

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

ODORICO NEVES DA SILVA NETO

**VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE GOTEJADORES
AUTOCOMPENSANTES UTILIZANDO ÁCIDO HÚMICO E ÁGUA DE
ABASTECIMENTO**

**Uberlândia – MG
2017**

ODORICO NEVES DA SILVA NETO

**VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE GOTEJADORES
AUTOCOMPENSANTES UTILIZANDO ÁCIDO HÚMICO E ÁGUA DE
ABASTECIMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para a obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^a. Dra. Alice Rosa da Silva

Coorientador: Me. Pedro Henrique Pinto Ribeiro

**Uberlândia – MG
2017**

ODORICO NEVES DA SILVA NETO

**VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE GOTEJADORES
AUTOCOMPENSANTES UTILIZANDO ÁCIDO HÚMICO E ÁGUA DE
ABASTECIMENTO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia,
da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 01 de Dezembro de 2017

Prof^ª. Dra. Maria Lyda Bolanos Rojas

Prof Dr. Ismarley Lage Horta Morais

Prof^ª. Dra. Alice Rosa da Silva
Orientadora

Me. Pedro Henrique Pinto Ribeiro
Coorientador

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Engenheiro Agrônomo, Odorico Neves da Silva, minha inspiração para a escolha da profissão, me deu muita força e coragem, e toda vida, lutou e investiu pela educação de seus filhos.

À minha mãe Alba Thaís Corrêa Neves, sempre me apoiou e me orientou em todos os sentidos.

À Jéssica Neves Lopes, minha mulher, eterna companheira.

À minhas irmãs Engenheiras Agrônomas Ana Corrêa Neves e Ágatha Corrêa Neves.

Ao meu irmão Otávio Corrêa Neves, também inspiração profissional.

Ao Pai Celestial.

.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
1. RESUMO	09
2. INTRODUÇÃO.....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	12
4. MATERIAIS e MÉTODOS.....	26
5. RESULTADOS e DISCUSSÕES.....	29
6. CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
APÊNDICE A.....	44
APÊNDICE B.....	46

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura1. Esquema de um sistema de irrigação localizada.....	19
Figura 2. Esquema do cabeçal de controle.....	20
Figura3.Curvas de vazão em função de uma única pressão.....	23
Figura4. Bancada de ensaio de gotejadores.....	27
Figura 5.Filtro de discos e proveta de vidro.....	28
Figura 6. Béquer ácido húmico.....	29
Figura 7. Gotejador A5 PC estourado na pressão de 50 m.c.a.....	35
Figura 8. Curva vazão versus pressão dos emissores Amnondrip PC e A5 PC usando água de abastecimento e ácido húmico.....	38

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Classificação dos emissores em função do Coeficiente de Variação de Fabricação.....	24
Tabela 2. Classificação dos valores do desempenho de sistema de irrigação em função do CUC e UD.....	26
Tabela 3. Volume médio de 18 gotejadores Amnondrip PC em mililitros obtidos de 3 repetições com água de abastecimento para as pressões 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a.....	30
Tabela 4. Volume médio de 18 gotejadores A5 PC em mililitros obtidos de 3 repetições com água de abastecimento para as pressões 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a.....	30
Tabela 5. Desvios padrões das vazões dos emissores.....	31
Tabela 6. Valores de Coeficiente de Variação de Fabricação, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição do gotejador Amnondrip PC novo utilizando água de abastecimento.....	32
Tabela 7. Valores de Coeficiente de Variação de Fabricação, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição do gotejador Rain Bird A5 PC utilizando água de abastecimento.....	32
Tabela 8. Volume médio de 18 gotejadores Amnondrip PC em mililitros obtidos de 3 repetições com ácido húmico para as pressões 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a.....	33
Tabela 9. Volume médio de 18 gotejadores A5 PC em mililitros obtidos de 3 repetições com ácido húmico para as pressões 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a.....	34
Tabela 10. Desvios padrões das vazões dos emissores usados por 168h com ácido húmico.....	36
Tabela 11. Valores de vazão média, Coeficiente de Variação de Fabricação, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição do gotejador Amnondrip PC usando ácido húmico.....	36

