Joseph, Michigan, 1978, 18 p.
- 29 - WATTERS, G. Z.; KELLER, J.; "Trickle irrigation tubing hydraulics". American Society of Agricultural Engineers Paper nº 78-2015. Saint Joseph, Michigan, 1978 19 p.

- 30 - WU, I. P.; GITLIN, H. M.; "Design of drip irrigation lines". Technical Bulletin nº 96. Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, Honolulu, June 1974, 23 p.
- 31 - WU, I. P.; GITLIN, H. M.; "Drip irrigation design based on uniformity". Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. Vol. 17, nº 3. 1974. pp 429-432.
- 32 - WU, I. P.; GITLIN, H. M.; "Hydraulics and uniformity for drip irrigation". Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 99, IR2. 1973. pp 157 - 168.
- 33 - WU, I. P.; "A uni-plot for drip irrigation lateral and submain design". American Society of Agricultural Engineers, Paper nº 83-2595. Saint Joseph, Michigan, 1983. 27 p.
- 34 - WU, I. P.; "Drip irrigation network design". American Society of Agricultural Engineers, Paper nº 80-2521. Saint Joseph, Michigan, 1980, 39 p.
- 35 - WU, I. P.; FANGMEIER, D. D.; "Hydraulics design of twin-chamber trickle irrigation laterals". Technical Bulletin nº 216. Agricultural Experiment Station, University of Arizona, 1974, 12 p.
- 36 - WATTS, M. R. D.; "Irrigação localizada - sistema "xique-xique", alternativa de economia de água na irrigação do nordeste semi-árido". Revista Item - Irrigação e Tecnologia Moderna da Assoc. Bras. de Irrig. e Drenagem, nº 11. Brasília-DF. Dezembro, 1982. pp 26 - 27.

- 37 - WU, I. P.; "Drip irrigation systems design for sugarcane fields". Hawaiian Planters Record. Vol. 59, n° 1. 1975. 13 p.

APÊNDICE "A"

(LISTAGEM DO PROGRAMA DE COMPUTADOR EM LINGUAGEM BASIC, NA VERSÃO GWBASIC, UTILIZADO PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS CÁLCULOS).

```

10 ' ESTE PROGRAMA FOI DESENVOLVIDO POR: Paulo J. de C. e Silva
20 ' O MESMO FAZ PARTE DA TESE DE Mestrado DO AUTOR, DESENVOLVIDA NA
30 ' UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - DEPT. ENG. AGRÍCOLA
40 ' CAMPINA GRANDE - Pb - AGOSTO DE 1987.
50 '
60 ' ESTE PROGRAMA E UTILIZADO PARA O DIMENSIONAMENTO DE LINHAS LATERAIS
70 ' PARA SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA, QUE UTILIZAM MICROTUBOS COMO
80 ' EMISSORES.
90 CLS
100 DIM X(10),HF(10),LX(10),Y(10),LC(10),LXK(10)
110 01$="     ££££ £.££ £.££ £.££ £.££ £.££ £.££ £.££  "
120 03$="     ££££ ££.££ ££.££ ££.££ ££.££ ££.££ ££.££ £££.£  "
130 06$="     ££££ £££.£ ££.£££ £££ £££££.££ ££.££ £.££  "
140 07$="     ££££ ££.££ ££.££ ££.££ ££.££ ££.££ ££.££ ££.££  "
150 INPUT"ENTRAR VAZÃO DO EMISSOR EM l/h ";QE
160 INPUT"ENTRAR DIÂMETRO INTERNO DA LATERAL EM mm ";D0
170 INPUT"ENTRAR ESPAÇAMENTO ENTRE EMISSORES EM m "; E
180 INPUT"ENTRAR PRESSÃO INICIO LATERAL EM mca ";PE
190 INPUT"ENTRAR DECLIVIDADE DA LATERAL EM % (+ ACL, -DEC) "; S
200 PRINT
210 CLS : PRINT : PRINT : PRINT
220 PRINT "          SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL "
230 PRINT " CARACTERIZAÇÃO HIDRAULICA - VARIÁVEIS UTILIZADAS "
235 PRINT
240 PRINT "VAZAO DO EMISSOR = "; QE; "l/h"
250 PRINT "ESPAÇAMENTO DOS EMISSORES = ";E; "m"
260 PRINT "DECLIVIDADE DA LATERAL = ";S; "%"
270 PRINT "DIAMETRO DA LATERAL = ";D0;"mm"
280 PRINT "PRESSAO NA ENTRADA DA LATERAL ="; PE; "mca" : PRINT
290 FOR IC = 1 TO 4
300 IF IC = 1 THEN GOSUB 800 : GOTO 340
310 IF IC = 2 THEN GOSUB 850 : GOTO 340
320 IF IC = 3 THEN GOSUB 900 : GOTO 340
330 GOSUB 950
340 QL = 1000

```

```
350 D = D0/1000 : LIM = QL/QE
360 Q = QL*2.78E-07
370 RE = 1.26*106*Q/D
380 FO = .316/(RE.25)
390 IF RE =2100 THEN FO=64/RE; GOTO 400
400 XJ = .0826*FO*Q2/D5
410 XJ1 = XJ*(E + .1)/E : L = E*LIM
420 DEF FNX(X) = .35063+.5/X + .15384/X2
430 HF = XJ1*FNX(LIM)*L
440 DH = L*X/100 : HFT = HF + DH
450 IF HFT<=4.25 THEN 490
460 QL = QL - 10
470 IF QL = 40 THEN 350
480 GOTO 700
490 IF QL<40 THEN 700
500 X(1) = PE - HFT
510 'CALCULO DOS 20% DE VARIAÇÃO DA CARGA NA LATERAL
520 J = 2
530 X(J) = X(J-1)*1.2
540 IF X(J) PE THEN X(J)= PE; KL=J : GOTO 560
550 J = J+1 : GOTO 530
560 ' CALCULO DOS HFX, LX, Y
570 FOR I = 2 TO KL
580 HFX(I - 1)= X(I) - X(1)
590 LX(I-1)=((HFX(I-1)/HFT).3636)*L
600 LK(I-1) = LX(I-1) - LX(I-2)
610 Y(I-1) = (X(I) + X(I-1))/2
620 LC(I-1) = .01927*Y(I-1)*100
630 NEXT I
640 GOSUB 1020
650 IF IC = 1 THEN GOSUB 720 : GOTO 690
660 IF IC = 2 THEN GOSUB 740 : GOTO 690
670 IF IC = 3 THEN GOSUB 760 : GOTO 690
680 GOSUB 780 : GOTO 690
690 QL=QL-10 :GOSUB 1000:GOTO 350
```

```

700 PRINT : PRINT : NEXT IC
710 END
720 PRINT, USING 01$; QL, X(1), X(2); X(3), X(4), X(5), X(6), X(7)
730 RETURN
740 PRINT, USING 03$; QL, LXK(1),LXK(2),LXK(3),LXK(4),LXK(5),LXK(6),L
750 RETURN
760 PRINT, USING 06$, QL, L, XJ, LIM, RE, HFT, X(1)
770 RETURN
780 PRINT USING 07$; QL, LC(1),LC(2),LC(3),LC(4),LC(5),LC(6)
790 RETURN
800 PRINT "                VALORES DE X - 20% VARIAÇÃO DE PRESSAO  "
810 PRINT
820 PRINT "                QL      X1      X2      X3      X4      X5      X6      X7"
830 PRINT "                -----"
840 PRINT : RETURN
850 PRINT                COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX) - COMP. TOTAL (Lt)"
860 PRINT
870 PRINT "                QL      LX1      LX2      LX3      LX4      LX5      LX6      Lt"
880 PRINT "                -----"
890 PRINT : RETURN
900 PRINT "                VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZAO  "
910 PRINT
920 PRINT "                QL      L      XJ      N      RE      HFT      X1"
930 PRINT "                -----"
940 PRINT : RETURN
950 PRINT "                COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO"
960 PRINT
970 PRINT "                QL      LC1      LC2      LC3      LC4      LC5      LC6"
980 PRINT "                -----"
990 PRINT : RETURN
1000 FOR J=1 TO 7
1010 X(J)=0:LXK(J)=0:LC(J)=0:NEXT J:RETURN
1020 OV=0
1030 SUM=0
1040 FOR J=1 TO KL

```

```
1050 LXX(J)=LXX(J)+OV
1060 NQ=LXX(J)/E
1070 TIN=INT(NQ)
1080 IF (TIN+1)-NQ =<.1 THEN NQ=TIN+1:TIN=TIN+1
1090 OT = NQ-TIN
1100 LXX(J)=TIN*E
1110 IF LXX(J)<E THEN LXX(J)=0
1120 OV=OT*E
1130 SUM=SUM+LXX(J)
1140 NEXT J
1150 IF ABS(L-SUM)<>0 THEN L=SUM
1160 RETURN
```

APÊNDICE "B"

(TABELAS INDEXADAS PELA VAZÃO, COM PARÂMETROS PARA DIMENSIONAMENTO DE LATERAIS COM EMISSORES DE TAMANHO VARIADO).

