

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Relatório de Estágio Supervisionado.

**Determinação dos Parâmetros Hidráulicos do Microaspersor NAAN 7110
(novo) e do Microgotejador Katif (usado).**

Área Experimental- Laboratório de Irrigação e Drenagem.

**Autor: Clovis de Souza Barros
Orientador: José Dantas Neto**

Campina Grande

Junho - 1997

TÍTULO DO PROJETO: DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS
HIDRÁULICOS DO MICROGOTEJADOR **KATIF** USADO E DO
MICROASPERSOR **NAAN 7110**.

Autor : Clovis de Souza Barros

Orientador: José Dantas Neto




Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

**Determinação dos Parâmetros Hidráulicos do Microaspersor NAAN 7110
(novo) e do Microgotejador Katif (usado).**

Estágio aprovado em 11/ junho/ 1997.

COMISSÃO.



José Dantas Neto (Dr.)
(Orientador)



Hamilton Medeiros de Azevedo (Ms.)



Carlos Alberto Vieira de Azevedo (Dr.)

Campina Grande, 11 de junho de 1997.

AGRADECIMENTOS.

- A Deus , por ter me dado forças e paciência para conseguir esse grande passo da minha vida.
- A meus tios(as) e primos (as) pela contribuição prestada para a minha formação acadêmica.
- Ao professor José Dantas Neto pela orientação dedicada.
- Aos professores do Departamento de Eng. Agrícola pela minha formação acadêmica.
- Aos funcionários do laboratório de Irrigação e Drenagem pela ajuda prestada durante esse trabalho.
- Aos colegas do curso de Eng. Agrícola pela amizade e companheirismo
- À minha namorada Valdene pelo carinho e incentivo.
- A Universidade Federal da Paraíba pela minha formação acadêmica.

DEDICATÓRIA.

- A meus pais João Gitirana Barros e Catharina R. de Sousa Barros pelo carinho e oportunidade que me condeste.
- Aos meus irmãos Nelson, Enio, Everaldo, Cleiton e Ivaldo pelo constante incentivo.

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Eletrobomba para fornecer água à área de teste.....	3
Figura 2. Painel de controle.....	4
Figura 3. Carcaça com filtro de disco.....	5
Figura 4. Cuba para interceptação do jato de água para leitura da vazão. ...	7
Figura 5. Balança eletrônica.....	8
Figura 6. Manômetro de mercúrio.....	9
Figura 7. Disposição dos coletores em eixos ortogonais a partir do emissor.....	13
Figura 8. Lateral com os coletores de vazão em cada emissor.....	14
Figura 9. Curva característica de microaspersor NAAN 7110	21
Figura 10. Semiperfil de precipitação	24
Figura 11. Curva característica do microgotejador katif	31

LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1. Características hidráulicas do microaspersor NAAN 7110 fornecida pelo fabricante.....	6
Tabela 2. Características hidráulicas do microgotejador katif fornecida pelo fabricante.....	6
Tabela 3. Dados de massa e volume transformados dos 29 emissores NAAN 7110 operando à pressão de 2.0 atm.....	17
Tabela 4. Valores das Vazões médias dos 20 emissores NAAN 7110 em função da pressão de 2.0 atm.....	18
Tabela 5. Coeficiente de variação de fabricação em função da pressão de 2.0 atm.....	19
Tabela 6. Dados de massa e volume transformados em vazão dos quatro emissores utilizados para determinação da equação característica.....	19
Tabela 7. Equação característica do microaspersor NAAN 7110 a partir dos valores médios da relação vazão-pressão.....	20
Tabela 8. Valores médios dos volumes coletados em cada semi-eixo para determinação do semiperfil médio nas pressões de 1.0, 1.5, 2.0 e 2.5 atm.....	32
Tabela 9. Valores médios de precipitação em cada semi-eixo, para determinação do perfil de distribuição.....	22
Tabela 10. Dados da média das massas e vazões dos 29 emissores testados, correspondente as três laterais às pressões citadas na tabela 11.....	25
Tabela 11. Valores médios de vazões dos emissores nas pressões de 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 e 3.0 atm.....	28
Tabela 12. Coeficiente de variação de fabricação em função das pressões testadas.....	28
Tabela 13. Coeficiente de variação de fabricação de vários emissores segundo PITTS et. el. 1986.....	29
Tabela 14. Valores médios das vazões às pressões citadas acima.....	29
Tabela 15. Equações dos microgotejadores usados obtidos através do software.....	30

ÍNDICE

	Páginas
1.0 Apresentação	1
2.0 Objetivo Geral	2
3.0 Materiais e Métodos.....	2
3.1 Materiais.....	2
3.2 Métodos.....	10
4.0 Resultados e Discussões	17
Microaspersor NAAN 7110.....	17
4.1 Determinação da Vazões do Microaspersor NAAN 7110.....	17
4.2 Coeficiente de Variação de Fabricação.....	18
4.3 Equação Característica do Emissor.....	19
4.4 Perfil de Distribuição.....	22
Microgotrjador Katif.....	25
4.5 Determinação das Vazões do Microgotejador Katif.....	25
4.6 Coeficiente de Variação de Fabricação.....	28
4.7 Equação Característica do Microgotejador Katif.....	29
5.0 Conclusões.....	32
Apêndice.....	33
6.0 Referências Bibliográficas.....	35

1.0 APRESENTAÇÃO.

Devido a predominância de temperaturas médias anuais elevadas, escassez de chuvas anuais nas regiões áridas e semi-áridas, a água se torna um fator limitante para o desenvolvimentos das culturas. Todavia o uso da irrigação tem por finalidade a aplicação de água no solo em quantidades adequadas e nos momentos apropriados, de forma econômica e eficiente. A distribuição da água caracteriza todo o sistema de irrigação e que esta tenha efeitos diretos tanto no projeto como no seu funcionamento.

Segundo BERNARDO (1986), a irrigação localizada não ser considerada somente como uma nova técnica para suprir água às culturas mas, como parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas nos cultivos de determinadas plantas, sob condições controladas de umidade do solo, salinidade, doenças, adubação e variedades selecionadas, de modo que se obtenha efeitos significados na produção.

Dentre os métodos de irrigação, a irrigação localizada vem sendo muito difundido nos últimos anos, tendo em vista as vantagens que esse oferece, dentre os quais, eficiência de aplicação de água, o que se consegue através de uma densa rede de tubulações, emissores e equipamentos de controle da quantidade e da qualidade da água aplicada. A irrigação localizada, pois compreende na aplicação da água, molhando apenas uma fração do sistema radicular da planta. A área molhada (máxima) não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, enquanto que a área mínima molhada é de 20% nas regiões úmidas e 30% nas regiões de clima semi-árido (AZEVEDO, 1986).

Nos sistemas de irrigação localizada, os emissores são um dos componentes mais importante, pois os mesmos devem ser capazes de fornecer vazões pequenas e uniformes. Basicamente são dois os sistemas de irrigação localizada, a microaspersão e o gotejamento.

Tanto no dimensionamento, como no manejo do sistema, é fundamental que o projetista disponha das principais características de um emissor, tais como: regime de fluxo, relação vazão e pressão, vazão nominal, pressão de serviço, coeficiente de variação e vida útil, na qual essas características deverão ser fornecidas pelos fabricantes de equipamentos de irrigação. Desse modo, a avaliação das características hidráulicas dos emissores após a sua utilização pode fornecer informações úteis tanto para a seleção do emissor como para o manejo do sistema de irrigação.

2.0 OBJETIVO GERAL.

Esse estudo tem o propósito de avaliar a performance hidráulica do microaspersor NAAN 7110 e do microgotejador KATIF, a fim de melhorar sua eficiência de aplicação e uniformidade de distribuição dos sistemas de irrigação localizada.

2.1 Objetivos específicos do microaspersor NAAN-7110

- ◆ Determinar as vazões médias dos microaspersores
- ◆ Determinar o coeficiente de variação de fabricação
- ◆ Determinar a equação característica do emissor
- ◆ Determinar o perfil de distribuição

2.2 Objetivos específicos do microgotejador KATIF

- ◆ Determinação da vazão dos emissores
- ◆ Determinação do coeficiente de variação
- ◆ Determinação da curva característica do emissor

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização desse trabalho, os experimentos foram feitos na área experimental, (ambiente fechado) do Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (LEID / DEAg / CCT / UFPB), em Campina Grande.

Os emissores estudados foram o microaspersor NAAN-7110 e o microgotejador KATIF, fabricado pela NAAN 7110 e pela PLASTRO GVAT respectivamente.

3.1 MATERIAIS

3.1.0 Equipamento

O principal equipamento que possibilitou a realização deste trabalho experimental foi um conjunto eletrobomba, que é composto por um motor elétrico trifásico marca WEG, de 380 volts com uma potência efetiva de 5 c.v. girando em média a uma rotação de 3500 rpm, com acoplamento monobloco a uma bomba centrífuga marca scheider, modelo 02.43 (fig.1). O acionamento do motor era feito por uma chave elétrica automática de 5 c.v. .A água que era fornecida à bomba, vinha de um reservatório subterrâneo localizado na parte externa do laboratório, com capacidade em torno de 4.000 litros . O sistema é

montado de forma que possibilitava o retorno da água ao reservatório após a sua passagem pela seção de teste.

3.1.1 Tubos e Conexões.

A tubulação que conduzia a água do reservatório até o painel de controle (**fig.2**) é de PVC rígido com diâmetro interno de 48mm. Após o painel de controle está instalado em uma carcaça de ferro (**fig.3**) um filtro de disco de 200 mesh, capaz de filtrar partículas inferiores a 0,08mm.

A partir do filtro a tubulação foi reduzida para um diâmetro de 16mm linha de teste e precedida de um registro de gaveta.