Tabela 12. Valores de vazão média, Coeficiente de Variação de Fabricação, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição do gotejador A5 PC usado utilizando ácido húmico.....	37
--	----

VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE GOTEJADORES AUTOCOMPENSANTES UTILIZANDO ÁCIDO HÚMICO E ÁGUA DE ABASTECIMENTO

RESUMO: Neste trabalho foi avaliado o desempenho de dois modelos de gotejadores autocompensantes, Amnondrip PC e A5 PC utilizando ácido húmico e água de abastecimento. O experimento foi elaborado na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG sendo o ensaio dos emissores, realizado em bancada específica no Laboratório de Ensaio de Equipamentos de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista “UNESP” de Botucatu – SP. Os gotejadores foram avaliados após um uso contínuo de 168 horas em regime de circuito fechado, nas pressões de 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a, em 3 repetições de 10 min cada, sendo as duas últimas pressões acima da pressão de serviço de ambos os modelos com o intuito de simular um uso intenso e mais realista dos gotejadores encontrados no campo. Os parâmetros de avaliação de desempenho foram o coeficiente de variação de fabricação (CVf), o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e a uniformidade de distribuição (UD). Com os resultados pode ser constatado que há uma queda de desempenho entre os usos do gotejador com água e com o ácido, principalmente para o modelo Amnondrip PC quando considerado as últimas pressões simulando um uso intenso. O modelo A5 PC se mostrou mais resistente ao uso acima da pressão de serviço com o ácido húmico e também um excelente desempenho quando dentro das pressões de 10 a 30 m.c.a.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação localizada, fertirrigação, uniformidade.

ABSTRACT: In this work the performance of two self-compensating drippers, Amnondrip PC and A5 PC using humic acid and water supply were evaluated. The experiment was carried out at the Federal University of Uberlândia, Uberlândia, MG, Brazil. The experiment was carried out in a specific laboratory at the Irrigation and Drainage Testing Laboratory of the Department of Rural Engineering of the Universidade Estadual Paulista "UNESP", Botucatu - SP. The drippers were evaluated after a continuous use of 168 hours in a closed circuit at 10, 20, 30, 40 and 50 mca

pressures, in 3 repetitions of 10 min each, the last two pressures being above the operating pressure of both models with the intention of simulating an intense and more realistic use of the drippers found in the field. The performance evaluation parameters were the coefficient of manufacturing variation (CVf), the Christiansen uniformity coefficient (CUC) and the uniformity of distribution (UD). With the results it can be verified that there is a decrease of performance between the uses of the dripper with water and with the acid, mainly for the model Amnondrip PC when considering the last pressures simulating an intense use. The A5 PC model showed to be more resistant to the use above the service pressure with the humic acid and also an excellent performance when within the pressures of 10 to 30 m.c.a.

KEYWORDS: Localized irrigation, fertigation, uniformity.

2. INTRODUÇÃO

Atualmente a situação dos recursos hídricos disponíveis em todo o globo terrestre é preocupante, tanto pela sua quantidade quanto pela sua qualidade, principalmente porque são crescentes os desequilíbrios produzidos em relação à disponibilidade de água de qualidade. Desequilíbrios causados pelo aumento da população concomitante com sua maior concentração em grandes centros urbanos; desmatamento; deterioração de várzeas e bosques, resultando em um menor aproveitamento das águas da chuva; exploração excessiva de aquíferos e constante contaminação das águas superficiais (ALMEIDA, 2010).

Estes desequilíbrios geram consequências de escassez de recursos hídricos, e, como ordem de prioridade, as águas para o uso doméstico que são de primeira importância, seguidas das águas de aplicações agrícolas. Essa última, devido à grande quantidade de água requerida para a prática da irrigação das culturas aliado ao alto custo de energia necessário para sua aplicação, desperta grande interesse para sua racionalização (AZEVEDO et al., 1999; ALMEIDA, 2010).