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA - VARIÁVEIS UTILIZADAS

VAZÃO DO EMISSOR = 10 l/h

ESPAÇAMENTO DOS EMISSORES = 0,5 m

DECLIVIDADE DA LATERAL = 0%

DIÂMETRO DA LATERAL = 15 mm

PRESSÃO NA ENTRADA DA LATERAL = 7 mca

E = 0,5 m TABELA: 1

VALORES DE X - 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO							
QL	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
970	2,78	3,34	4,00	4,81	5,77	6,92	
960	2,90	3,48	4,17	5,01	6,01	7,00	
950	3,01	3,62	4,34	5,21	6,25	7,00	
940	3,13	3,75	4,51	5,41	6,49	7,00	
930	3,24	3,89	4,67	5,60	6,72	7,00	
920	3,35	4,02	4,82	5,79	6,95	7,00	
910	3,46	4,15	4,98	5,97	7,00		
900	3,56	4,28	5,13	6,16	7,00		
890	3,67	4,40	5,28	6,33	7,00		
880	3,77	4,52	5,43	6,51	7,00		
870	3,87	4,64	5,57	6,68	7,00		
860	3,96	4,76	5,71	6,85	7,00		
850	4,06	4,87	5,85	7,00			
840	4,15	4,98	5,98	7,00			
830	4,25	5,09	6,11	7,00			
820	4,33	5,20	6,24	7,00			
810	4,42	5,31	6,37	7,00			
800	4,51	5,41	6,49	7,00			
790	4,59	5,51	6,61	7,00			
780	4,68	5,61	6,73	7,00			
770	4,76	5,71	6,85	7,00			
760	4,83	5,80	6,96	7,00			
750	4,91	5,89	7,00				
740	4,99	5,98	7,00				
730	5,06	6,07	7,00				
720	5,13	6,16	7,00				
710	5,20	6,24	7,00				
700	5,27	6,32	7,00				
690	5,34	6,40	7,00				
680	5,40	6,48	7,00				
670	5,46	6,56	7,00				
660	5,53	6,63	7,00				
650	5,59	6,70	7,00				

continuação:

E = 0,5 m - TABELA 1

VALORES DE X - 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO							
QL	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
640	5,65	6,77	7,00				
630	5,70	6,84	7,00				
620	5,76	6,91	7,00				
610	5,81	6,97	7,00				
600	5,86	7,00					
590	5,91	7,00					
580	5,96	7,00					
570	6,01	7,00					
560	6,06	7,00					
550	6,10	7,00					
540	6,15	7,00					
530	6,19	7,00					
520	6,23	7,00					
510	6,27	7,00					
500	6,31	7,00					
490	6,35	7,00					
480	6,38	7,00					
470	6,42	7,00					
460	6,45	7,00					
450	6,48	7,00					
440	6,51	7,00					
430	6,54	7,00					
420	6,57	7,00					
410	6,60	7,00					
400	6,62	7,00					
390	6,65	7,00					
380	6,67	7,00					
370	6,69	7,00					
360	6,72	7,00					
350	6,74	7,00					
340	6,76	7,00					
330	6,78	7,00					
320	6,79	7,00					
310	6,81	7,00					
300	6,83	7,00					
290	6,84	7,00					
280	6,86	7,00					
270	6,87	7,00					
260	6,88	7,00					
250	6,89	7,00					
240	6,91	7,00					
230	6,92	7,00					
220	6,93	7,00					
210	6,93	7,00					

continuação:

E = 0,5 m - TABELA 1

VALORES DE X - 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO							
QL	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
200	6,94	7,00					
190	6,95	7,00					
180	6,96	7,00					
170	6,96	7,00					
160	6,97	7,00					
150	6,97	7,00					
140	6,98	7,00					
130	6,98	7,00					
120	6,99	7,00					
110	6,99	7,00					
100	6,99	7,00					
90	6,99	7,00					
80	7,00	7,00					
70	7,00	7,00					
60	7,00	7,00					
50	7,00	7,00					
40	7,00	7,00					

E = 0,5 m - TABELA 1.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
970	23,00	7,50	6,50	5,50	5,50	0,50	48,5
960	23,50	7,50	6,50	5,50	5,00		48,0
950	23,50	8,00	6,50	6,00	3,50		47,5
940	24,00	8,00	6,50	6,00	2,50		47,0
930	24,50	8,00	6,50	6,00	1,50		46,5
920	24,50	8,50	6,50	6,00	0,50		46,0
910	25,00	8,50	6,50	5,50			45,5
900	25,00	8,50	7,00	4,50			45,0
890	25,50	8,50	7,00	3,50			44,5
880	25,50	9,00	6,50	3,00			44,0
870	26,00	8,50	7,00	2,00			43,5
860	26,00	9,00	7,00	1,00			43,0
850	26,50	9,00	7,00				42,5
840	26,50	9,00	6,50				42,0
830	27,00	9,00	5,50				41,5
820	27,00	9,00	5,00				41,0
810	27,50	9,00	4,00				40,5
800	27,50	9,00	3,50				40,0
790	27,50	9,50	2,50				39,5
780	28,00	9,00	2,00				39,0
770	28,00	9,50	1,00				38,5
760	28,00	9,50	0,50				38,0
750	28,50	9,00					37,5
740	28,50	8,50					37,0
730	28,50	8,00					36,5
720	29,00	7,00					36,0
710	29,00	6,50					35,5
700	29,00	6,00					35,0
690	29,00	5,50					34,5
680	29,50	4,50					34,0
670	29,50	4,00					33,5
660	29,50	3,50					33,0
650	29,50	3,00					32,5
640	29,50	2,50					32,0
630	30,00	1,50					31,5
620	30,00	1,00					31,0
610	30,00	0,50					30,5
600	30,00						30,0
590	29,50						29,5
580	29,00						29,0
570	28,50						28,5
560	28,00						28,0
550	27,50						27,5
540	27,00						27,0
530	26,50						26,5

continuação:

E = 0,5 m - TABELA 1.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)						COMP. TOTAL (Lt)	
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
520	26,00						26,0
510	25,50						25,5
500	25,00						25,0
490	24,50						24,5
480	24,00						24,0
470	23,50						23,5
460	23,00						23,0
450	22,50						22,5
440	22,00						22,0
430	21,50						21,5
420	21,00						21,0
410	20,50						20,5
400	20,00						20,0
390	19,50						19,5
380	19,00						19,0
370	18,50						18,5
360	18,00						18,0
350	17,50						17,5
340	17,00						17,0
330	16,50						16,5
320	16,00						16,0
310	15,50						15,5
300	15,00						15,0
290	14,50						14,5
280	14,00						14,0
270	13,50						13,5
260	13,00						13,0
250	12,50						12,5
240	12,00						12,0
230	11,50						11,5
220	11,00						11,0
210	10,50						10,5
200	10,00						10,0
190	9,50						9,5
180	9,00						9,0
170	8,50						8,5
160	8,00						8,0
150	7,50						7,5
140	7,00						7,0
130	6,50						6,5
120	6,00						6,0
110	5,50						5,5
100	5,00						5,0
90	4,50						4,5

continuação:

E = 0,5 m - TABELA 1.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
80	4,00						4,0
70	3,50						3,5
60	3,00						3,0
50	2,50						2,5
40	2,00						2,0

E = 0,5 m - TABELA 1.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	XI
970	48,5	0,204	97	22651,44	4,22	2,78
960	48,0	0,200	96	22417,92	4,10	2,90
950	47,5	0,196	95	22184,40	3,99	3,01
940	47,0	0,193	94	21950,88	3,87	3,13
930	46,5	0,189	93	21717,36	3,76	3,24
920	46,0	0,186	92	21483,84	3,65	3,35
910	45,5	0,182	91	21250,32	3,54	3,46
900	45,0	0,179	90	21016,80	3,44	3,56
890	44,5	0,175	89	20783,28	3,33	3,67
880	44,0	0,172	88	20549,76	3,23	3,77
870	43,5	0,168	87	20316,24	3,13	3,87
860	43,0	0,165	86	20082,72	3,04	3,96
850	42,5	0,162	85	19849,20	2,94	4,06
840	42,0	0,158	84	19615,68	2,85	4,15
830	41,5	0,155	83	19382,16	2,75	4,25
820	41,0	0,152	82	19148,64	2,67	4,33
810	40,5	0,149	81	18915,12	2,58	4,42
800	40,0	0,145	80	18681,60	2,49	4,51
790	39,5	0,142	79	18448,08	2,41	4,59
780	39,0	0,139	78	18214,56	2,32	4,68
770	38,5	0,136	77	17981,04	2,24	4,76
760	38,0	0,133	76	17747,52	2,17	4,83
750	37,5	0,130	75	17514,00	2,09	4,91
740	37,0	0,127	74	17280,48	2,01	4,99
730	36,5	0,124	73	17046,96	1,94	5,06
720	36,0	0,121	72	16813,44	1,87	5,13
710	35,5	0,118	71	16579,92	1,80	5,20
700	35,0	0,115	70	16346,40	1,73	5,27
690	34,5	0,112	69	16112,88	1,66	5,34
680	34,0	0,109	68	15879,36	1,60	5,40
670	33,5	0,107	67	15645,84	1,54	5,46
660	33,0	0,104	66	15412,32	1,47	5,53
650	32,5	0,101	65	15178,80	1,41	5,59
640	32,0	0,098	64	14945,28	1,35	5,65
630	31,5	0,096	63	14711,76	1,30	5,70
620	31,0	0,093	62	14478,24	1,24	5,76
610	30,5	0,090	61	14244,72	1,19	5,81
600	30,0	0,088	60	14011,20	1,14	5,86
590	29,5	0,085	59	13777,68	1,09	5,91
580	29,0	0,083	58	13544,16	1,04	5,96
570	28,5	0,080	57	13310,64	0,99	6,01
560	28,0	0,070	56	13077,12	0,94	6,06
550	27,5	0,075	55	12843,60	0,90	6,10
540	27,0	0,073	54	12610,08	0,85	6,15

continuação:

E = 0,5 m - TABELA 1.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	XI
530	26,5	0,071	53	12376,56	0,81	6,19
520	26,0	0,068	52	12143,04	0,77	6,23
510	25,5	0,066	51	11909,52	0,73	6,27
500	25,0	0,064	50	11676,00	0,69	6,31
490	24,5	0,062	49	11442,48	0,65	6,35
480	24,0	0,059	48	11208,96	0,62	6,38
470	23,5	0,057	47	10975,44	0,58	6,42
460	23,0	0,055	46	10741,92	0,55	6,45
450	22,5	0,053	45	10508,40	0,52	6,48
440	22,0	0,051	44	10274,88	0,49	6,51
430	21,5	0,049	43	10041,36	0,46	6,54
420	21,0	0,047	42	9807,84	0,43	6,57
410	20,5	0,045	41	9574,32	0,40	6,60
400	20,0	0,043	40	9340,80	0,38	6,62
390	19,5	0,041	39	9107,28	0,35	6,65
380	19,0	0,040	38	8873,76	0,33	6,67
370	18,5	0,038	37	8640,24	0,31	6,69
360	18,0	0,036	36	8406,72	0,28	6,72
350	17,5	0,034	35	8173,20	0,26	6,74
340	17,0	0,032	34	7939,68	0,24	6,76
330	16,5	0,031	33	7706,16	0,22	6,78
320	16,0	0,029	32	7472,64	0,21	6,79
310	15,5	0,028	31	7239,12	0,19	6,81
300	15,0	0,026	30	7005,60	0,17	6,83
290	14,5	0,025	29	6772,08	0,16	6,84
280	14,0	0,023	28	6538,56	0,14	6,86
270	13,5	0,022	27	6305,04	0,13	6,87
260	13,0	0,020	26	6071,52	0,12	6,88
250	12,5	0,019	25	5838,00	0,11	6,89
240	12,0	0,018	24	5604,48	0,09	6,91
230	11,5	0,016	23	5370,96	0,08	6,92
220	11,0	0,015	22	5137,44	0,07	6,93
210	10,5	0,014	21	4903,92	0,07	6,93
200	10,0	0,013	20	4670,40	0,06	6,94
190	9,5	0,012	19	4436,88	0,05	6,95
180	9,0	0,011	18	4203,36	0,04	6,96
170	8,5	0,010	17	3969,84	0,04	6,96
160	8,0	0,009	16	3736,32	0,03	6,97
150	7,5	0,008	15	3502,80	0,03	6,97
140	7,0	0,007	14	3269,28	0,02	6,98
130	6,5	0,006	13	3035,76	0,02	6,98
120	6,0	0,005	12	2802,24	0,01	6,99
110	5,5	0,005	11	2568,72	0,01	6,99
100	5,0	0,004	10	2335,20	0,01	6,99

continuação:

E = 0,5 m - TABELA 1.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	XI
90	4,5	0,003	9	2101,68	0,01	6,99
80	4,0	0,002	8	1868,16		7,00
70	3,5	0,002	7	1634,64		7,00
60	3,0	0,001	6	1401,12		7,00
50	2,5	0,001	5	1167,60		7,00
40	2,0	0,001	4	934,08		7,00

E = 0,5 m - TABELA 1.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
970	5,90	7,07	8,49	10,19	12,22	13,41
960	6,15	7,37	8,85	10,62	12,54	
950	6,39	7,67	9,20	11,04	12,77	
940	6,63	7,96	9,55	11,46	12,99	
930	6,87	8,24	9,89	11,87	13,22	
920	7,10	8,52	10,22	12,27	13,44	
910	7,33	8,79	10,55	12,50		
900	7,55	9,06	10,87	12,68		
890	7,77	9,32	11,19	12,85		
880	7,99	9,58	11,50	13,02		
870	8,20	9,84	11,80	13,18		
860	8,40	10,08	12,10	13,34		
850	8,61	10,33	12,38			
840	8,80	10,56	12,51			
830	9,00	10,80	12,63			
820	9,19	11,03	12,76			
810	9,37	11,25	12,88			
800	9,56	11,47	13,00			
790	9,74	11,68	13,12			
780	9,91	11,89	13,23			
770	10,08	12,10	13,34			
760	10,25	12,30	13,45			
750	10,41	12,42				
740	10,57	12,51				
730	10,73	12,59				
720	10,88	12,68				
710	11,03	12,76				
700	11,17	12,84				
690	11,31	12,91				
680	11,45	12,99				
670	11,58	13,06				
660	11,71	13,13				
650	11,84	13,20				
640	11,97	13,27				
630	12,09	13,34				
620	12,20	13,40				
610	12,32	13,46				
600	12,39					
590	12,44					
580	12,49					
570	12,54					
560	12,58					
550	12,63					
540	12,67					

continuação:

E = 0,5 m - TABELA 1.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
530	12,71					
520	12,75					
510	12,79					
500	12,82					
490	12,86					
480	12,89					
470	12,93					
460	12,96					
450	12,99					
440	13,02					
430	13,05					
420	13,07					
410	13,10					
400	13,13					
390	13,15					
380	13,17					
370	13,20					
360	13,22					
350	13,24					
340	13,26					
330	13,27					
320	13,29					
310	13,31					
300	13,32					
290	13,34					
280	13,35					
270	13,36					
260	13,38					
250	13,39					
240	13,40					
230	13,41					
220	13,42					
210	13,43					
200	13,43					
190	13,44					
180	13,45					
170	13,45					
160	13,46					
150	13,46					
140	13,47					
130	13,47					
120	13,47					
110	13,48					
100	13,48					
90	13,48					

continuação:

E = 0,5 m - TABELA 1.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
80	13,49					
70	13,49					
60	13,49					
50	13,49					
40	13,49					

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA - VARIÁVEIS UTILIZADAS

VAZÃO DO EMISSOR = 10 l/h

ESPAÇAMENTO DOS EMISSORES = 1 m

DECLIVIDADE DA LATERAL = 0%

DIÂMETRO DA LATERAL = 15 mm

PRESSÃO NA ENTRADA DA LATERAL = 7 mca

E = 1 m - TABELA 2

QL	VALORES DE X - 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
770	2,89	3,46	4,16	4,99	5,98	7,00	
760	3,03	3,64	4,36	5,24	6,28	7,00	
750	3,17	3,81	4,57	5,48	6,58	7,00	
740	3,31	3,97	4,76	5,72	6,86	7,00	
730	3,44	4,13	4,96	5,95	7,00		
720	3,57	4,29	5,15	6,18	7,00		
710	3,70	4,44	5,33	6,40	7,00		
700	3,83	4,59	5,51	6,62	7,00		
690	3,95	4,74	5,69	6,83	7,00		
680	4,07	4,88	5,86	7,00			
670	4,19	5,02	6,03	7,00			
660	4,30	5,16	6,19	7,00			
650	4,41	5,29	6,35	7,00			
640	4,52	5,42	6,50	7,00			
630	4,62	5,55	6,65	7,00			
620	4,72	5,67	6,80	7,00			
610	4,82	5,79	6,94	7,00			
600	4,92	5,90	7,00				
590	5,01	6,01	7,00				
580	5,10	6,12	7,00				
570	5,19	6,23	7,00				
560	5,27	6,33	7,00				
550	5,36	6,43	7,00				
540	5,44	6,52	7,00				
530	5,51	6,62	7,00				
520	5,59	6,71	7,00				
510	5,66	6,79	7,00				
500	5,73	6,88	7,00				
490	5,80	6,96	7,00				
480	5,87	7,00					
470	5,93	7,00					
460	5,99	7,00					
450	6,05	7,00					
440	6,05	7,00					

continuação:

E = 1 m - TABELA 2

VALORES DE X - 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO							
QL	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
430	6,16	7,00					
420	6,21	7,00					
410	6,26	7,00					
400	6,31	7,00					
390	6,35	7,00					
380	6,40	7,00					
370	6,44	7,00					
360	6,48	7,00					
350	6,52	7,00					
340	6,56	7,00					
330	6,59	7,00					
320	6,62	7,00					
310	6,65	7,00					
300	6,68	7,00					
290	6,71	7,00					
280	6,74	7,00					
270	6,76	7,00					
260	6,78	7,00					
250	6,81	7,00					
240	6,83	7,00					
230	6,85	7,00					
220	6,86	7,00					
210	6,88	7,00					
200	6,89	7,00					
190	6,91	7,00					
180	6,92	7,00					
170	6,93	7,00					
160	6,94	7,00					
150	6,95	7,00					
140	6,96	7,00					
130	6,97	7,00					
120	6,97	7,00					
110	6,98	7,00					
100	6,98	7,00					
90	6,99	7,00					
80	6,99	7,00					
70	6,99	7,00					
60	7,00	7,00					
50	7,00	7,00					
40	7,00	7,00					