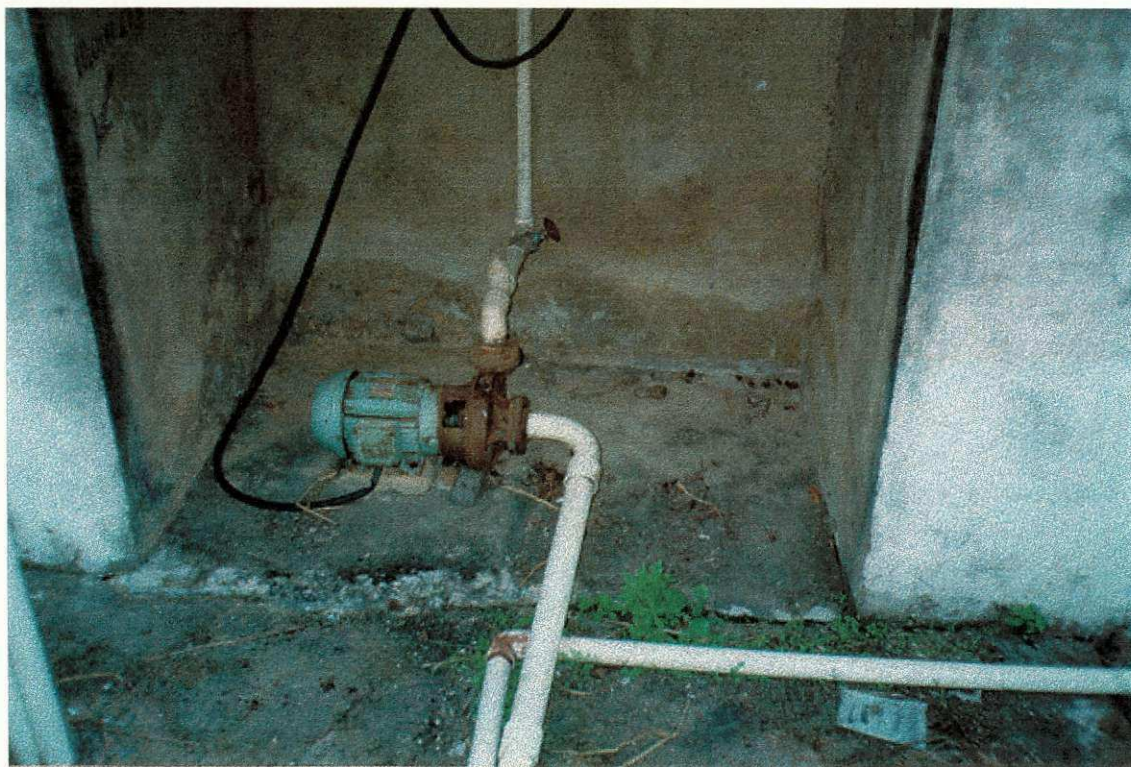


FIGURA 1- Eletrobomba para fornecer água à área de teste.

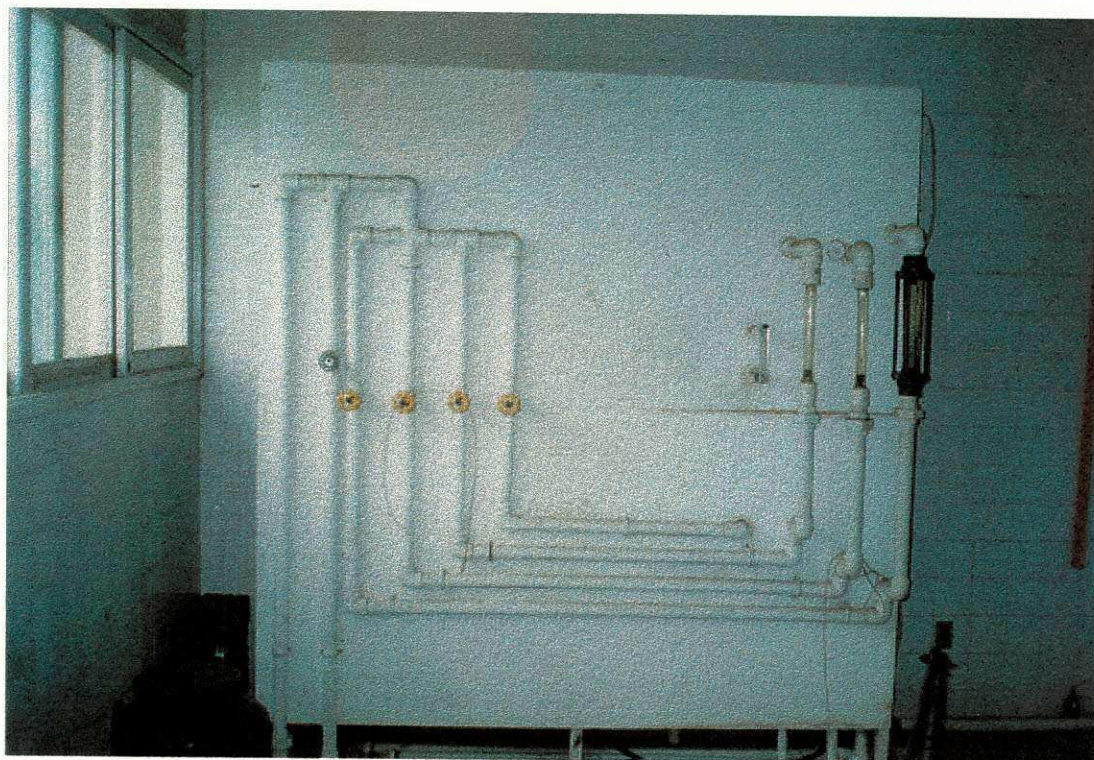


FIGURA 2- Painel de controle.

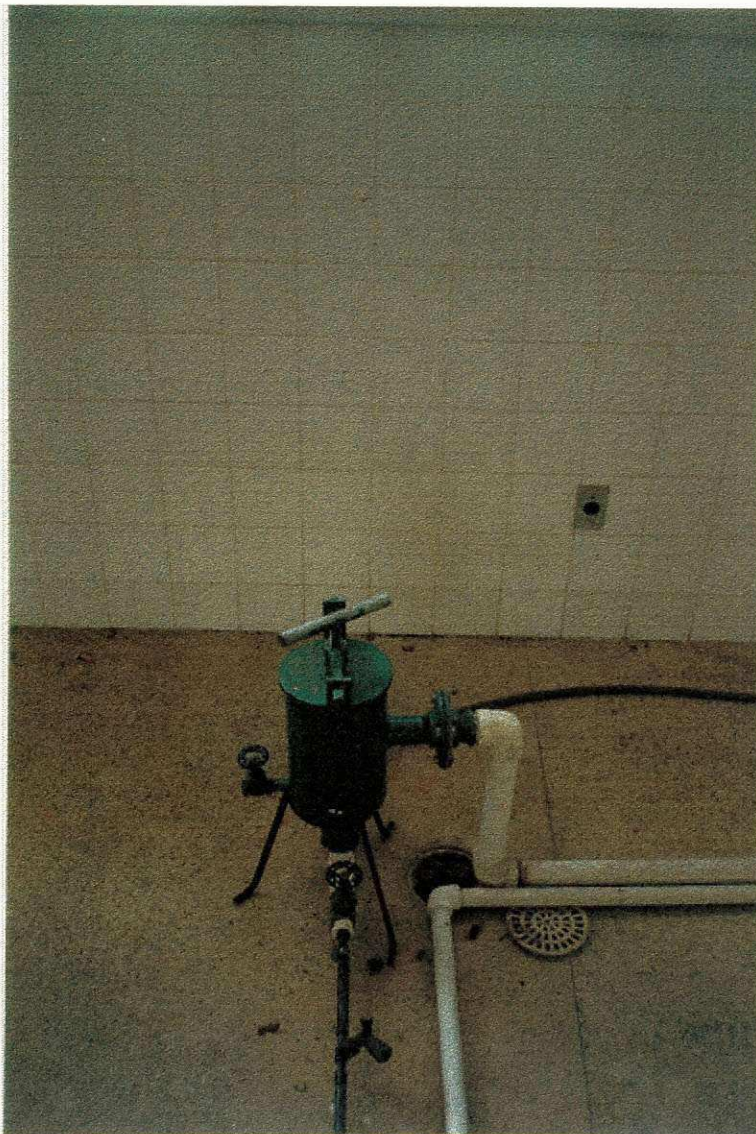


FIGURA 3- Carcaça com filtro de disco

3.1.2 Emissores.

O modelo dos emissores estudados foram, o microaspersor NAAN-7110 e o microgotejador KATIF respectivamente, para observar suas características hidráulicas e o seu funcionamento no sentido de selecionar possíveis problemas no dimensionamento de projetos.

As características hidráulicas desses emissores, fornecidas pelo fabricante, são mostradas nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características hidráulicas do microaspersor NAAN 7110 fornecida pelo fabricante.

Pressão (atm)	Vazão (l/h)	Diâmetro molhado (m)
1.0	29	5.0
1.5	36	5.6
2.0	41	6.0
2.5	46	6.2
3.0	50	6.4

Tabela.2. Características hidráulicas do microgotejador CATIF.

Pressão (atm)	Vazão (l / h)
1.0	3.75
1.5	3.75
2.0	3.75
2.5	3.75
3.0	3.75

3.1.3 Medidores.

Vazões. No caso dos microaspersores, as vazões coletadas foram medidas através da leitura direta, sendo colocado o microaspersor numa cuba (**fig.4**) que interceptava o jato de água, o qual era coletado por um recipiente com capacidade de 580 ml, num intervalo de um minuto, para posterior pesagem, a fim de encontrar o volume de água. Também foram feitas medições fazendo o uso de pluviômetros instalados em duas linhas ortogonais, com o emissor instalado na interseção destas linhas, para um intervalo de tempo de uma hora.

Já para os microgotejadores, a medida das vazões foram feitas utilizando recipientes de plásticos com capacidade de 1000ml, para um intervalo de dois minutos (2) com três repetições cada coleta, e em seguida era feita a pesagem, a fim de encontrar o volume de água.

A medida de tempo era feito por meio de um cronômetro com precisão de 0.1 segundo e a pesagem feita através de uma balança eletrônica, com precisão de 0.1 grama (fig. 5).