Segundo Souza et al. (2005) uma medida que torna-se cada vez mais usual entre agricultores que buscam atenuar o problema da escassez de recursos hídricos é a adoção

de práticas agrícolas que conservem o solo e deem condições de não usar de práticas agrícolas atualmente convencionais com alto poder degradador. O uso de condicionadores de solo é a alternativa que pode ser utilizada para mitigar o manejo das culturas e promover melhoras da produtividade de uma forma sustentável desde que aplicado da mesma maneira e com o método adequado.

O ácido húmico (AH) é originado de substâncias húmicas que por sua vez tem sua origem na oxidação e polimerização da matéria orgânica. Seu uso proporciona uma série de ações físicas, químicas e biológicas que beneficiam o solo e a planta tornando um sucesso para os cultivos em relação à sua produtividade. A aplicação deste ácido pode se tornar onerosa quando aplicado incorretamente e ainda gerar consequências negativas no ambiente.

Devido à sua eficiência de aplicação, o método de irrigação localizada é o mais indicado para utilizar o ácido húmico quando se pensa em diminuição de impactos ambientais. O baixo risco de contaminação pelo resíduo, a mínima possibilidade de escoamento superficial juntamente com a percolação são fatores que apóiam o uso do gotejamento para aplicar estas substâncias nas culturas (SILVA et al, 2015).

A irrigação localizada tem grande importância e destaque quando do objetivo de aumento da eficiência e economia de recursos hídricos bem como a redução de impactos ambientais advindos de práticas de irrigação antigas e/ou projetadas de forma não sustentável. Na irrigação localizada a água é aplicada de forma direta na região radicular com pouca intensidade, porém com maior frequência mantendo a quantidade de água ideal para a planta, próxima à capacidade de campo. Este sistema apresenta como principal vantagem o controle total da água fornecida para a planta além de outras como baixo consumo de energia, adaptação a diferentes tipos de solo e topografia bem como a possibilidade do uso da fertirrigação (COSTA et al, 2010).

A eficiência de um sistema de irrigação localizada está relacionada à qualidade dos seus componentes e ao correto dimensionamento hidráulico do sistema, principalmente no que se refere aos cálculos de perda de carga. Para satisfazer às necessidades de uma agricultura moderna, novos equipamentos são fabricados com os mais variados tipos de materiais, sendo que o surgimento de novos equipamentos implica na necessidade de determinação de suas características estruturais e de análise de seu desempenho (FERNANDES et al, 2010).

A irrigação localizada se destaca, ainda, por sua facilidade de operação, por sua eficiência e uniformidade de distribuição de água, refletindo em melhor aproveitamento dos recursos hídricos e aumento na produção das culturas. De acordo com Souza et. al. (2006), o coeficiente de variação de fabricação (CVf) e os coeficientes uniformidade e distribuição, (CUC) e (UD), são os parâmetros utilizados na avaliação de sistema de irrigação localizada, visto que expressam a qualidade da irrigação e são decisivos no planejamento e na operação desses sistemas. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho dos tubos gotejadores modelos Amnondrip e A5 PC das marcas comerciais NANDAANJAIN e Rain Bird respectivamente, por meio da obtenção do coeficiente de variação de fabricação e dos coeficientes de uniformidade de Christiansen e Distribuição para 5 diferentes pressões, 10 m.c.a, 20 m.c.a, 30 m.c.a, 40 m.c.a e 50 m.c.a fazendo uma comparação de uso do ácido húmico fertirrigado e água de abastecimento em função do tempo de uso do sistema de irrigação localizada.

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 A ÁGUA

A água cobre grande parte da superfície do planeta. Apresenta – se como salgada nos oceanos e mares e como doce nos rios, lagos e subsolo e também como um todo nas fases líquida, sólida e gasosa fato este que distingue o Planeta Terra dos demais conhecidos. A água é uma substância natural incomparável, um recurso essencial para a manutenção da vida na Terra, para a saúde humana bem como para seu desenvolvimento econômico (VICTORINO, 2007).