E = 1 m - TABELA 2.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
770	37,00	13,00	10,00	9,00	8,00		77,0
760	38,00	13,00	10,00	9,00	6,00		76,0
750	39,00	13,00	10,00	10,00	3,00		75,0
740	39,00	13,00	11,00	10,00	1,00		74,0
730	40,00	13,00	11,00	9,00			73,0
720	40,00	14,00	11,00	7,00			72,0
710	41,00	14,00	11,00	5,00			71,0
700	41,00	14,00	11,00	4,00			70,0
690	42,00	14,00	11,00	2,00			69,0
680	42,00	14,00	12,00				68,0
670	43,00	14,00	10,00				67,0
660	43,00	15,00	8,00				66,0
650	44,00	14,00	7,00				65,0
640	44,00	15,00	5,00				64,0
630	44,00	15,00	4,00				63,0
620	45,00	15,00	2,00				62,0
610	45,00	15,00	1,00				61,0
600	45,00	15,00					60,0
590	46,00	13,00					59,0
580	46,00	12,00					58,0
570	46,00	11,00					57,0
560	46,00	10,00					56,0
550	47,00	8,00					55,0
540	47,00	7,00					54,0
530	47,00	6,00					53,0
520	47,00	5,00					52,0
510	48,00	3,00					51,0
500	48,00	2,00					50,0
490	48,00	1,00					49,0
480	48,00						48,0
470	47,00						47,0
460	46,00						46,0
450	45,00						45,0
440	44,00						44,0
430	43,00						43,0
420	42,00						42,0
410	41,00						41,0
400	40,00						40,0
390	39,00						39,0
380	38,00						38,0
370	37,00						37,0
360	36,00						36,0
350	35,00						35,0

E = 1 m - TABELA 2.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
340	34,00						34,0
330	33,00						33,0
320	32,00						32,0
310	31,00						31,0
300	30,00						30,0
290	29,00						29,0
280	28,00						28,0
270	27,00						27,0
260	26,00						26,0
250	25,00						25,0
240	24,00						24,0
230	23,00						23,0
220	22,00						22,0
210	21,00						21,0
200	20,00						20,0
190	19,00						19,0
180	18,00						18,0
170	17,00						17,0
160	16,00						16,0
150	15,00						15,0
140	14,00						14,0
130	13,00						13,0
120	12,00						12,0
110	11,00						11,0
100	10,00						10,0
90	9,00						9,0
80	8,00						8,0
70	7,00						7,0
60	6,00						6,0
50	5,00						5,0
40	4,00						4,0

E = 1 m - TABELA 2.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
770	77,0	0,136	77	17981,04	4,11	2,89
760	76,0	0,133	76	17747,52	3,97	3,03
750	75,0	0,130	75	17514,00	3,83	3,17
740	74,0	0,127	74	17280,48	3,69	3,31
730	73,0	0,124	73	17046,96	3,56	3,44
720	72,0	0,121	72	16813,44	3,43	3,57
710	71,0	0,118	71	16579,92	3,30	3,70
700	70,0	0,115	70	16346,40	3,17	3,83
690	69,0	0,112	69	16112,88	3,05	3,95
680	68,0	0,109	68	15879,36	2,93	4,07
670	67,0	0,107	67	15645,84	2,81	4,19
660	66,0	0,104	66	15412,32	2,70	4,30
650	65,0	0,101	65	15178,90	2,59	4,41
640	64,0	0,098	64	14945,28	2,48	4,52
630	63,0	0,096	63	14711,76	2,38	4,62
620	62,0	0,093	62	14478,24	2,28	4,72
610	61,0	0,090	61	14244,72	2,18	4,82
600	60,0	0,088	60	14011,20	2,08	4,92
590	59,0	0,085	59	13777,68	1,99	5,01
580	58,0	0,083	58	13544,16	1,90	5,10
570	57,0	0,080	57	13310,64	1,81	5,19
560	56,0	0,078	56	13077,12	1,73	5,27
550	55,0	0,075	55	12843,60	1,64	5,36
540	54,0	0,073	54	12610,08	1,56	5,44
530	53,0	0,071	53	12376,56	1,49	5,51
520	52,0	0,068	52	12143,04	1,41	5,59
510	51,0	0,066	51	11909,52	1,34	5,66
500	50,0	0,064	50	11676,00	1,27	5,73
490	49,0	0,062	49	11442,48	1,28	5,80
480	48,0	0,059	48	11208,96	1,13	5,87
470	47,0	0,057	47	10975,44	1,07	5,93
460	46,0	0,055	46	10741,92	1,01	5,99
450	45,0	0,053	45	10508,40	0,95	6,05
440	44,0	0,051	44	10274,88	0,90	6,10
430	43,0	0,049	43	10041,36	0,84	6,16
420	42,0	0,047	42	9807,84	0,79	6,21
410	41,0	0,045	41	9574,32	0,74	6,26
400	40,0	0,043	40	9340,80	0,69	6,31
390	39,0	0,041	39	9107,28	0,65	6,35
380	38,0	0,040	38	8873,76	0,60	6,40
370	37,0	0,038	37	8640,24	0,56	6,44
360	36,0	0,036	36	8406,72	0,52	6,48
350	35,0	0,034	35	8173,20	0,48	6,52
340	34,0	0,033	34	7939,68	0,44	6,56
330	33,0	0,031	33	7706,16	0,41	6,59

E = 1 m - TABELA 2.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
320	32,0	0,029	32	7472,64	0,38	6,62
310	31,0	0,028	31	7239,12	0,35	6,65
300	30,0	0,026	30	7005,60	0,32	6,68
290	29,0	0,025	29	6772,08	0,29	6,71
280	28,0	0,023	28	6538,56	0,26	6,74
270	27,0	0,022	27	6305,04	0,24	6,76
260	26,0	0,020	26	6071,52	0,22	6,78
250	25,0	0,019	25	5838,00	0,19	6,81
240	24,0	0,018	24	5604,48	0,17	6,83
230	23,0	0,016	23	5370,96	0,15	6,85
220	22,0	0,015	22	5137,44	0,14	6,86
210	21,0	0,014	21	4903,92	0,12	6,88
200	20,0	0,013	20	4670,40	0,11	6,89
190	19,0	0,012	19	4436,88	0,09	6,91
180	18,0	0,011	18	4203,36	0,08	6,92
170	17,0	0,010	17	3969,84	0,07	6,93
160	16,0	0,009	16	3736,32	0,06	6,94
150	15,0	0,008	15	3502,80	0,05	6,95
140	14,0	0,007	14	3269,28	0,04	6,96
130	13,0	0,006	13	3035,76	0,03	6,97
120	12,0	0,005	12	2802,24	0,03	6,97
110	11,0	0,005	11	2568,72	0,02	6,98
100	10,0	0,004	10	2335,20	0,02	6,98
90	9,0	0,003	9	2101,68	0,01	6,99
80	8,0	0,002	8	1868,16	0,01	6,99
70	7,0	0,002	7	1634,64	0,01	6,99
60	6,0	0,001	6	1401,12	0,00	7,00
50	5,0	0,001	5	1167,60	0,00	7,00
40	4,0	0,001	4	934,08	0,00	7,00

E = 1 m - TABELA 2.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
770	6,12	7,34	8,81	10,57	12,51	
760	6,42	7,71	9,25	11,10	12,80	
750	6,72	8,07	9,68	11,61	13,08	
740	7,01	8,42	10,10	12,12	13,36	
730	7,30	8,76	10,51	12,48		
720	7,58	9,09	10,91	12,70		
710	7,85	9,42	11,30	12,91		
700	8,12	9,74	11,69	13,12		
690	8,37	10,05	12,06	13,32		
680	8,63	10,35	12,39			
670	8,87	10,65	12,55			
660	9,11	10,93	12,71			
650	9,35	11,22	12,86			
640	9,57	11,49	13,01			
630	9,79	11,75	13,16			
620	10,01	12,01	13,30			
610	10,22	12,26	13,43			
600	10,42	12,43				
590	10,62	12,54				
580	10,81	12,64				
570	11,00	12,74				
560	11,18	12,84				
550	11,36	12,94				
540	11,53	13,03				
530	11,69	13,12				
520	11,85	13,21				
510	12,00	13,29				
500	12,15	13,37				
490	12,30	13,45				
480	12,40					
470	12,46					
460	12,52					
450	12,57					
440	12,63					
430	12,68					
420	12,73					
410	12,78					
400	12,82					
390	12,87					
380	12,91					
370	12,95					
360	12,99					
350	13,03					
340	13,06					

E = 1 m - TABELA 2.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
330	13,09					
320	13,13					
310	13,16					
300	13,18					
290	13,21					
280	13,24					
270	13,26					
260	13,28					
250	13,30					
240	13,32					
230	13,34					
220	13,36					
210	13,37					
200	13,39					
190	13,40					
180	13,41					
170	13,42					
160	13,43					
150	13,44					
140	13,45					
130	13,46					
120	13,46					
110	13,47					
100	13,47					
90	13,48					
80	13,48					
70	13,48					
60	13,49					
50	13,49					
40	13,49					