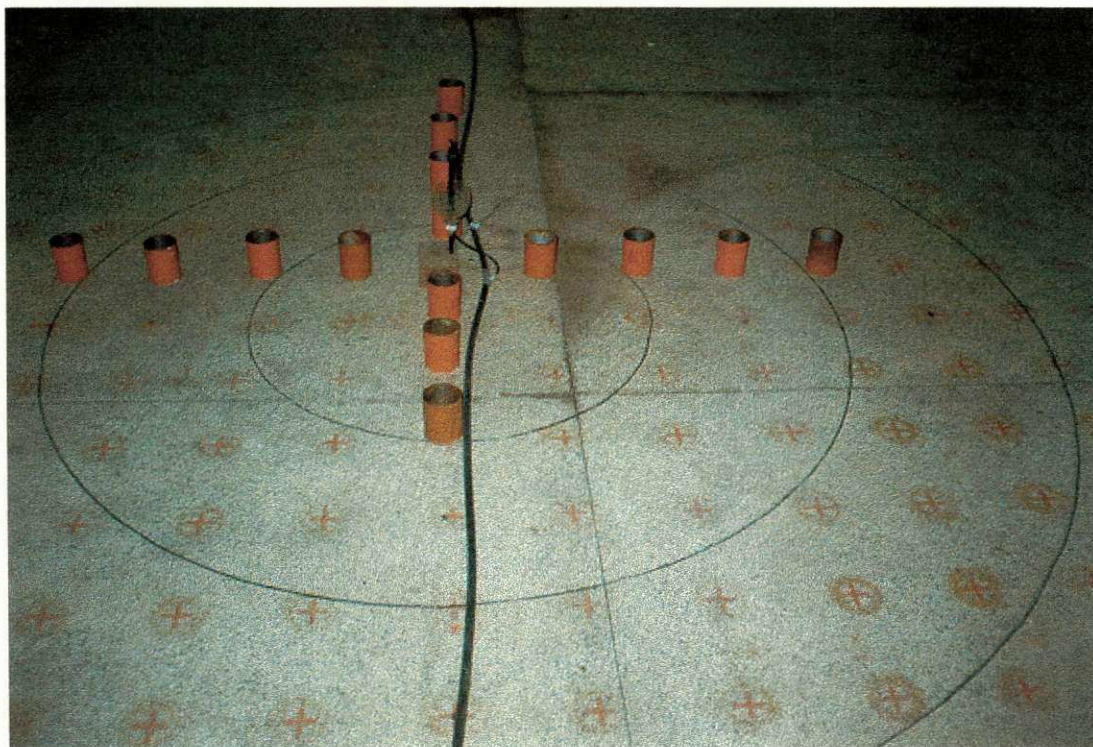


FIGURA 4- Cuba para intercepção do jato de água para leitura da vazão

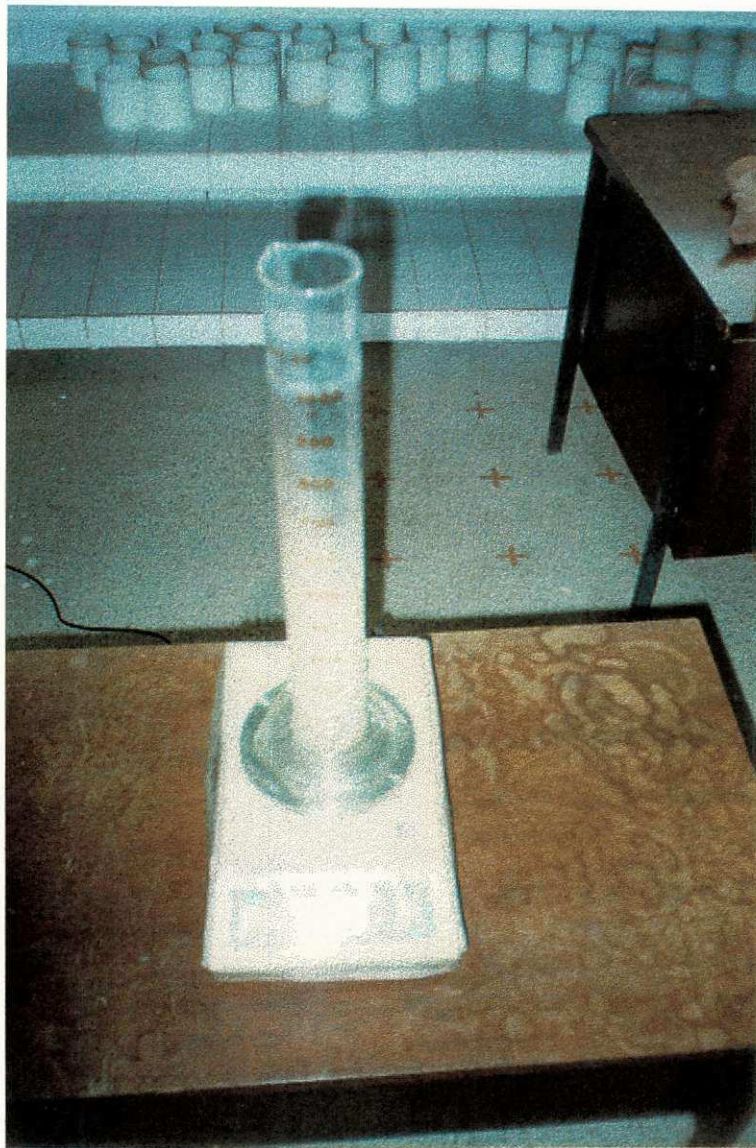


FIGURA 5 - Balança eletrônica

Pressão. Todas as leituras de pressões foram feitas através de um manômetro de mercúrio (**fig.6**) com escala de 0.5 atm à 3.5 atm. O manômetro era um tubo de plástico transparente com diâmetro de 5mm e era instalado na linha de teste, distante 30cm da conexão do microaspersor e das linhas que continha os microgotejadores.

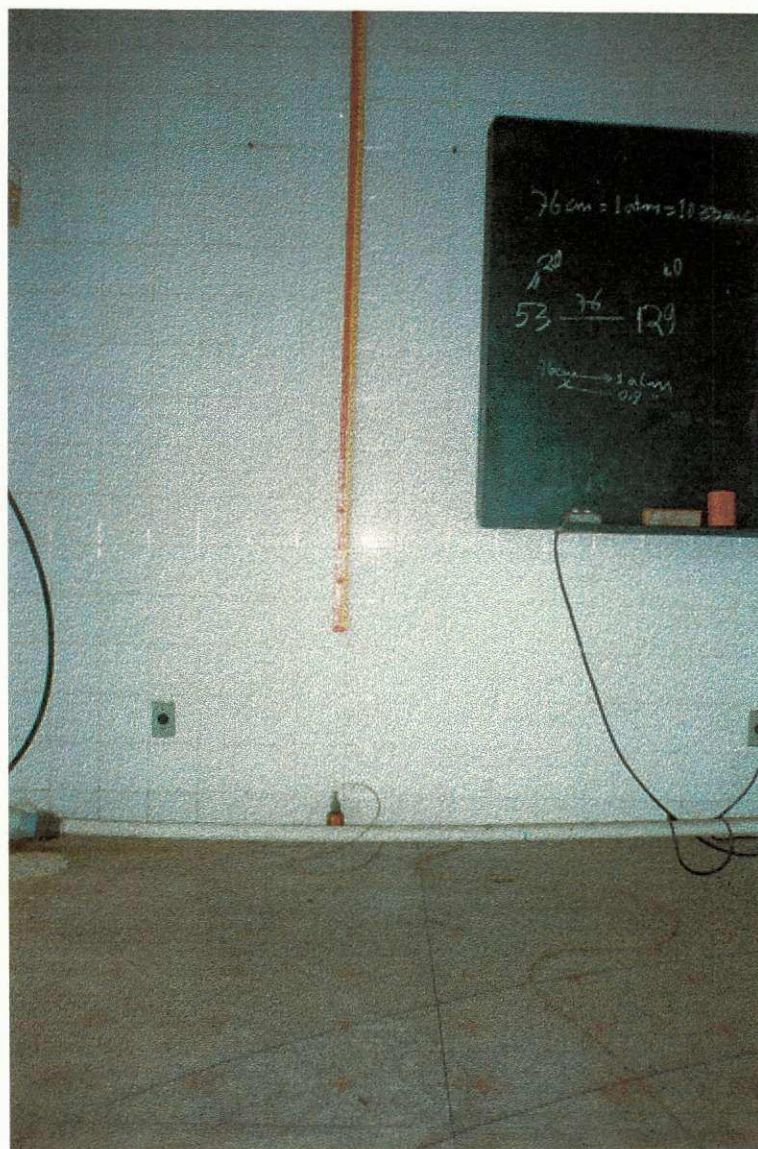


FIGURA 6 - Manômetro de mercúrio.

Temperatura. A leitura era feita utilizando um termômetro simples com escala de 0°C a 200°C . A temperatura média na qual foi realizado os testes foi em torno de 27°C .

3.2 MÉTODOS.

Microaspersor NAAN 7110.

Coefficiente de Variação de Fabricação.

Com o objetivo de avaliar as possíveis variações que ocorrem na vazão entre os microaspersores em virtude de diferenças devido o processo de fabricação, foram selecionados ao acaso vinte microaspersores novos de acordo com a associação brasileira de normas técnicas ABNT (1986).

Para determinar a vazão, cada microaspersor foi submetido a uma pressão nominal de 2 atm, sendo colocado sobre o emissor uma cuba com a finalidade de interceptar o jato de água que era coletado através de um recipiente com capacidade de 580ml, para posterior pesagem. Os volumes coletados foram posteriormente convertidos em vazões (l/h), cujo resultado é a média de três repetições. O tempo de duração de cada coleta foi de um minuto. Esse tempo foi suficiente para coletar um volume superior a 200ml, valor mínimo recomendado pela ABNT (1986).