As mudanças entre as fases físicas acontecem no ciclo hidrológico. Neste ciclo a água sofre uma mudança de estado, de líquido para vapor d'água através da radiação solar subindo à atmosfera. Durante a subida a temperatura diminui e acontece a condensação do vapor e formam – se as nuvens em elevadas alturas. A formação de maiores gotas vai ocorrendo e caindo sobre a terra na forma de chuva ou ainda granizo, quando durante a queda há a travessia por zonas de temperatura abaixo de 0°C. O ciclo se fecha quando a água cai sobre o solo, e, ao se infiltrar e circular por seu interior vão

acumulando ao ponto que se afloram novamente na superfície formando correntes que constituirão os rios que desaguarão no mar. Os raios solares atuam novamente nas águas dos rios e mares reiniciando o ciclo (ALMEIDA, 2010).

A taxa média de renovação da água no mundo vem caindo em uma ordem de 40% desde a década de 70, segundo dados da Aliança para Conservação de Energia. Essa queda se dá principalmente devido à crescente explosão demográfica gerando consequências crônicas de falta d'água, refletindo severamente no desenvolvimento econômico. Prevê-se que o número de nações que enfrentam tal falta d'água irá dobrar em até 25 anos ao passo que atualmente são 20 países na maioria africanos e médio orientais que não tem acesso a um abastecimento seguro e adequado de água (ALLIANCE, 2002).

Através do ciclo hidrológico é possível estimar um tempo necessário para a revitalização das águas da hidrosfera global e também sua taxa de renovação. O quadro 1 elaborado por Lvovitch (1988) citado por Almeida (2010) apresenta as águas da hidrosfera global, seu volume e taxa de renovação.

Quadro 1 – As águas do planeta, volume e sua taxa de revitalização seguindo o ciclo hidrológico.

Hidrosfera global	Volume de água (10 ³ km ³)	Volume total (%)	Taxa de renovação (anos)
Oceanos	1.370.323,0	93,9600	3.000
Águas subterrâneas	60.000,0	4,1200	5.000
Água glaciais	24.000,0	1,65	8.000
Lagos	280,0	0,0190	7
Umidade dos solos	85,0	0,0060	1
Vapores na atmosfera	14,0	0,0010	0.027
Águas fluviais	1,2	0,0001	0.031

Extraído e adaptado de ALMEIDA, 2010

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2009) no que se refere à situação global das águas, 97% é água salgada, não potável. A água potável, doce, equivale a menos de 3%, onde cerca de mais da metade deste percentual está retido nos pólos

Antártico e Ártico e também em geleiras, não disponível para o uso humano. O que sobra para o uso dos ecossistemas e humanidade é apenas 0,5% da água doce disponível no planeta, distribuídos em chuvas, lagos naturais, rios e aquíferos.

A água sempre foi dada como um regulador social muito importante, principalmente em estruturas de sociedade que tem suas condições intimamente ligadas à agricultura, sendo organizadas a princípio ao redor de uma fonte d'água. Como nem todos os membros desta comunidade tem acesso a água em um mesmo nível, começam então a ocorrer desigualdades sociais acerca de seu uso de modo que passa a existir rivalidade entre seus usuários. Rival é alguém situado na margem contrária do rio ou riacho usando a mesma fonte de outros, dando uma ideia de disputa, perigo e até ataques pelo uso do recurso (PETRELLA 2002).

Existem vários exemplos de possíveis conflitos pela água, principalmente nos países do Oriente Médio. A Síria já colocou tropas em sua fronteira para impedir que seu país vizinho use suas reservas hídricas. O Egito luta com a Uganda pelo rio Nilo, pois este é considerado uma fonte de vida para seu país já que 97% da superfície egípcia é considerada desértica. Bangladesh, Índia e Nepal conflitam pelo rio Ganges. Estes tipos de conflitos são cada vez mais tendenciosos a ocorrer devido aos grandes problemas sociais ligados a má utilização da água (VICTORINO, 2007).