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA - VARIÁVEIS UTILIZADAS

VAZÃO DO EMISSOR = 10 l/h

ESPAÇAMENTO DOS EMISSORES = 1,5 m

DECLIVIDADE DA LATERAL = 0%

DIÂMETRO DA LATERAL = 15 mm

PRESSÃO NA ENTRADA DA LATERAL = 7 mca

E = 1,5 m - TABELA 3

QL	VALORES DE X - 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
670	2,91	3,49	4,19	5,02	6,03	7,00	
660	3,07	3,69	4,42	5,31	6,37	7,00	
650	3,23	3,88	4,65	5,58	6,70	7,00	
640	3,39	4,07	4,88	5,85	7,00		
630	3,54	4,25	5,10	6,12	7,00		
620	3,69	4,42	5,31	6,37	7,00		
610	3,83	4,60	5,52	6,62	7,00		
600	3,97	4,76	5,72	6,86	7,00		
590	4,11	4,93	5,91	7,00			
580	4,24	5,09	6,10	7,00			
570	4,37	5,24	6,29	7,00			
560	4,49	5,39	6,47	7,00			
550	4,61	5,53	6,64	7,00			
540	4,73	5,67	6,81	7,00			
530	4,84	5,81	6,97	7,00			
520	4,95	5,94	7,00				
510	5,05	6,07	7,00				
500	5,16	6,19	7,00				
490	5,26	6,31	7,00				
480	5,35	6,42	7,00				
470	5,44	6,53	7,00				
460	5,53	6,64	7,00				
450	5,62	6,74	7,00				
440	5,70	6,84	7,00				
430	5,78	6,93	7,00				
420	5,85	7,00					
410	5,93	7,00					
400	5,99	7,00					
390	6,06	7,00					
380	6,13	7,00					
370	6,19	7,00					
360	6,24	7,00					

continuação:

E = 1,5 m - TABELA 3

QL	VALORES DE X		- 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO				
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
350	6,30	7,00					
340	6,35	7,00					
330	6,40	7,00					
320	6,45	7,00					
310	6,50	7,00					
300	6,54	7,00					
290	6,58	7,00					
280	6,62	7,00					
270	6,65	7,00					
260	6,69	7,00					
250	6,72	7,00					
240	6,75	7,00					
230	6,77	7,00					
220	6,80	7,00					
210	6,82	7,00					
200	6,85	7,00					
190	6,87	7,00					
180	6,88	7,00					
170	6,90	7,00					
160	6,91	7,00					
150	6,93	7,00					
140	6,94	7,00					
130	6,95	7,00					
120	6,96	7,00					
110	6,97	7,00					
100	6,98	7,00					
90	6,98	7,00					
80	6,99	7,00					
70	6,99	7,00					
60	6,99	7,00					
50	7,00	7,00					
40	7,00	7,00					

E = 1,5 m - TABELA 3.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
670	49,50	16,50	12,00	12,00	10,50		100,5
660	49,50	16,50	13,50	13,50	6,00		99,0
650	51,00	16,50	13,50	13,50	3,00		97,5
640	51,00	18,00	13,50	13,50			96,0
630	52,50	18,00	13,50	10,50			94,5
620	54,00	18,00	13,50	7,50			93,0
610	54,00	18,00	15,00	4,50			91,5
600	54,00	19,50	15,00	1,50			90,0
590	55,50	18,00	15,00				88,5
580	55,50	19,50	12,00				87,0
570	57,00	18,00	10,50				85,5
560	57,00	19,50	7,50				84,0
550	58,50	19,50	4,50				82,5
540	58,50	19,50	3,00				81,0
530	58,50	19,50	1,50				79,5
520	58,50	19,50					78,0
510	60,00	16,50					76,5
500	60,00	15,00					75,0
490	60,00	13,50					73,5
480	61,50	10,50					72,0
470	61,50	9,00					70,5
460	61,50	7,50					69,0
450	61,50	6,00					67,5
440	63,00	3,00					66,0
430	63,00	1,50					64,5
420	63,00						63,0
410	61,50						61,5
400	60,00						60,0
390	58,50						58,5
380	57,00						57,0
370	55,50						55,5
360	54,00						54,0
350	52,50						52,5
340	51,00						51,0
330	49,50						49,5
320	48,00						48,0
310	46,50						46,5
300	45,00						45,0
290	43,50						43,5
280	42,00						42,0
270	40,50						40,5
260	39,00						39,0
250	37,50						37,5
240	36,00						36,0

continuação:

E = 1,5 m - TABELA 3.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
230	34,50						34,5
220	33,00						33,0
210	31,50						31,5
200	30,00						30,0
190	28,50						28,5
180	27,00						27,0
170	25,50						25,5
160	24,00						24,0
150	22,50						22,5
140	21,00						21,0
130	19,50						19,5
120	18,00						18,0
110	16,50						16,5
100	15,00						15,0
90	13,50						13,5
80	12,00						12,0
70	10,50						10,5
60	9,00						9,0
50	7,50						7,5
40	6,00						6,0

E = 1,5 m - TABELA 3.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
670	100,5	0,107	67	15645,84	4,09	2,91
660	99,0	0,104	66	15412,32	3,93	3,07
650	97,5	0,101	65	15178,80	3,77	3,23
640	96,0	0,098	64	14945,28	3,61	3,39
630	94,5	0,096	63	14711,76	3,46	3,54
620	93,0	0,093	62	14478,24	3,31	3,69
610	91,5	0,090	61	14244,72	3,17	3,83
600	90,0	0,088	60	14011,20	3,03	3,97
590	88,5	0,085	59	13777,68	2,89	4,11
580	87,0	0,083	58	13544,16	2,76	4,24
570	85,5	0,080	57	13310,64	2,63	4,37
560	84,0	0,078	56	13077,12	2,51	4,49
550	82,5	0,075	55	12843,60	2,39	4,61
540	81,0	0,073	54	12610,08	2,27	4,73
530	79,5	0,071	53	12376,56	2,16	4,84
520	78,0	0,068	52	12143,04	2,05	4,95
510	76,5	0,066	51	11909,52	1,95	5,05
500	75,0	0,064	50	11676,00	1,84	5,16
490	73,5	0,062	49	11442,48	1,74	5,26
480	72,0	0,059	48	11208,96	1,65	5,35
470	70,5	0,057	47	10975,44	1,56	5,44
460	69,0	0,055	46	10741,92	1,47	5,53
450	67,5	0,053	45	10508,40	1,38	5,62
440	66,0	0,051	44	10274,88	1,30	5,70
430	64,5	0,049	43	10041,36	1,22	5,78
420	63,0	0,047	42	9807,84	1,15	5,85
410	61,5	0,045	41	9574,32	1,07	5,93
400	60,0	0,043	40	9340,80	1,01	5,99
390	58,5	0,041	39	9107,28	0,94	6,06
380	57,0	0,040	38	8873,76	0,87	6,13
370	55,5	0,038	37	8640,24	0,81	6,19
360	54,0	0,036	36	8406,72	0,76	6,24
350	52,5	0,034	35	8173,20	0,70	6,30
340	51,0	0,033	34	7939,68	0,65	6,35
330	49,5	0,031	33	7706,16	0,60	6,40
320	48,0	0,029	32	7472,64	0,55	6,45
310	46,5	0,028	31	7239,12	0,50	6,50
300	45,0	0,026	30	7005,60	0,46	6,54
290	43,5	0,025	29	6772,08	0,42	6,58
280	42,0	0,023	28	6538,56	0,38	6,62
270	40,5	0,022	27	6305,04	0,35	6,65
260	39,0	0,020	26	6071,52	0,31	6,69
250	37,5	0,019	25	5838,00	0,28	6,72
240	36,0	0,018	24	5604,48	0,25	6,75

E = 1,5 m - TABELA 3.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
230	34,4	0,016	23	5370,96	0,23	6,77
220	33,0	0,015	22	5137,44	0,20	6,80
210	31,5	0,014	21	4903,92	0,18	6,82
200	30,0	0,013	20	4670,40	0,15	6,85
190	28,5	0,012	19	4436,88	0,13	6,87
180	27,0	0,011	18	4203,36	0,12	6,88
170	25,5	0,010	17	3969,84	0,10	6,90
160	24,0	0,009	16	3736,32	0,09	6,91
150	22,5	0,008	15	3502,80	0,07	6,93
140	21,0	0,007	14	3269,28	0,06	6,94
130	19,5	0,006	13	3035,76	0,05	6,95
120	18,0	0,005	12	2802,24	0,04	6,95
110	16,5	0,005	11	2568,72	0,03	6,97
100	15,0	0,004	10	2335,20	0,02	6,98
90	13,5	0,003	9	2101,68	0,02	6,98
80	12,0	0,002	8	1868,16	0,01	6,99
70	10,5	0,002	7	1634,64	0,01	6,99
60	9,0	0,001	6	1401,12	0,01	6,99
50	7,5	0,001	5	1167,60	0,00	7,00
40	6,0	0,001	4	934,08	0,00	7,00

E = 1,5 m - TABELA 3.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
670	6,16	7,39	8,87	10,65	12,55	
660	6,51	7,81	9,37	11,25	12,88	
650	6,85	8,22	9,86	11,84	13,20	
640	7,18	8,62	10,34	12,38		
630	7,50	9,00	10,80	12,64		
620	7,82	9,38	11,25	12,88		
610	8,12	9,74	11,69	13,12		
600	8,42	10,10	12,12	13,36		
590	8,70	10,44	12,44			
580	8,98	10,78	12,62			
570	9,25	11,11	12,80			
560	9,52	11,42	12,97			
550	9,77	11,73	13,14			
540	10,02	12,02	13,30			
530	10,26	12,31	13,46			
520	10,49	12,47				
510	10,71	12,59				
500	10,93	12,71				
490	11,14	12,82				
480	11,34	12,93				
470	11,54	13,04				
460	11,72	13,14				
450	11,90	13,24				
440	12,08	13,33				
430	12,25	13,42				
420	12,38					
410	12,45					
400	12,52					
390	12,58					
380	12,65					
370	12,71					
360	12,76					
350	12,81					
340	12,87					
330	12,91					
320	12,96					
310	13,00					
300	13,04					
290	13,08					
280	13,12					
270	13,15					
260	13,19					
250	13,22					
240	13,25					