A partir dos dados das vazões, calculou-se o desvio padrão(δ) e a média (q_m) (eq.1). Em seguida determinou-se o coeficiente de variação de fabricação(C.V.F), dividindo-se o desvio padrão pela média das vazões. Após a determinação do CVF, fez-se a seleção de quatro microaspersores que obtiveram aproximadamente a média, e que em seguida determinou-se as demais características do emissor. O CVF será determinado pela equação 2.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_m)^2}{n-1}} \quad \text{Equ. 1}$$

$$CVF = \frac{\delta}{q_m} \quad \text{Equ. 2}$$

Onde: CVF - Coeficiente de variação de fabricação.

δ - Desvio padrão das vazões da amostra.

Q_m - Média da vazões da amostra.

Na análise do CVF, a ABNT (1986), recomenda uma amostra aleatória entre 20 e 50 emissores. Segundo a ASAE citado por ABREU (1987), os critérios de classificação dos emissores, em função do CVF, são os seguintes.

-	CVF	≤	0.05	Excelente
0.05	< CVF	≤	0.07	Médio
0.07	< CVF	≤	0.11	Marginal
0.11	< CVF	≤	0.15	Deficiente
-	CVF	>	0.15	Inaceitável

Equação Característica do Emissor.

Com o objetivo de determinar uma equação que relacione a vazão com a pressão na entrada do microaspersor foi feito o experimento (ensaio) com 4 (quatro) emissores selecionados na determinação do coeficiente de variação de fabricação já descrito anteriormente.

Para iniciar o experimento, cada microaspersor foi submetido a diferentes pressões, medindo-se as respectivas vazões com três repetições, pelo mesmo método no qual foi utilizado para a determinação do CVF. As pressões de serviços utilizadas para determinação da relação vazão-pressão foram: 1.0 ; 1.5 ; 2.0 e 2.5 atm.

A partir dos resultados das vazões obtidas nos ensaios, sendo seus valores a média dos quatro emissores, com suas respectivas pressões, foi determinada a curva característica vazão-pressão.

Segundo KELLER & KARMELI (1975), VON BERNUTH & SOLOMON (1986) & ABREU et.al. (1987) a relação vazão-pressão de um emissor influencia diretamente no projeto do sistema, de modo que o fluxo de um emissor é caracterizado por uma função potencial, onde a vazão relaciona diretamente com a carga hidráulica na entrada do emissor, e é representada pela (eq.3).

EQUACÃO

$$q = Kd \times h^x \quad \text{Equ.3}$$

q- vazão do emissor.

Kd- coeficiente de descarga do emissor.

h- pressão hidráulica em m.c.a.

x- expoente de descarga que caracteriza o regime de fluxo.

Perfil de Distribuição.

Este ensaio tem por finalidade determinar o raio efetivo e a distribuição pluviométrica do emissor. Neste ensaio é válido observar que o mesmo foi feito sob a ausência de vento, ou seja, ambiente fechado.

Na avaliação desse parâmetro, foi instalado duas linhas de pluviômetros, dispostos ortogonalmente com o emissor instalado na interseção destas linhas . A distribuição dos pluviômetros pode ser vista através da (fig. 7), onde quatro semi-eixos são identificados pelas letras N , S , L , W.

Os pluviômetros utilizados foram recipientes cilíndricos metálicos medindo 8.4cm de diâmetro e 10.5cm de altura. Estes coletores foram espaçados eqüidistantes a cada 30 cm, cujo espaçamento está de acordo com as normas da ABNT (1986). Segundo estas normas os coletores devem estar espaçados de no máximo 20% do raio de alcance do emissor.

Decorrido um hora (tempo recomendado pela ABNT, 1986), de funcionamento com o emissor submetido a pressões de 1.0, 1.5, 2.0 e 2,5atm, foram feitas as leituras dos volumes de água contida em cada coletor, através da pesagem em balança eletrônica e em seguida os volumes foram convertidos em altura de precipitação, cujos valores é a média dos três emissores ensaiados. O cálculo da precipitação foi calculado através da seguinte expressão.

EQUAÇÃO.

$$P = \frac{10 \times V}{A \times T} \quad \text{Equ. 4}$$

onde: P- precipitação horária (mm/ h).
V- volume coletado no pluviômetro (cm³)
A- área do pluviômetro (cm²)
T- tempo de coleta (h).

No início e no final de cada teste foi realizada a medição da vazão do emissor, com a finalidade de observar a variação de vazão ao longo do tempo de funcionamento.

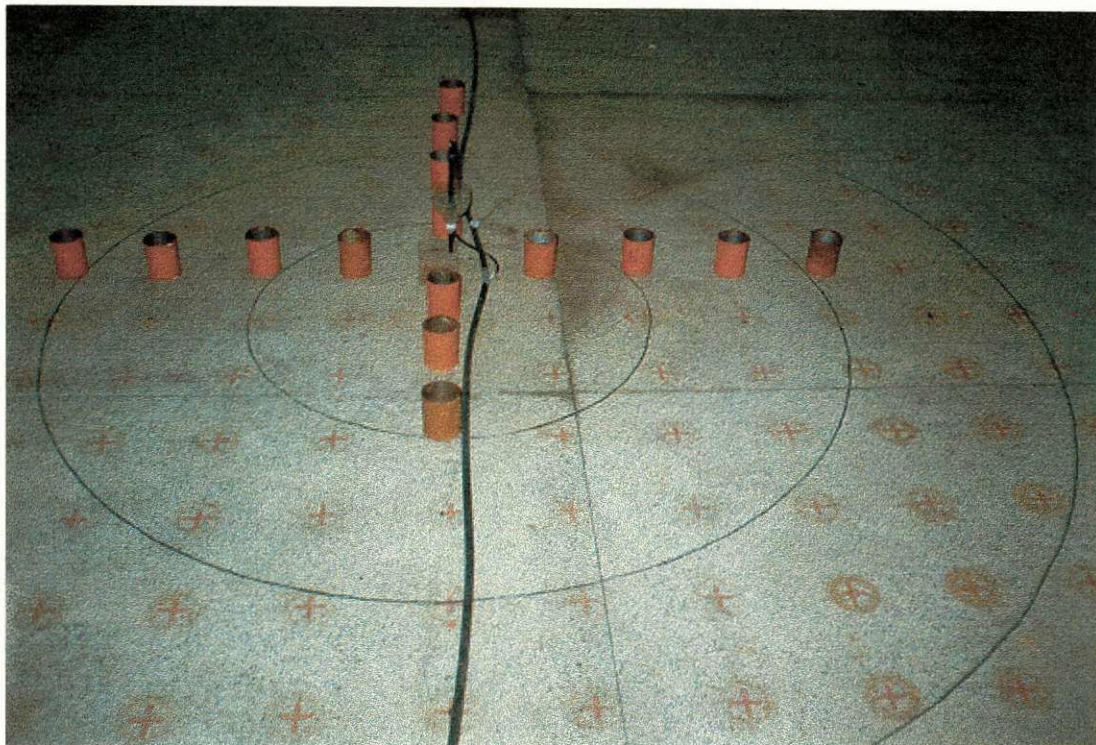


FIGURA 7 - Disposição dos coletores em eixos ortogonais a partir do emissor.

Microgotejador Katif

Coefficiente de Variação de Fabricação.

Para a determinação do coeficiente de variação de fabricação foram utilizados 77 emissores (usados), de acordo com a SOLOMON (1979) que recomenda um número de 50 emissores. O tempo de uso que esses emissores já tinham sido submetidos, foi de 90 dias (três meses) , no qual a água que foi utilizada, apresentava uma condutividade elétrica em torno de 1000 e 5000 $\mu\text{s} / \text{cm}$ o que pode ter cometido algum desgaste nos mesmos. Os emissores já estavam instalados em três laterais de polietileno, sendo que duas laterais tinham 17.4 m de comprimento e a terceira tinha 11.4 m de comprimento, com diâmetro interno de 10.3 mm respectivamente, espaçados entre si a uma distância de 60cm. Sendo assim, as três laterais constitui um número de 77 emissores, como já foi citado anteriormente, de modo que apenas 29 emissores foram utilizados para os testes.

A metodologia utilizada para coleta das vazões dos emissores, para avaliação do sistema de irrigação localizada é descrita a seguir.

Dentre as três laterais utilizadas, a coleta das vazões foram feitas nos seguintes microgotejadores que correspondem as devidas posições: No 1^o, 4^o, 7^o, 10^o, 13^o, 16^o, 19^o, 22^o, 25^o, 28^o e 29 para cada lateral. Essas laterais foram submetidas à varias pressões (1.0, 1.5, 2.0, 2.5 e 3.0 atm), sendo colocado em cada ponto de emissão recipientes com capacidade de 1000ml para coleta do volume d'água correspondente a um tempo de dois minutos. Esses volumes foram medidos em provetas com capacidade de 1000ml. Em cada lateral (**fig 8**) e para cada pressão foram feitas três repetições de leitura do volume coletado.

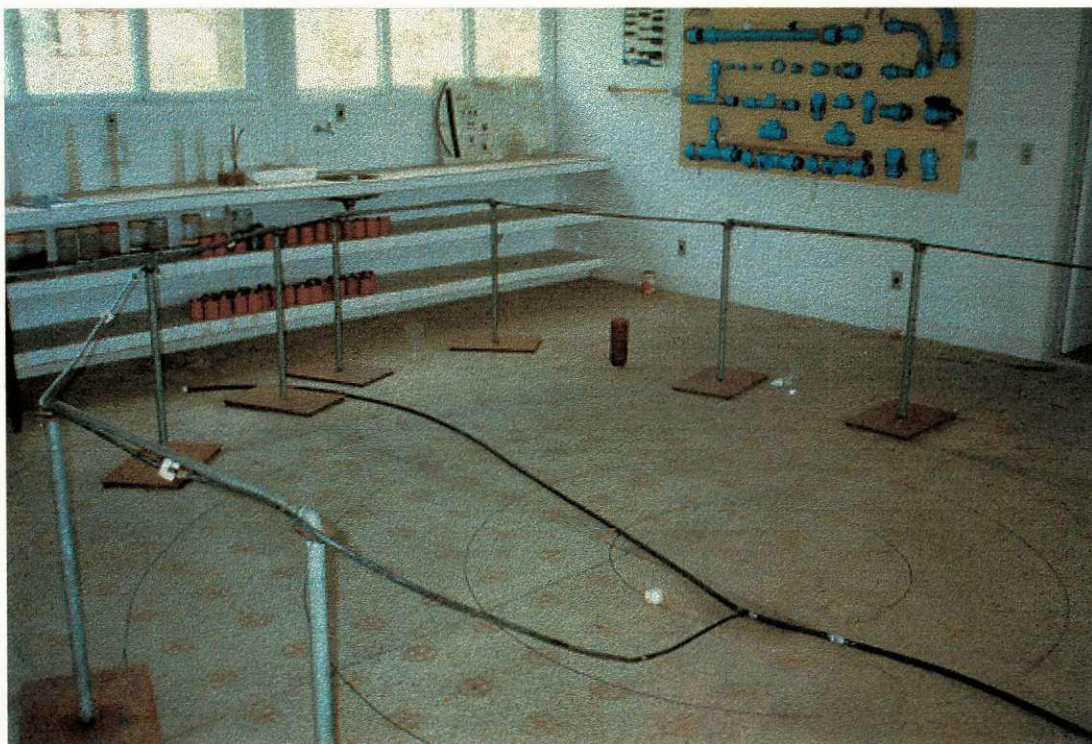


FIGURA 8- Lateral com os coletores de vazão em cada emissor.