Segundo Victorino (2007) a água é indispensável e insubstituível para todas as formas de vida, por isso, a tomada de decisões sobre esse importante elemento deve considerar um chamado tripé dos requisitos “quantidade, qualidade e perpetuidade”. Desta forma é possível construir um panorama de vida com água de boa qualidade para todos e para sempre. Só assim o meio ambiente poderá se defender das constantes pressões do crescimento populacional e conseqüentemente, da elevação do consumo de seus recursos. No que se refere ao consumo de água, torna-se necessário a imposição de estratégias mitigadoras que façam de seu uso eficiente e sustentável, principalmente na maior atividade de uso agrícola, a irrigação, que quando mal feita, torna-se um importante componente da problemática que a humanidade enfrenta com relação à água.

A irrigação tornou-se uma componente chave da revolução verde. Esta prática permitiu a muitos países em desenvolvimento produzir alimentos para sua população, contudo a demanda de água para produzir alimentos torna-se maior a cada dia, de modo

que a produção mundial é ameaçada por competição pela água e pelas práticas de irrigação (ANA, 2009).

Em nível global é estimado que de 15% a 35% da água usada na irrigação seja feita de forma insustentável. Esta atividade deve ser reinventada, através do uso de tecnologias que preservem os recursos hídricos, a fim de tornar o uso da água mais eficiente, moderno e suportável para o ecossistema, e, ainda gerar benefícios como, aumento da produtividade, garantia de colheita, redução de custo, intensificação do uso do solo, melhoria na oferta e qualidade de produtos, além da possibilidade de incorporação de novas áreas com potencial de se tornarem produtivas à agricultura (COSTA et al. ,2010).

Os condicionadores do solo são uma alternativa que possibilita uma agricultura menos impactante ao meio ambiente devido à melhor condição que estará o solo no momento de fornecer para a planta a água e os nutrientes necessários tornando-a mais eficiente em produtividade (CARON et al, 2015).

Além da produtividade, a melhora das qualidades físicas e químicas do solo permite a diminuição ou a extinção de operações agrícolas degradadoras do ambiente como adubações de cobertura e também aplicações de defensivos pois o solo bem condicionado fisicamente e quimicamente proporciona para a planta maior resistência à pragas e doenças (CARON et al, 2015).

3.2 ÀCIDO HÚMICO

O ácido húmico é oriundo da decomposição de resíduos vegetais e animais ou ainda podem ser sintetizados industrialmente. Na agricultura é utilizado como insumo alternativo para o manejo de várias culturas em razão de suas propriedades químicas, microbiológicas e físicas garantirem benefícios para o metabolismo da planta e para a estrutura do solo (CARON et al, 2015).

Segundo Canellas et al. (2005) citado por Caron et al. (2015) o ácido húmico possui grande capacidade de troca de cátions estando presente nos solos, nas águas e em sedimentos com matéria orgânica estável. Se apresenta como precipitado escuro, solúvel

em ácidos minerais e solventes orgânicos possuindo grande capacidade de troca catiônica, alto teor de ácidos carboxílicos e significativas quantidades de nitrogênio.

A principal finalidade de uso é o beneficiamento da estrutura do solo (física) promovendo uma maior retenção de água, melhora da aeração e, por consequência, melhora na resistência à erosão. Outra vantagem do uso é em relação a ação de agentes complexantes (química) que impedem a atuação de íons metálicos tóxicos na solução do solo e ainda promovem o aumento do poder tampão reduzindo as variações de pH do meio. O melhor aproveitamento destas vantagens físicas e químicas se dá no provimento de um melhor desenvolvimento radicular das plantas (CARON et al, 2015).