E = 1,5 m - TABELA 3.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
230	13,27					
220	13,30					
210	13,32					
200	13,34					
190	13,36					
180	13,38					
170	13,39					
160	13,31					
150	13,42					
140	13,43					
130	13,44					
120	13,45					
110	13,46					
100	13,47					
90	13,47					
80	13,48					
70	13,48					
60	13,48					
50	13,48					
40	13,49					

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA - VARIÁVEIS UTILIZADAS

VAZÃO DO EMISSOR = 10 l/h

ESPAÇAMENTO DOS EMISSORES = 2 m

DECLIVIDADE DA LATERAL = 0%

DIÂMETRO DA LATERAL = 15 mm

PRESSÃO NA ENTRADA DA LATERAL = 7 mca

E = 2 m - TABELA 4

QL	VALORES DE X - 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
610	2,84	3,41	4,09	4,91	5,89	7,00	
600	3,02	3,63	4,35	5,23	6,27	7,00	
590	3,20	3,84	4,61	5,53	6,64	7,00	
580	3,37	4,05	4,86	5,83	7,00	7,00	
570	3,54	4,25	5,10	6,12	7,00		
560	3,71	4,45	5,34	6,40	7,00		
550	3,86	4,64	5,56	6,68	7,00		
540	4,02	4,82	5,78	6,94	7,00		
530	4,16	5,00	6,00	7,00			
520	4,31	5,17	6,20	7,00			
510	4,45	5,34	6,40	7,00			
500	4,58	5,50	6,60	7,00			
490	4,71	5,65	6,78	7,00			
480	4,83	5,80	6,96	7,00			
470	4,96	5,95	7,00				
460	5,07	6,09	7,00				
450	5,18	6,22	7,00				
440	5,29	6,35	7,00				
430	5,39	6,47	7,00				
420	5,49	6,59	7,00				
410	5,59	6,71	7,00				
400	5,68	6,82	7,00				
390	5,77	6,92	7,00				
380	5,85	7,00					
370	5,93	7,00					
360	6,01	7,00					
350	6,08	7,00					
340	6,15	7,00					
330	6,22	7,00					
320	6,28	7,00					
310	6,34	7,00					
300	6,40	7,00					

continuação:

E = 2 m - TABELA 4

QL	VALORES DE X		- 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO				
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
290	6,45	7,00					
280	6,50	7,00					
270	6,54	7,00					
260	6,59	7,00					
250	6,63	7,00					
240	6,67	7,00					
230	6,70	7,00					
220	6,74	7,00					
210	6,77	7,00					
200	6,80	7,00					
190	6,82	7,00					
180	6,85	7,00					
170	6,87	7,00					
160	6,89	7,00					
150	6,91	7,00					
140	6,92	7,00					
130	6,94	7,00					
120	6,95	7,00					
110	6,96	7,00					
100	6,97	7,00					
90	6,98	7,00					
80	6,99	7,00					
70	6,99	7,00					
60	6,99	7,00					
50	6,99	7,00					
40	7,00	7,00					

E = 2 m - TABELA 4.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					- COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
610	58,00	20,00	16,00	14,00	14,00		122,0
600	60,00	20,00	16,00	14,00	10,00		120,0
590	60,00	22,00	16,00	14,00	6,00		118,0
580	62,00	22,00	16,00	16,00			116,0
570	64,00	20,00	18,00	12,00			114,0
560	64,00	22,00	18,00	8,00			112,0
550	66,00	22,00	16,00	6,00			110,0
540	66,00	22,00	18,00	2,00			108,0
530	68,00	22,00	16,00				106,0
520	68,00	22,00	14,00				104,0
510	68,00	24,00	10,00				102,0
500	70,00	22,00	8,00				100,0
490	70,00	24,00	4,00				98,0
480	70,00	24,00	2,00				96,0
470	72,00	22,00					94,0
460	72,00	20,00					92,0
450	72,00	18,00					90,0
440	74,00	14,00					88,0
430	74,00	12,00					86,0
420	74,00	10,00					84,0
410	74,00	8,00					82,0
400	74,00	6,00					80,0
390	76,00	2,00					78,0
380	76,00						76,0
370	74,00						74,0
360	72,00						72,0
350	70,00						70,0
340	68,00						68,0
330	66,00						66,0
320	64,00						64,0
310	62,00						62,0
300	60,00						60,0
290	58,00						58,0
280	56,00						56,0
270	54,00						54,0
260	52,00						52,0
250	50,00						50,0
240	48,00						48,0
230	46,00						46,0
220	44,00						44,0
210	42,00						42,0
200	40,00						40,0
190	38,00						38,0
180	36,00						36,0

continuação:

E = 2 m - TABELA 4.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
170	34,00						34,0
160	32,00						32,0
150	30,00						30,0
140	28,00						28,0
130	26,00						26,0
120	24,00						24,0
110	22,00						22,0
100	20,00						20,0
90	18,00						18,0
80	16,00						16,0
70	14,00						14,0
60	12,00						12,0
50	10,00						10,0
40	8,00						8,0

E = 2m - TABELA 4.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
610	122,0	0,090	61	14244,72	4,16	2,84
600	120,0	0,088	60	14011,20	3,98	3,02
590	118,0	0,085	59	13777,68	3,80	3,20
580	116,0	0,093	58	13544,16	3,63	3,37
570	114,0	0,080	57	13310,64	3,46	3,54
560	112,0	0,078	56	13077,12	3,29	3,71
550	110,0	0,075	55	12843,60	3,14	3,86
540	108,0	0,073	54	12610,08	2,98	4,02
530	106,0	0,071	53	12376,56	2,84	4,16
520	104,0	0,068	52	12143,04	2,69	4,31
510	102,0	0,066	51	11909,52	2,55	4,45
500	100,0	0,064	50	11676,00	2,42	4,58
490	98,0	0,062	49	11442,48	2,29	4,71
480	96,0	0,059	48	11208,96	2,17	4,83
470	94,0	0,057	47	10975,44	2,04	4,96
460	92,0	0,055	46	10741,92	1,93	5,07
450	90,0	0,053	45	10508,40	1,82	5,18
440	88,0	0,051	44	10274,88	1,71	5,29
430	86,0	0,049	43	10041,36	1,61	5,39
420	84,0	0,047	42	9807,84	1,51	5,49
410	82,0	0,045	41	9574,32	1,41	5,59
400	80,0	0,043	40	9340,80	1,32	5,68
390	78,0	0,041	39	9107,28	1,23	5,77
380	76,0	0,040	38	8873,76	1,15	5,85
370	74,0	0,038	37	8640,24	1,07	5,93
360	72,0	0,036	36	8406,72	0,99	6,01
350	70,0	0,034	35	8173,20	0,92	6,08
340	68,0	0,033	34	7939,68	0,85	6,15
330	66,0	0,031	33	7706,16	0,78	6,22
320	64,0	0,029	32	7472,64	0,72	6,28
310	62,0	0,028	31	7239,12	0,66	6,34
300	60,0	0,026	30	7005,60	0,60	6,40
290	58,0	0,025	29	6772,08	0,55	6,45
280	56,0	0,023	28	6538,56	0,50	6,50
270	54,0	0,022	27	6305,04	0,46	6,54
260	52,0	0,020	26	6071,52	0,41	6,59
250	50,0	0,019	25	5838,00	0,37	6,63
240	48,0	0,018	24	5604,48	0,33	6,67
230	46,0	0,016	23	5370,96	0,30	6,70
220	44,0	0,015	22	5137,44	0,26	6,74
210	42,0	0,014	21	4903,92	0,23	6,77
200	40,0	0,013	20	4670,40	0,20	6,80
190	38,0	0,012	19	4436,88	0,18	6,82
180	36,0	0,011	18	4203,36	0,15	6,85

E = 2 m - TABELA 4.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
170	34,0	0,010	17	3969,84	0,13	6,87
160	32,0	0,009	16	3736,32	0,11	6,89
150	30,0	0,008	15	3502,80	0,09	6,91
140	28,0	0,007	14	3269,28	0,08	6,92
130	26,0	0,006	13	3035,76	0,06	6,94
120	24,0	0,005	12	2802,24	0,05	6,95
110	22,0	0,005	11	2568,72	0,04	6,96
100	20,0	0,004	10	2335,20	0,03	6,97
90	18,0	0,003	9	2101,68	0,02	6,98
80	16,0	0,002	8	1868,16	0,01	6,99
70	14,0	0,002	7	1634,64	0,01	6,99
60	12,0	0,001	6	1401,12	0,01	6,99
50	10,0	0,001	5	1167,60	0,01	7,00
40	8,0	0,001	4	934,08	0,00	7,00

E = 2 m - TABELA 4.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
610	6,02	7,23	8,67	10,40	12,42	
600	6,41	7,69	9,23	11,08	12,79	
590	6,79	8,14	9,77	11,73	13,14	
580	7,15	8,58	10,30	12,36	13,49	
570	7,51	9,01	10,81	12,64		
560	7,85	9,43	11,31	12,91		
550	8,19	9,83	11,79	13,18		
540	8,51	10,22	12,26	13,43		
530	8,83	10,59	12,52			
520	9,13	10,96	12,72			
510	9,43	11,31	12,91			
500	9,71	11,65	13,10			
490	9,98	11,98	13,28			
480	10,25	12,30	13,45			
470	10,50	12,47				
460	10,75	12,61				
450	10,99	12,74				
440	11,22	12,86				
430	11,43	12,98				
420	11,65	13,10				
410	11,85	13,21				
400	12,04	13,31				
390	12,23	13,41				
380	12,38					
370	12,46					
360	12,53					
350	12,60					
340	12,67					
330	12,73					
320	12,79					
310	12,85					
300	12,91					
290	12,96					
280	13,01					
270	13,05					
260	13,09					
250	13,13					
240	13,17					
230	13,20					
220	13,24					
210	13,27					
200	13,29					
190	13,32					
180	13,34					

continuação:

E = 2 m - TABELA 4.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
170	13,36					
160	13,38					
150	13,40					
140	13,41					
130	13,43					
120	13,44					
110	13,45					
100	13,46					
90	13,47					
80	13,48					
70	13,48					
60	13,48					
50	13,48					
40	13,49					

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA - VARIÁVEIS UTILIZADAS

VAZÃO DO EMISSOR = 10 l/h

ESPAÇAMENTO DOS EMISSORES = 2,5 m

DECLIVIDADE DA LATERAL = 0%

DIÂMETRO DA LATERAL = 15 mm

PRESSÃO NA ENTRADA DA LATERAL = 7 mca

E = 2,5 m - TABELA 5

QL	VALORES DE X - 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
560	2,92	3,51	4,21	5,05	6,06	7,00	
550	3,12	3,74	4,49	5,39	6,46	7,00	
540	3,31	3,97	4,76	5,71	6,86	7,00	
530	3,49	4,19	5,02	6,03	7,00		
520	3,67	4,40	5,28	6,34	7,00		
510	3,84	4,61	5,53	6,63	7,00		
500	4,00	4,81	5,77	6,92	7,00		
490	4,16	5,00	6,00	7,00			
480	4,32	5,18	6,22	7,00			
470	4,47	5,36	6,43	7,00			
460	4,61	5,53	6,64	7,00			
450	4,75	5,70	6,84	7,00			
440	4,88	5,86	7,00				
430	5,01	6,01	7,00				
420	5,14	6,16	7,00				
410	5,25	6,30	7,00				
400	5,37	6,44	7,00				
390	5,48	6,57	7,00				
380	5,58	6,69	7,00				
370	5,68	6,81	7,00				
360	5,77	6,93	7,00				
350	5,86	7,00					
340	5,95	7,00					
330	6,03	7,00					
320	6,11	7,00					
310	6,18	7,00					
300	6,25	7,00					
290	6,32	7,00					
280	6,38	7,00					
270	6,44	7,00					
260	6,49	7,00					
250	6,54	7,00					

continuação:

E = 2,5 m - TABELA 5

QL	VALORES DE X		- 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO				
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
240	6,59	7,00					
230	6,63	7,00					
220	6,68	7,00					
210	6,71	7,00					
200	6,75	7,00					
190	6,78	7,00					
180	6,81	7,00					
170	6,84	7,00					
160	6,86	7,00					
150	6,88	7,00					
140	6,90	7,00					
130	6,92	7,00					
120	6,94	7,00					
110	6,95	7,00					
100	6,96	7,00					
90	6,97	7,00					
80	6,98	7,00					
70	6,99	7,00					
60	6,99	7,00					
50	6,99	7,00					
40	7,00	7,00					

E = 2,5 m - TABELA 5.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					- COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
560	67,50	22,50	20,00	15,00	15,00		140,0
550	70,00	22,50	20,00	17,50	7,50		137,5
540	70,00	25,00	20,00	17,50	2,50		135,0
530	72,50	25,00	20,00	15,00			132,5
520	75,00	25,00	20,00	10,00			130,0
510	75,00	25,00	20,00	7,50			127,5
500	77,50	25,00	20,00	2,50			125,0
490	77,50	25,00	20,00				122,5
480	77,50	27,50	15,00				120,0
470	80,00	25,00	12,50				117,5
460	80,00	27,50	7,50				115,0
450	80,00	27,50	5,00				112,5
440	82,50	27,50					110,0
430	82,50	25,00					107,5
420	82,50	22,50					105,0
410	85,00	17,50					102,5
400	85,00	15,00					100,0
390	85,00	12,50					97,5
380	85,00	10,00					95,0
370	87,50	5,00					92,5
360	87,50	2,50					90,0
350	87,50						87,5
340	85,00						85,0
330	82,50						82,5
320	80,00						80,0
310	77,50						77,5
300	75,00						75,0
290	72,50						72,5
280	70,00						70,0
270	67,50						67,5
260	65,00						65,0
250	62,50						62,5
240	60,00						60,0
230	57,50						57,5
220	55,00						55,0
210	52,50						52,5
200	50,00						50,0
190	47,50						47,5
180	45,00						45,0
170	42,50						42,5
160	40,00						40,0
150	37,50						37,5
140	35,00						35,0
130	32,50						32,5

continuação:

E = 2,5 m - TABELA 5.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	LX6	Lt
120	30,00						30,0
110	27,50						27,5
100	25,00						25,0
90	22,50						22,5
80	20,00						20,0
70	17,50						17,5
60	15,00						15,0
50	12,50						12,5
40	10,00						10,0

E = 2,5 m - TABELA 5.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
560	140,0	0,078	56	13077,12	4,08	2,92
550	137,5	0,075	55	12843,60	3,88	3,12
540	135,0	0,073	54	12610,08	3,69	3,31
530	132,5	0,071	53	12376,56	3,51	3,49
520	130,0	0,068	52	12143,04	3,33	3,67
510	127,5	0,066	51	11909,52	3,16	3,84
500	125,0	0,064	50	11676,00	3,00	4,00
490	122,5	0,062	49	11442,48	2,84	4,16
480	120,0	0,059	48	11208,96	2,68	4,32
470	117,5	0,057	47	10975,44	2,53	4,47
460	115,0	0,055	46	10741,92	2,39	4,61
450	112,5	0,053	45	10508,40	2,25	4,75
440	110,0	0,051	44	10274,88	2,12	4,88
430	107,5	0,049	43	10041,36	1,99	5,01
420	105,0	0,047	42	9807,84	1,86	5,14
410	102,5	0,045	41	9574,32	1,75	5,25
400	100,0	0,043	40	9340,80	1,63	5,37
390	97,5	0,041	39	9107,28	1,52	5,48
380	95,0	0,040	38	8873,76	1,42	5,58
370	92,5	0,038	37	8640,24	1,32	5,68
360	90,0	0,036	36	8406,72	1,23	5,77
350	87,5	0,034	35	8173,20	1,14	5,86
340	85,0	0,033	34	7939,68	1,05	5,95
330	82,5	0,031	33	7706,16	0,97	6,03
320	80,0	0,029	32	7472,64	0,89	6,11
310	77,5	0,028	31	7239,12	0,82	6,18
300	75,0	0,026	30	7005,60	0,75	6,25
290	72,5	0,025	29	6772,08	0,68	6,32
280	70,0	0,023	28	6538,56	0,62	6,38
270	67,5	0,022	27	6305,04	0,56	6,44
260	65,0	0,020	26	6071,52	0,51	6,49
250	62,5	0,019	25	5838,00	0,46	6,54
240	60,0	0,018	24	5604,48	0,41	6,59
230	57,5	0,016	23	5370,96	0,37	6,63
220	55,0	0,015	22	5137,44	0,32	6,68
210	52,5	0,014	21	4903,92	0,29	6,71
200	50,0	0,013	20	4670,40	0,25	6,75
190	47,5	0,012	19	4436,88	0,22	6,78
180	45,0	0,011	18	4203,36	0,19	6,81
170	42,5	0,010	17	3969,84	0,16	6,84
160	40,0	0,009	16	3736,32	0,14	6,86
150	37,5	0,008	15	3502,80	0,12	6,88
140	35,0	0,007	14	3269,28	0,10	6,90
130	32,5	0,006	13	3035,76	0,08	6,92

E = 2,5 m - TABELA 5.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
120	30,0	0,005	12	2802,24	0,06	6,94
110	27,5	0,005	11	2568,72	0,05	6,95
100	25,0	0,004	10	2335,20	0,04	6,96
90	22,5	0,003	9	2101,68	0,03	6,97
80	20,0	0,002	8	1868,16	0,02	6,98
70	17,5	0,002	7	1634,64	0,01	6,99
60	15,0	0,001	6	1401,12	0,01	6,99
50	12,5	0,001	5	1167,60	0,01	6,99
40	10,0	0,001	4	934,08	0,00	7,00

E = 2,5 m - TABELA 5.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
560	6,19	7,43	8,92	10,70	12,58	
550	6,61	7,93	9,51	11,42	12,97	
540	7,01	8,41	10,09	12,11	13,35	
530	7,40	8,88	10,65	12,55		
520	7,77	9,33	11,19	12,85		
510	8,14	9,76	11,72	13,14		
500	8,49	10,19	12,22	13,41		
490	8,83	10,59	12,52			
480	9,16	10,99	12,74			
470	9,47	11,37	12,94			
460	9,78	11,73	13,14			
450	10,07	12,08	13,34			
440	10,35	12,39				
430	10,62	12,54				
420	10,89	12,68				
410	11,14	12,82				
400	11,38	12,95				
390	11,61	13,08				
380	11,83	13,20				
370	12,04	13,31				
360	12,24	13,42				
350	12,39					
340	12,48					
330	12,55					
320	12,63					
310	12,70					
300	12,77					
290	12,83					
280	12,89					
270	12,95					
260	13,00					
250	13,05					
240	13,09					
230	13,14					
220	13,18					
210	13,21					
200	13,25					
190	13,28					
180	13,31					
170	13,33					
160	13,36					
150	13,38					
140	13,40					
130	13,41					

continuação:

E = 2,5 m - TABELA 5.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
120	13,43					
110	13,44					
100	13,45					
90	13,46					
80	13,47					
70	13,48					
60	13,48					
50	13,48					
40	13,48					

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA - VARIÁVEIS UTILIZADAS

VAZÃO DO EMISSOR = 10 l/h

ESPAÇAMENTO DOS EMISSORES = 3 m

DECLIVIDADE DA LATERAL = 0%

DIÂMETRO DA LATERAL = 15 mm

PRESSÃO NA ENTRADA DA LATERAL = 7 mca

E = 3 m - TABELA 6

QL	VALORES DE X		- 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO				X7
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
530	2,81	3,38	4,05	4,86	5,84	7,00	
520	3,03	3,63	4,36	5,23	6,27	7,00	
510	3,23	3,88	4,65	5,58	6,70	7,00	
500	3,43	4,11	4,94	5,92	7,00		
490	3,62	4,34	5,21	6,25	7,00		
480	3,80	4,56	5,48	6,57	7,00		
470	3,98	4,78	5,73	6,88	7,00		
460	4,15	4,98	5,98	7,00			
450	4,32	5,18	6,22	7,00			
440	4,48	5,37	6,45	7,00			
430	4,63	5,56	6,67	7,00			
420	4,78	5,73	6,88	7,00			
410	4,92	5,90	7,00				
400	5,05	6,06	7,00				
390	5,18	6,22	7,00				
380	5,31	6,37	7,00				
370	5,42	6,51	7,00				
360	5,54	6,64	7,00				
350	5,64	6,77	7,00				
340	5,75	6,90	7,00				
330	5,84	7,00					
320	5,94	7,00					
310	6,02	7,00					
300	6,11	7,00					
290	6,19	7,00					
280	6,26	7,00					
270	6,33	7,00					
260	6,39	7,00					
250	6,45	7,00					
240	6,51	7,00					
230	6,56	7,00					
220	6,61	7,00					

continuação:

E = 3 m - TABELA 6

QL	VALORES DE X		- 20% VARIAÇÃO DE PRESSÃO				
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
210	6,66	7,00					
200	6,70	7,00					
190	6,74	7,00					
180	6,77	7,00					
170	6,81	7,00					
160	6,83	7,00					
150	6,86	7,00					
140	6,88	7,00					
130	6,90	7,00					
120	6,92	7,00					
110	6,94	7,00					
100	6,95	7,00					
90	6,96	7,00					
80	6,98	7,00					
70	6,99	7,00					
60	6,99	7,00					
50	6,99	7,00					
40	6,99	7,00					

E = 3 m - TABELA 6.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	Lx6	Lt
530	75,00	27,00	18,00	21,00	18,00		159,0
520	78,00	27,00	21,00	18,00	12,00		156,0
510	78,00	27,00	24,00	18,00	6,00		153,0
500	81,00	27,00	21,00	21,00			150,0
490	84,00	27,00	21,00	15,00			147,0
480	84,00	30,00	21,00	9,00			144,0
470	87,00	27,00	24,00	3,00			141,0
460	87,00	30,00	21,00				138,0
450	87,00	30,00	18,00				135,0
440	90,00	30,00	12,00				132,0
430	90,00	30,00	9,00				129,0
420	90,00	33,00	3,00				126,0
410	93,00	30,00					123,0
400	93,00	27,00					120,0
390	93,00	24,00					117,0
380	96,00	18,00					114,0
370	96,00	15,00					111,0
360	96,00	12,00					108,0
350	96,00	9,00					105,0
340	99,00	3,00					102,0
330	99,00						99,0
320	96,00						96,0
310	93,00						93,0
300	90,00						90,0
290	87,00						87,0
280	84,00						84,0
270	81,00						81,0
260	78,00						78,0
250	75,00						75,0
240	72,00						72,0
230	69,00						69,0
220	66,00						66,0
210	63,00						63,0
200	60,00						60,0
190	57,00						57,0
180	54,00						54,0
170	51,00						51,0
160	48,00						48,0
150	45,00						45,0
140	42,00						42,0
130	39,00						39,0
120	36,00						36,0
110	33,00						33,0
100	30,00						30,0

continuação:

E = 3 m - TABELA 6.1

COMP. DOS TRECHOS DE LATERAL (LX)					COMP. TOTAL (Lt)		
QL	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5	Lx6	Lt
90	27,00						27,0
80	24,00						24,0
70	21,00						21,0
60	18,00						18,0
50	15,00						15,0
40	12,00						12,0

E = 3 m - TABELA 6.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
530	159,0	0,071	53	12376,56	4,19	2,81
520	156,0	0,068	52	12143,04	3,97	3,03
510	153,0	0,066	51	11909,52	3,77	3,23
500	150,0	0,064	50	11676,00	3,57	3,43
490	147,0	0,062	49	11442,48	3,38	3,62
480	144,0	0,059	48	11208,96	3,20	3,80
470	141,0	0,057	47	10975,44	3,02	3,98
460	138,0	0,055	46	10741,92	2,85	4,15
450	135,0	0,053	45	10508,40	2,68	4,32
440	132,0	0,051	44	10274,88	2,52	4,48
430	129,0	0,049	43	10041,36	2,37	4,63
420	126,0	0,047	42	9807,84	2,22	4,78
410	123,0	0,045	41	9574,32	2,08	4,92
400	120,0	0,043	40	9340,80	1,95	5,05
390	117,0	0,041	39	9107,28	1,82	5,18
380	114,0	0,040	38	8873,76	1,69	5,31
370	111,0	0,038	37	8640,24	1,58	5,42
360	108,0	0,036	36	8406,72	1,46	5,54
350	105,0	0,034	35	8173,20	1,36	5,64
340	102,0	0,033	34	7939,68	1,25	5,75
330	99,0	0,031	33	7706,16	1,16	5,84
320	96,0	0,029	32	7472,64	1,06	5,94
310	93,0	0,028	31	7239,12	0,98	6,02
300	90,0	0,026	30	7005,60	0,89	6,11
290	87,0	0,025	29	6772,08	0,81	6,19
280	84,0	0,023	28	6538,56	0,74	6,26
270	81,0	0,022	27	6305,04	0,67	6,33
260	78,0	0,020	26	6071,52	0,61	6,39
250	75,0	0,019	25	5838,00	0,55	6,45
240	72,0	0,018	24	5604,48	0,50	6,51
230	69,0	0,016	23	5370,96	0,44	6,56
220	66,0	0,015	22	5137,44	0,39	6,61
210	63,0	0,014	21	4903,92	0,34	6,66
200	60,0	0,013	20	4670,40	0,30	6,70
190	57,0	0,012	19	4436,88	0,26	6,74
180	54,0	0,011	18	4203,36	0,23	6,77
170	51,0	0,010	17	3969,84	0,19	6,81
160	48,0	0,009	16	3736,32	0,17	6,83
150	45,0	0,008	15	3502,80	0,14	6,86
140	42,0	0,007	14	3269,28	0,12	6,88
130	39,0	0,006	13	3035,76	0,10	6,90
120	36,0	0,005	12	2802,24	0,08	6,92
110	33,0	0,005	11	2568,72	0,06	6,94
100	30,0	0,004	10	2335,20	0,05	6,95

E = 3 m - TABELA 6.2

VARIÁVEIS CORRESPONDENTES A MESMA VAZÃO						
QL	L	XJ	N	RE	HFT	X1
90	27,0	0,003	9	2101,68	0,04	6,96
80	24,0	0,002	8	1868,16	0,02	6,98
70	21,0	0,002	7	1634,64	0,01	6,99
60	18,0	0,001	6	1401,12	0,01	6,99
50	15,0	0,001	5	1167,60	0,01	6,99
40	12,0	0,001	4	834,08	0,01	6,99

E = 3 m - TABELA 6.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO						
QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
530	5,97	7,16	8,59	10,31	12,37	
520	6,41	7,70	9,24	11,08	12,79	
510	6,85	8,22	9,86	11,83	13,20	
500	7,27	8,72	10,46	12,45		
490	7,67	9,21	11,05	12,77		
480	8,06	9,68	11,61	13,00		
470	8,44	10,13	12,15	13,37		
460	8,80	10,56	12,51			
450	9,15	10,98	12,74			
440	9,49	11,39	12,96			
430	9,81	11,78	13,17			
420	10,13	12,15	13,37			
410	10,42	12,43				
400	10,71	12,59				
390	10,98	12,74				
380	11,25	12,88				
370	11,50	13,02				
360	11,74	13,15				
350	11,96	13,27				
340	12,18	13,39				
330	12,38					
320	12,46					
310	12,55					
300	12,63					
290	12,70					
280	12,77					
270	12,84					
260	12,90					
250	12,96					
240	13,02					
230	13,07					
220	13,12					
210	13,16					
200	13,20					
190	13,24					
180	13,27					
170	13,30					
160	13,33					
150	13,36					
140	13,38					
130	13,40					
120	13,41					
110	13,43					
100	13,44					

continuação:

E = 3 m - TABELA 6.3

COMP. DOS EMISSORES (MICROTUBOS) EM CADA TRECHO

QL	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
90	13,45					
80	13,47					
70	13,47					
60	13,48					
50	13,48					
40	13,48					