O coeficiente de variação de fabricação foi determinado pela relação entre o desvio padrão das vazões (l/h) e a vazão média dos emissores.

As vazões individuais (q_i) e a vazão média dos emissores (q_m) foram calculadas da seguinte forma:

$$q_i = (\sum \text{vol}) \times 0.012 \quad \text{em (l/h)}$$

onde:

Vol = Volume coletado (ml) e 0.012 foi o fator de conversão para (l/h)

$$q_m = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}$$

O coeficiente de variação de fabricação foi determinado pela equação abaixo, para as pressões dadas ou citadas anteriormente.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_m)^2}{n-1}} \quad \text{Equ.5}$$

$$CVF = \frac{\delta}{q_m} \quad \text{Equ.6}$$

onde:

δ = Desvio padrão das vazões (l/h) às pressões de 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; e 3.0 atm

q_m = Vazão média dos emissores.

A classificação dos microgotejadores quanto ao CVF foi feita segundo a ASAE (1988).

-	-	CVF	≤	0.05	Excelente
0.05	<	CVF	≤	0.07	Médio
0.07	<	CVF	≤	0.11	Marginal
0.11	<	CVF	≤	0.15	Deficiente
-	<	CVF	>	0.15	Inaceitável

Equação Característica do emissor

Na equação característica do emissor utilizou-se dados das vazões coletadas das três laterais utilizadas na determinação do coeficiente de variação de fabricação, para as pressões de 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; e 3.0 atm. Essas pressões no qual, segundo o fabricante, o emissor é a autocompensante (1.8 atm).

A medição das vazões também foram feitas pelo mesmo método descrito para o CVF, e com o mesmo número de emissores (29) testados obtendo-se uma vazão média das três laterais para cada pressão.

De posse dos valores médios das vazões, e de suas respectivas pressões, foram determinadas através do software CURVEFIT, as equações que relacionam vazão-pressão. Esse software faz o ajuste dos dados para as equações, fornecendo para cada uma delas o valor do coeficiente de determinação (R^2). Dai foi feita uma seleção das equações levando-se em consideração seus respectivos coeficientes.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Microaspersor NAAN 7110

4.1. Determinação das Vazões dos Microaspersores Para a Pressão de 2.0atm

Os resultados dos testes realizados com os 20 (vinte) microaspersores para o cálculo da massa de água e o respectivo volume, são apresentados na tabela 3 para a pressão de 2.0atm.

Tabela 3. Dados de massa e volume transformados dos 20 emissores NAAN 7110, operando à pressão de 2.0atm.

Emissores	M (g)	Vm (cm)
1	334.5	334.5
2	334.7	334.7
3	333.1	333.1
4	328.0	328.0
5	331.7	331.7
6	335.1	335.1
7	335.5	335.5
8	333.0	333.0
9	333.6	333.6
10	331.0	331.0
11	334.9	334.9
12	333.2	333.2
13	332.0	332.0
14	335.2	335.2
15	332.1	332.1
16	332.9	332.9
17	334.3	334.3
18	335.6	335.6
19	333.7	333.7
20	332.0	332.0

Considerando que o teste teve duração de um minuto, sendo assim na tabela 4, obteve-se as seguintes vazões médias dos 20 microaspersores em função da pressão de 2.0atm, cuja vazão média foi de 40 l/h.

Tabela 4. Valores das vazões médias dos 20 microaspersores NAAN 7110 em função da pressão de 2.0atm.

Emissores	Vazões l/h
1	40.2
2	40.2
3	39.9
4	39.4
5	39.8
6	40.2
7	40.3
8	39.9
9	40.0
10	39.7
11	40.2
12	39.9
13	39.8
14	40.2
15	39.8
16	39.9
17	40.1
18	40.3
19	40.0
20	39.8
Média	40.0

4.2 Determinação do coeficiente de variação de fabricação.

Na tabela5, encontra-se os valores da vazão média assim como o coeficiente de variação de fabricação na pressão de 2.0atm. Observa-se na tabela abaixo, que o valor do CVF foi inferior a 5%, sendo dessa forma classificado como excelente, de acordo com a ABNT (1986). A vazão média encontrada corresponde a 97.5% da vazão fornecida pelo fabricante.

TABELA 5. Coeficiente de variação de fabricação em função da pressão de 2.0atm.

Pressão (atm)	2.0
Vazão determinada (l/h)	40.0
e	
Vazão fornecida pelo fabricante (l/h)	41.0
CVF (%)	0.0055

4.3 Equação Característica do Emissor.

Após os testes para encontrar a vazão média e o CVF, fez-se a seleção das vazões dos microaspersores trabalhando à pressão de 2.0 atm por ser considerada a pressão nominal para esse tipo de emissor. No entanto, selecionou-se quatro emissores 3, 8, 9 e 12 que corresponde a 20% dos emissores, com as vazões mais próximas da média.

Tabela6 (A,B,C,D).Dados de massa e volume transformados em vazões (l / h) dos quatro (4) emissores utilizados para determinação da equação característica.

Tabela 6A. microaspersor nº 3

Pressão (atm)	M (g)	Vm (cm ³)	qm (l/h)
1.0	231.8.	231.8.	27.8
1.5	287.2	287.2	34.5
2.0	331.1	331.1	39.9
2.5	372.0	372.0	44.6

Tabela 6B. microaspersor nº 8

Pressão (atm)	M (g)	Vm (cm ³)	qm (l/h)
1.0	234.1	234.1	28.1
1.5	288.2	288.2	34.6
2.0	333.0	333.0	39.9
2.5	373.8	373.8	44.8

Tabela 6C. microaspersor n° 9

Pressão (atm)	M (g)	Vm (cm ³)	qm (l/h)
1.0	234.5	234.5	28.1
1.5	288.6	288.6	34.7
2.0	333.6	333.6	40.0
2.5	373.8	373.8	44.8

Tabela 6D. microaspersor n°12

Pressão (atm)	M (g)	Vm (cm ³)	qm (l/h)
1.0	231.4	231.4	27.8
1.5	285.7	285.7	34.3
2.0	333.2	333.2	39.9
2.5	372.4	372.4	44.7

Estão apresentados na tabela 7 os valores médios das vazões obtidas para as mesmas pressões da tabela 6. A variação máxima dessas pressões foi de 1.33% inferior a recomendada pela ABNT que é de 3%. A partir dos dados da tabela 7, encontrou-se a equação característica conforme a do emissor (microaspersor NAAN 7110) com os respectivos coeficientes de determinação R^2 , bem como traçou a curva característica conforme a (fig.9) O modelo de regressão que melhor ajustou os dados foi o **potencial**, com expoente dependendo de x , da equação característica, igual a 0,5131, caracterizando o fluxo como turbulento, conforme KELLER e KARMELI (1975).

Tabela 7. Equação característica do microaspersor NAAN 7110 a partir dos valores médios da relação pressão(atm) versos vazão (l/h).

EQUAÇÃO POTENCIAL	
$q = 27.9851 \times h^{0.5131}$	$R^2 = 0.99$
Pressões (atm)	Vazões (l / h)
1.0	27.95
1.5	34.53
2.0	39.95
2.5	44.73