3.3 MÉTODOS UTILIZADOS NA IRRIGAÇÃO

A água pode ser levada até as plantas de algumas maneiras ou métodos diferentes, sendo a sua escolha totalmente dependente de alguns aspectos como, configuração do terreno, natureza do solo, espécie cultivada, disponibilidade e qualidade hídrica, capacidade de investimento, mão de obra e assistência técnica disponível. Estes métodos são classificados em não pressurizados e pressurizados (DAKER, 1984).

Os métodos não pressurizados, também chamados por superfície, são caracterizados pela distribuição da água diretamente sobre a superfície do solo através de canais, usando a gravidade para alcançar a planta por meio de sulcos, faixa de inundação ou ainda inundação total da área. Esse método obriga a total sistematização da área tendo como limite uma diferença de nível de até 6% (COSTA et al. ,2010).

Os métodos pressurizados, aspersão e localizada, são caracterizados pela condução da água em tubulações pressurizadas. Inseridos neste método estão os sistemas de aspersão convencional, aspersão em malha, canhão hidráulico, autopropelido, pivô central e linear. O método irrigação localizada é constituído pelos sistemas de gotejamento e microaspersão (COSTA et al. ,2010).

3.3.1 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

O método de irrigação localizada se destaca principalmente pelo uso mais eficiente e econômico da água concomitante a importantes acréscimos de produtividade que seu uso proporciona para a agricultura. Desenvolvido em Israel na década de 30 por meio de pesquisas usando o método do gotejo, a irrigação localizada proporcionou o desenvolvimento de materiais plásticos flexíveis gerando mais economia para o sistema e impulsionando suas pesquisas através do surgimento do primeiro componente característico do sistema, o gotejador (OLITTA, 1987).

Outra característica principal do sistema localizado é a aplicação da água diretamente no solo, na região radicular das plantas, em baixa vazão e alta frequência. Este princípio é adaptado de um antigo costume chinês de colocar recipientes furados com água de maneira a gotejar ao pé da planta. Este sistema deve ser considerado como parte de um conjunto de técnicas agrícolas que tenha como objetivo principal o controle da umidade do solo, da adubação, da salinidade, da ocorrência de doenças e de outros fatores que resultem positivamente na produção por área (produtividade) e por água consumida (DAKER, 1984).

A idealização do sistema de irrigação localizada é baseada em uma agricultura altamente intensiva, com objetivos técnicos e agronômicos bem definidos. Segundo Olitta (1987) a escolha da irrigação localizada se baseia na possibilidade de aplicar a água somente na área de maior eficiência de absorção radicular obtendo – se altos valores de umidade com mínimas flutuações sem problemas de aeração ou falta de oxigênio no solo durante todo o ciclo de irrigação, e ainda reduzindo a salinidade nas plantas através da translocação dos sais para fora do alcance das raízes, evitando ainda a queima de folhas devido à sua concentração na superfície.

Regularmente a irrigação localizada é instalada na forma de um sistema fixo, com o número de linhas laterais necessárias, de forma a suprir toda a necessidade da área ou projeto. Um elevado número de linhas laterais significaria um alto custo para o sistema, no entanto somente algumas linhas são ligadas por vez minimizando a capacidade do sistema juntamente com o seu custo. Contudo, por ser um sistema fixo, seu custo de instalação é elevado quando comparado com outros métodos, e por isso, pode haver restrições do uso somente para as culturas mais nobres, com alta capacidade de retorno financeiro (BERNARDO et al, 2008).