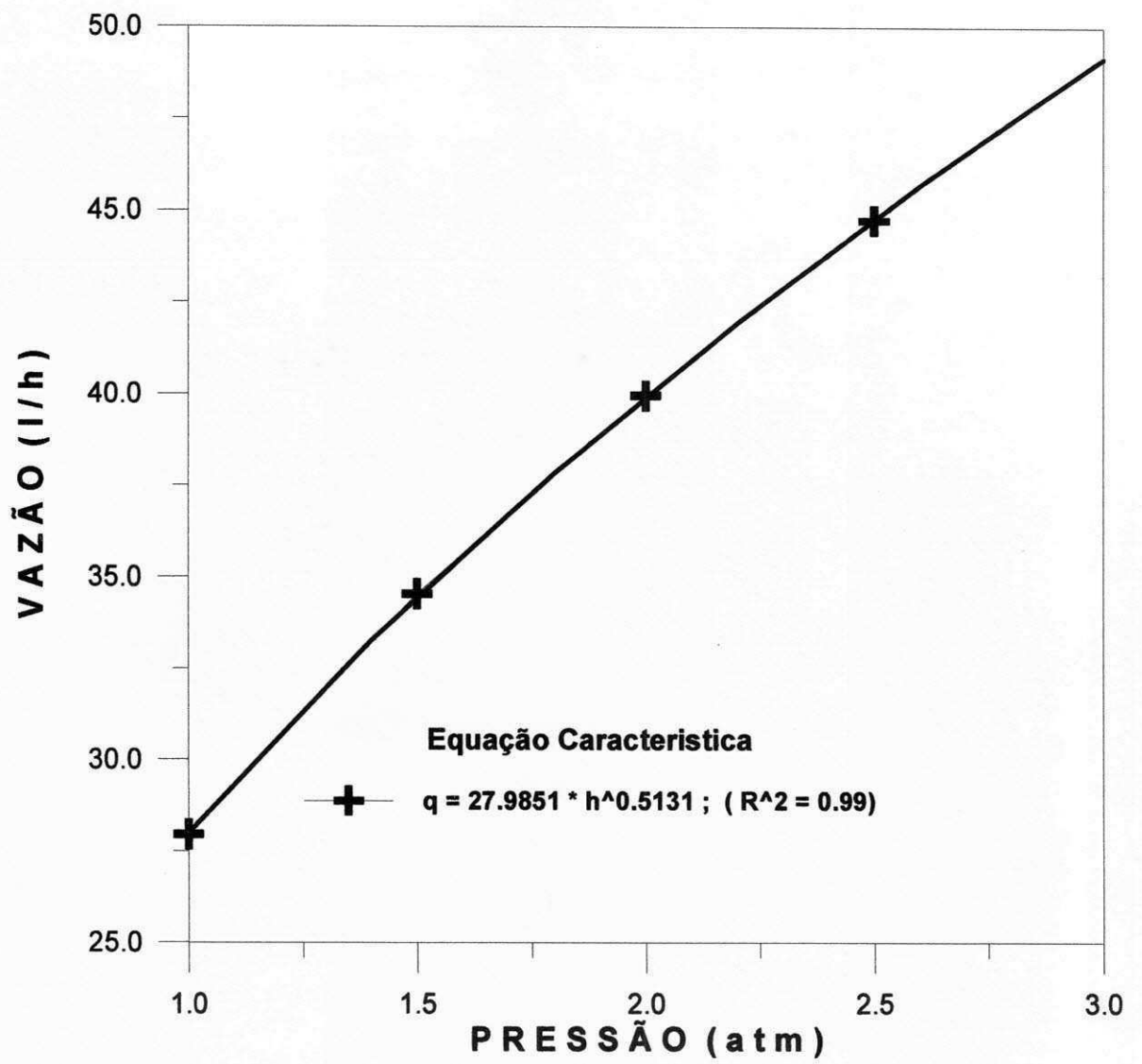


Figura 9. Curva Característica do Microaspersor NAAN 7110

4.4 Perfil de distribuição

Os resultados dos testes realizados para análises de distribuição de água foi feito com os três microaspersores que melhor se aproximou da média (n^o 3, n^o 8, e n^o 12) e estão apresentados na tabela 8 (A,B,C e D), do apêndice, no qual os volumes foram transformados em precipitações, que constam na tabela 9 abaixo.

Tabela 9(A). Valores médios de precipitação em cada semi-eixo para determinação do semi-perfil médio, na pressão de 1.0 atm.

Distância do emissor(cm)	Semi-eixo				Média
	N	S	L	W	
15	4.67	2.32	2.94	2.22	3.03
45	2.59	2.25	2.05	1.69	2.16
75	2.33	1.69	1.86	3.00	2.22
105	3.57	1.93	2.44	4.17	3.03
135	2.23	2.42	2.80	2.24	2.42
165	1.12	1.26	2.00	0.93	1.32
195	0.73	1.15	0.87	0.42	0.79
225	0.22	0.71	0.19	0.0	0.28
255	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
285	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Média	1.71	1.37	1.52	1.45	1.53

Tabela 9(B). Valores médios de precipitação em cada semi-eixo para determinação do semi-perfil médio, na pressão de 1.5 atm.

Distância do emissor(cm)	Semi-eixo				Média
	N	S	L	W	
15	5.74	4.43	5.45	2.99	4.65
45	3.04	4.25	3.21	2.71	3.30
75	3.61	2.54	3.20	2.74	3.02
105	5.10	2.38	3.19	4.56	3.81
135	1.64	2.69	3.26	2.01	2.40
165	0.99	1.92	1.85	1.47	1.55
195	0.56	1.13	0.96	0.99	0.91
225	0.45	0.57	0.41	0.60	0.51
255	0.33	0.47	0.06	0.53	0.35
285	0.15	0.12	0.0	0.17	0.11
Média	2.16	2.05	2.16	1.88	2.06

Tabela 9(C). Valores médios de precipitação em cada semi-eixo para determinação do semi-perfil médio, na pressão de 2.0 atm.

Distância do emissor(cm)	Semi-eixo				Média
	N	S	L	W	
15	3.81	3.41	3.55	3.86	3.66
45	4.31	5.01	4.85	4.35	4.65
75	2.92	3.88	3.11	3.78	4.42
105	3.10	5.16	3.46	3.35	3.76
135	1.89	2.46	2.66	2.52	2.38
165	1.11	1.68	0.97	1.7	1.36
195	0.48	0.78	0.36	0.79	0.6
225	0.31	0.31	0.27	0.16	0.26
255	0.31	0.27	0.16	0.0	0.18
285	0.18	0.0	0.0	0.0	0.05
Média	1.84	2.29	1.94	2.10	2.13

Tabela 9(D). Valores médios de precipitação em cada semi-eixo para determinação do semi-perfil médio, na pressão de 2.5 atm.

Distância do emissor(cm)	Semi-eixo				Média
	N	S	L	W	
15	6.22	4.01	5.26	5.06	5.14
45	7.01	6.06	6.69	7.36	6.78
75	6.38	4.08	4.58	5.18	5.05
105	5.21	2.99	3.88	4.82	4.23
135	2.12	2.54	3.77	2.46	2.72
165	1.19	1.49	1.79	1.41	1.47
195	0.55	0.38	0.98	1.05	0.74
225	0.28	1.18	0.51	0.44	0.60
255	0.13	0.15	0.36	0.2	0.21
285	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Média	2.91	2.28	2.74	2.79	2.69

Os valores médios de precipitação, para as pressões testadas, estão apresentadas na tabela 9 (A, B, C, e D). A medida de volume dos recipientes para posterior transformação em precipitação, foi feita tal como para os demais parâmetros hidráulicos (CVF. e equação característica) ou seja, através da pesagem da água. Apesar dos testes terem sido realizados em ambiente fechado, observou-se uma maior precipitação média nos semi-eixos norte e leste (1.71 e 1.52 mm / h) e uma menor no semi-eixos sul e oeste (1.37 e 1.45 mm / h) para a pressão de 1.0 atm, (2.16 e 2.16 mm / h) e (2.28 e 2.74 mm / h) para a pressão de 1.5 atm. Já na pressão de 2.0 atm observou-se uma maior

precipitação média nos semi-eixos sul e oeste (2.29 e 2.10 mm / h) e uma menor nos semi-eixos norte e leste (1.84 e 1.94 mm / h). Para a pressão de 2.5 atm, observou-se uma maior precipitação média nos semi-eixos norte e leste (2.91 e 2.79 mm /h) e uma menor nos semi-eixos sul e leste (2.28 e 2.79 mm / h).

Com a média de precipitação dos quatro semi-eixos e para as diferentes pressões, foi confeccionado o perfil de distribuição (**fig.10**). O semi perfil pluviométrico foi obtido com o microaspersor NAAN 7110, colocado no centro dos quatro semi-eixos, e a curva apresenta a média das precipitações. Dai observou-se uma maior concentração de volume de água aos 15cm e 45cm de distância da haste do microaspersor. A distribuição de precipitação foi irregular até os 105cm, tornando-se uniforme a partir do mesmo.

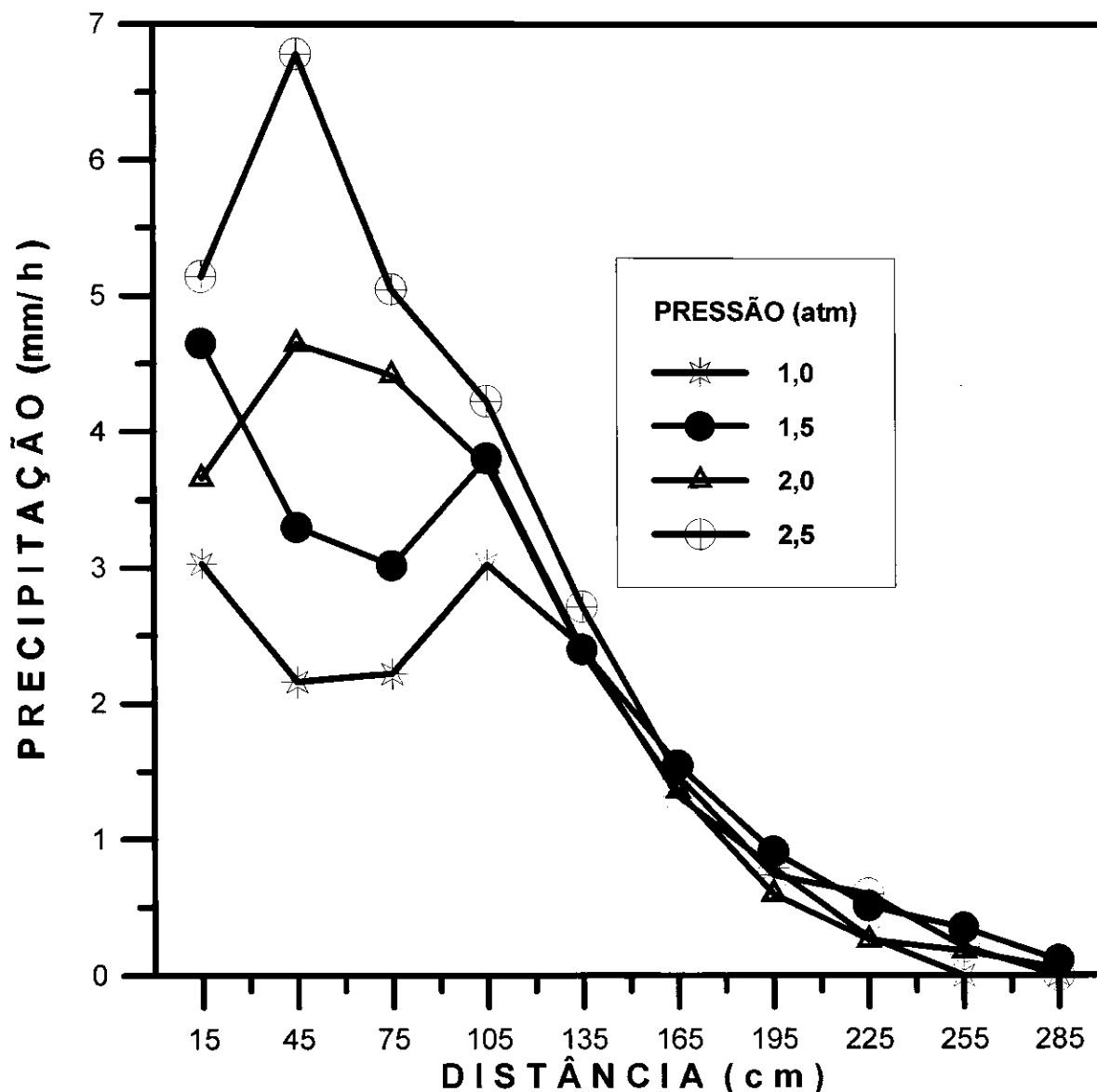


FIGURA 10- Semiperfil de precipitação

Microgotejador Katif

4.5.Determinação das vazões dos microgotejadores.

Para as pressões de 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 e 3.0 atm, os resultados dos ensaios realizados com os 29 emissores distribuídos nas três laterais, para o cálculo da massa de água e o respectivo volume para as pressões citadas acima, são apresentados nas tabela 10 abaixo. Os valores correspondem a medida das vazões para as respectivas pressões. Como se pode observar, a variação de vazão foi diferente entre o primeiro e o último emissor, o que teoricamente deveria ser igual devido o emissor ser autocompensante.

Tabela 10(A).Dados da média das massas, volumes e vazões dos 29 emissores testados, correspondentes as três laterais à pressão de 1.0 atm.

Posição do emissor	Pressão de 1.0 atm		
	M (g)	Vm (cm ³)	Qm (l / h)
1 ^o	141.68	141.68	4.24
4 ^o	143.04	143.04	4.30
7 ^o	134.12	134.12	4.01
10 ^o	141.13	141.13	4.023
13 ^o	149.37	149.37	4.48
16 ^o	144.99	144.99	4.34
19 ^o	129.05	129.05	3.86
22 ^o	141.90	141.90	4.25
25 ^o	139.41	139.41	4.17
28 ^o	135.14	135.14	4.05
29 ^o	137.46	137.46	4.12
Média			4.19

Tabela 10(B). Dados da média das massas, volumes e vazões dos 29 emissores testados, correspondentes as três laterais à pressão de 1.5 atm.

Posição do emissor	Pressão de 1.5 atm		
	M (g)	Vm (cm ³)	Qm (l / h)
1 ^o	144.69	144.69	4.33
4^o	149.46	149.46	4.46
7 ^o	129.55	129.55	3.88
10 ^o	138.21	138.21	4.13
13 ^o	141.64	141.64	4.24
16 ^o	137.53	137.53	4.13
19 ^o	134.11	134.11	3.99
22 ^o	143.51	143.51	4.29
25 ^o	138.78	138.78	4.17
28 ^o	131.97	131.97	3.94
29 ^o	130.84	130.84	3.91
Média			4.13

Tabela 10(C). Dados da média das massas, volumes e vazões dos 29 emissores testados, correspondentes as três laterais à pressão de 2.0 atm.

Posição do emissor	Pressão de 2.0 atm		
	M (g)	Vm (cm ³)	Qm (l / h)
1 ^o	140.4	140.40	4.20
4^o	138.89	138.89	4.16
7 ^o	134.80	134.80	4.04
10 ^o	137.85	137.85	4.13
13 ^o	140.41	140.41	4.21
16 ^o	143.01	143.01	4.23
19 ^o	126.28	126.28	3.78
22 ^o	140.13	140.13	4.20
25 ^o	138.05	138.05	4.13
28 ^o	138.54	138.54	4.15
29 ^o	139.94	139.94	4.19
Média			4.13

Tabela 10(D). Dados da média das massas, volumes e vazões dos 29 emissores testados, correspondentes as três laterais à pressão de 2.5 atm.

Posição do emissor	Pressão de 2.5 atm		
	M (g)	Vm (cm ³)	Qm (l / h)
1 ^o	128.21	128.21	3.84
4 ^o	140.09	140.09	4.19
7 ^o	133.07	133.07	3.98
10 ^o	140.36	140.36	4.20
13 ^o	142.34	142.34	4.26
16 ^o	142.12	142.12	4.26
19 ^o	126.26	126.26	3.78
22 ^o	140.89	140.89	4.22
25 ^o	137.34	137.34	4.11
28 ^o	133.49	133.49	4.00
29 ^o	139.45	139.45	4.18
Média			4.09

Tabela 10(E). Dados da média das massas, volumes e vazões dos 29 emissores testados, correspondentes as três laterais à pressão de 3.0 atm.

Posição do emissor	Pressão de 3.0 atm		
	M (g)	Vm (cm ³)	Qm (l / h)
1 ^o	128.29	128.29	3.84
4 ^o	139.07	139.07	4.17
7 ^o	131.17	131.17	3.93
10 ^o	138.93	138.93	4.16
13 ^o	148.02	148.02	4.43
16 ^o	141.16	141.16	4.23
19 ^o	125.96	125.96	3.77
22 ^o	142.67	142.67	4.27
25 ^o	137.67	137.67	4.12
28 ^o	133.54	133.54	4.00
29 ^o	138.02	138.02	4.14
Média			4.10

Tabela 11- Valores médios de vazões dos emissores nas pressões de 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; e 3.0 atm.

Posição do emissor	Vazão média (l/h)
1 ^o	4.09
4 ^o	4.26
7 ^o	3.97
10 ^o	4.13
13 ^o	4.32
16 ^o	4.24
19 ^o	3.84
22 ^o	4.25
25 ^o	4.14
28 ^o	4.04
29 ^o	4.10
Média	4.13

Na tabela 11, observa-se que o gotejador de n^o 19 apresenta uma vazão de (3.84 l/h) que é bem próxima a do fabricante (3.75 l/h), o que demonstra um menor desgaste devido ao uso. Já o emissor de n^o 13 apresenta a maior vazão (4.32 l/h) o que demonstra que o mesmo sofreu um desgaste maior, devido provavelmente ao alto teor de salinidade na água de irrigação, embora trabalhando nas mesmas condições do emissor de n^o 19.

4.6 Coeficiente de Variação de Fabricação

Os valores da vazões médias dos 29 emissores testados, assim como o CVF, em diferentes pressões, estão apresentados na tabela 12.

Tabela 12. Coeficiente de Variação de fabricação em função das pressões testadas.

Pressão(atm)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	Média
Vazão determinada (l/h)	4.13	4.19	4.13	4.09	4.10	4.13
e Vazão fornecida pelo fabricante (l/h)	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
CVF.	0.046	0.045	0.046	0.044	0.041	0.044

Observa-se que a vazão média dos microgotejadores, às diferentes pressões foi igual a 4.13 l/h e o coeficiente de variação de fabricação (CVF.) igual a 0.044. A vazão média dos emissores mostrou-se superior a vazão nominal (3.75 l/h) em torno de 9,2%. Daí, pode-se observar que a vazão máxima (4.48 l/h) e a mínima de (3.77 l/h) foram respectivamente superiores à vazão nominal, e o coeficiente de variação de fabricação considerado excelente segundo a classificação da ASAE (1988).

Sob as condições de laboratório nas quais foram testados os emissores, as diferenças observadas entre as vazões pode ser atribuídas a fatores tais como: as variações devido o processo de fabricação ,variações de temperatura da água e alterações nas propriedades elásticas das membranas de silicone, devido os emissores já terem sido usados com água com elevado teor de salinidade.

Mesmo nessas condições se compararmos o CVF. do microgotejador katif (usado)com outros emissores, verifica-se que o katif apresenta uma melhor uniformidade de fabricação que vários emissores autocompensante e não autocompensante (tabela 13). Entre os quatorze emissores apresentados na tabela 13, apenas cinco possuem C.V.F. melhores que o katif.

Tabela 13. C.V.F. de vários emissores segundo PITTS et al. (1986).

Fabricante	Nome	Vazão (l/h)	Tipo	C.V.F.
Rainbird	Rainbug	4	Autocompensante	0.076
Defco	Rainmate	„	„	0.112
Sport systems	Vórtex	„	Vórtice	0.111
Global	-	„	Autocompensante	0.115
Ris	Turbo-Key	„	Fluxo turbulento	0.075
Netafim	Button	„	Labirinto	0.023
Bowsmith	S-10	„	Ori. flexíveis	0.077
Tirosh	-	„	Vórtice	0.045
Reed	E-2	„	Fluxo laminar	0.051
Plastro Gvat	Katif	2	Autocompensante	0.053
Global	Micflapper	„	„	0.141
Lake	1000	4	Fluxo laminar	0.092
Lake	1500	„	Labirinto	0.042

4.7 Equação Característica do Microgotejador Katif.

A relação entre a vazão e a pressão para os microgotejadores foi obtida a partir dos dados contidos na tabela 14. Esses dados são o resultado da média das vazões para as pressões de 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 e 3.0 atm.

Tabela 14 Valores médios da vazões (l/h) às pressões citadas acima.

Pressão (atm)	Vazão (l / h)
1.0	4.13
1.5	4.19
2.0	4.13
2.5	4.09
3.0	4.10

Verifica-se que para o intervalo de pressão 1.0 a 3.0 atm a máxima variação de vazão foi de 2.4%. Logo, observa-se na (**fig.11**) , que os microgotejadores usados tem um comportamento hidráulico de acordo com os resultados obtidos nos testes, semelhante o do fabricante, ou seja quando ainda novos.

No entanto, é mostrado na tabela 15, as equações que descrevem a hidráulica dos microgotejadores katif, funcionando sob as pressões já citada anteriormente. Daí, pode-se verificar que as equações que melhor se ajustou os dados dos emissores foi a ALOMÉTRICA CURVILINEAR com o coeficiente de determinação de 0.79 e a POTENCIAL cujo o coeficiente de determinação (R^2) é igual a 0.34.

Tabela 15. Equações dos microgotejadores usados obtidos através do **software curvefit** para as pressões citadas na tabela 11.

EQUAÇÕES	A	B	C	R^2
CURVILINEAR $Y= A * X^{B+C * \text{Log}(x)}$	4.1399	2.7203E-2	-8.4153E-2	0.79
POTENCIAL $Y=A * X^B$	4.1923	-0.0077	-	0.34

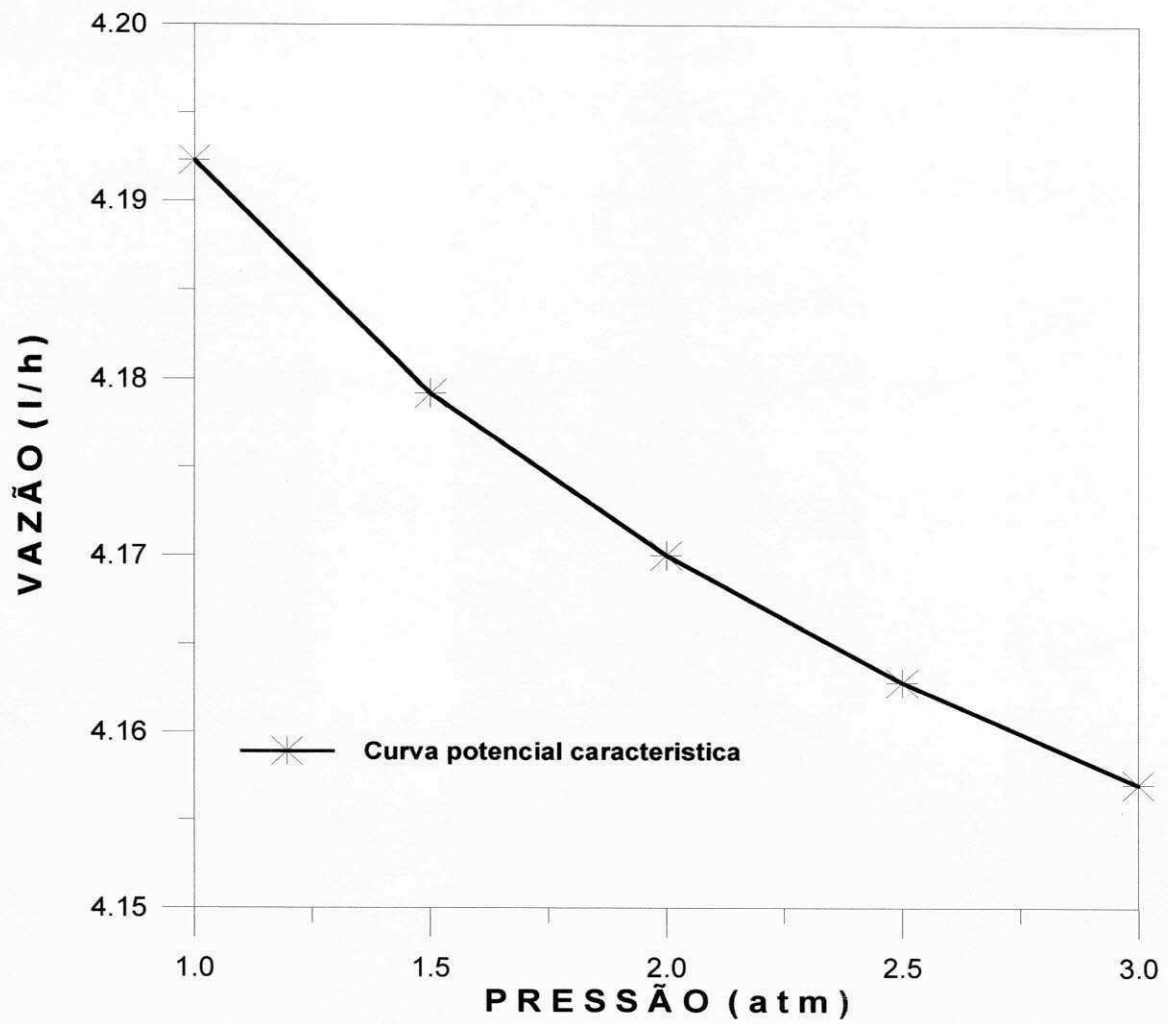


FIGURA 11- Curva característica do microgotejador Katif

5.0 CONCLUSÕES

Para os emissores, os resultados dos dados encontrados, através dos métodos usados na avaliação da performance hidráulica do emissor, e nas condições em que os testes foram submetidos, chegou-se as seguintes conclusões:

- A vazão média encontrada nos testes de laboratório, do microaspersor NAAN 7110 corresponde a 40,00 l/h, ou seja, 97,5% da vazão fornecida pelo fabricante que é de 41,00 l/h.
- O modelo do microaspersor avaliado apresenta um excelente coeficiente de uniformidade de fabricação, que foi de 0.0055, ou seja, 0.55%, valor inferior ao recomendado que é de 5%.
- O modelo ou equação que melhor ajustou com os dados ensaiados foi a potencial ($q = 2.4854 \times h^{0.5131}$), com um coeficiente de determinação R^2 , igual a 0.99
- É observado no gráfico do semi-perfil médio do microaspersor NAAN 7110, uma distribuição d'água satisfatoriamente uniforme.
- O microgotejador katif apresentou uma vazão média que corresponde a 4.13 l/h, para uma variação de pressão de 1.0 atm até 3.0 atm, ou seja, superior à vazão fornecida pelo fabricante que é de 3.75 l/h, para a mesma variação de pressão. A sensibilidade às variações de pressão, caracteriza como autocompensante, porém não completamente.
- Verificou-se que o microgotejador katif, após ter sido usado, apresentou um excelente coeficiente de variação de fabricação que foi de 0.0044.
- As equações que melhor caracterizou o comportamento hidráulico do microgotejador (usado) no intervalo de pressão de 1.0 até 3.0 atm, foram: a alométrica curvilínea e a potencial, apresentando um melhor coeficiente de determinação R^2 entre os dados, de 0,7953 e 0,03352 respectivamente.

APÊNDICE

Tabela 8(A). Valores médios dos volumes coletados em cada semi-eixo para determinação do semi-perfil médio, na pressão de 1.0atm.

Distância do emissor(cm)	Semi-eixo			
	N	S	L	W
15	25.66	12.76	16.16	12.20
45	14.26	12.36	11.30	9.30
75	12.80	9.30	10.26	16.50
105	19.63	10.60	13.43	22.90
135	12.23	13.30	15.40	12.43
165	6.13	6.96	11.03	5.13
195	4.03	6.30	4.80	2.23
225	1.2	3.90	1.06	0.0
255	0.0	0.0	0.0	0.0
285	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabela 8(B). Valores médios dos volumes coletados em cada semi-eixo para determinação do semi-perfil médio, na pressão de 1.5 atm.

Distância do emissor(cm)	Semi-eixo			
	N	S	L	W
15	31.56	24.36	29.93	16.46
45	16.70	23.36	17.63	14.90
75	19.83	13.96	15.83	15.10
105	28.06	13.10	17.53	25.06
135	9.03	14.83	17.93	11.06
165	5.46	10.53	10.16	8.10
195	3.13	6.20	5.26	5.46
225	2.5	3.16	2.23	3.30
255	1.8	2.56	0.36	2.93
285	0.8	0.63	0.0	0.93

Tabela 8(C). Valores médios dos volumes coletados em cada semi-eixo para determinação do semi-perfil médio, na pressão de 2.0 atm.

Distância do emissor(cm)	Semi-eixo			
	N	S	L	W
15	20.96	18.73	19.53	21.23
45	23.70	27.53	26.63	23.90
75	16.06	21.33	17.10	20.80
105	17.06	28.36	19.0	18.40
135	10.40	13.53	14.6	13.86
165	6.10	9.26	5.36	9.36
195	2.66	4.26	2.0	4.36
225	1.73	1.73	1.53	0.86
255	1.73	0.53	0.86	0.0
285	1.03	0.0	0.23	0.0

Tabela 8(D). Valores médios dos volumes coletados em cada semi-eixo para determinação do semi-perfil médio, na pressão de 2.5 atm.

Distância do emissor(cm)	Semi-eixo			
	N	S	L	W
15	34.20	22.06	28.90	27.8
45	38.50	33.30	36.80	40.46
75	35.06	22.46	25.20	28.46
105	28.60	16.43	21.36	26.46
135	11.66	13.96	18.53	13.53
165	6.56	8.20	9.86	7.76
195	3.03	2.13	5.4	5.80
225	1.56	1.0	2.8	2.43
255	0.76	0.86	2.0	1.10
285	0.0	0.0	0.6	0.7

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT . São Paulo.
Emissores para sistemas de irrigação localizada.

ABREU, J. M. H; **El Riego Localizado.** Instituto Nacional de Investigación Agrárias.
Madri. 1987. 317p.

AZEVEDO, H. M . **Irrigação Localizada. Informe Agrop.** Belo Horizonte, n.139, p40-53, 1986.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação .**Viçosa.Imprensa Universitária, 1986 488p.

COLOMBO, A.; SCALOPPI, E. J. **Ensaio de equipamentos Para Irrigação.**
Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Brasília, 1981.

KELLER, J. ;KARMELI, D.; **Trecker Irrigation Desing.** Rain Bird Sprinkles
Manufacturing Corp, Glendora, 1975. 133p.

LUCENA, K. FLÁVIO MEIRA DE. **Performance Hidráulica do Microgotejador
Katif Novos e Usados.** Campina Grande, novembro 1993. (Tese de Mestrado).

PIZARRO,F. ; **Drenaje Agrícola y Recuperacion de Suelos Salinos,** DNOCS, 1987.

OLITTA, A. F. L. ; **Os Métodos de Irrigação .** Editora Nobel. 1986.

VON BERMUTH, R. D. ;SOLOMON, K. H. ; **Emitter Contuction. IN. Trickle
Irrigation For Crop Production.**