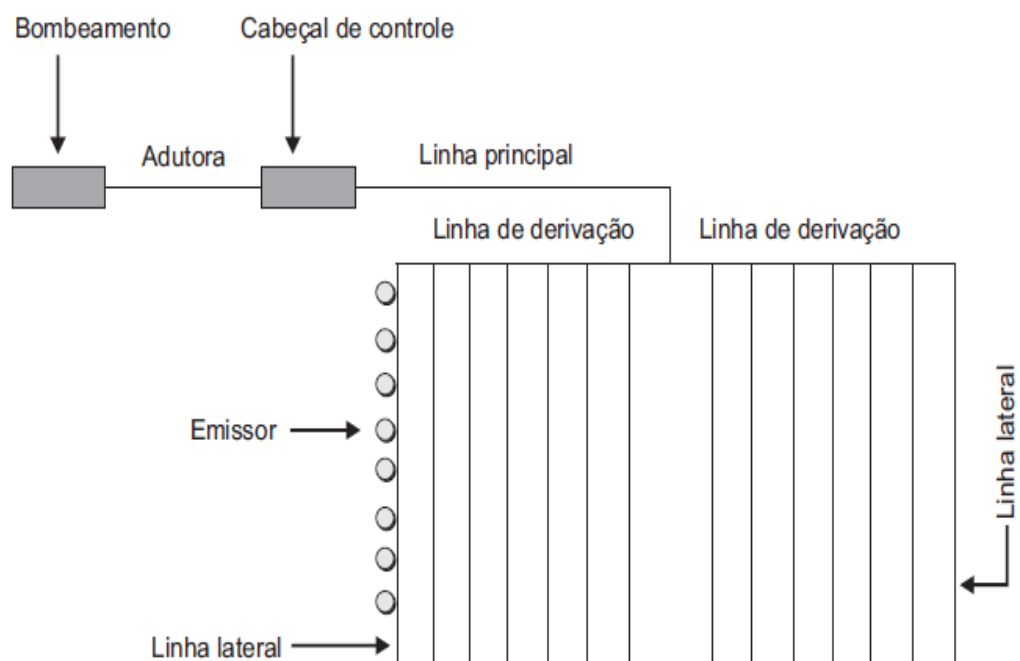
Diversas são as vantagens que a irrigação localizada pode proporcionar para seus usuários, tendo como principais de acordo com Bernardo et al. (2008), citadas a seguir:

- Maior eficiência do uso da água, permitindo controle total da lâmina d'água além da diminuição das perdas por evaporação e percolação, devido ao menor contato da água com o ar, folhas e toda a superfície do solo;
- Melhor aproveitamento de adubos, o que permite o uso da técnica de fertirrigação facilitando a aplicação do adubo devido à coincidência do sistema radicular com a faixa molhada;
- Adaptação a diversos tipos de solos e topografia. Em circunstância da irrigação ocorrer em pequena intensidade, sua adaptação se dá melhor do que outros métodos, principalmente em terrenos irregulares e acidentados;
- Melhor controle de pragas e doenças, devido a faixa molhada ser estreita, não irrigando plantas espontâneas que podem se desenvolver nas entrelinhas e nem a parte aérea da planta;
- Menor gasto com mão de obra. Devido à não movimentação das linhas laterais na área, a operação de todo o sistema torna-se prático e fácil, necessitando de um número menor de trabalhadores para operar o sistema;
- Boa resposta para uso de água salina ou solos salinos, devido à irrigação mais constante, menor turno de rega, a umidade que é sempre elevada permite uma menor concentração de sais na faixa molhada e região de raízes.

Como limitação, o método da irrigação localizada é muito propício ao entupimento de seus emissores. Partículas sólidas minerais e partículas orgânicas são os principais fatores de entupimento, que ocorre em razão do fluxo de água passar por orifícios e bocais de pequenos diâmetros, tornando obrigatório um excelente sistema de filtragem da água recalcada minimizando a ocorrência de entupimento e mantendo uniforme a irrigação. Outro fator de entupimento muito comum do método são as precipitações de frações de solo (silte ou argila) e também de sais, sendo evitadas com a lavagem periódica de todo o sistema usando soluções de ácido clorídrico. Uma outra desvantagem do sistema acontece em decorrência da concentração das raízes de fixação ocorrer de uma forma mais superficial na faixa molhada ou bulbo molhado, diminuindo o estímulo ao aprofundamento pela busca de umidade destas raízes. Estas plantas então ficam mais susceptíveis ao tombamento, principalmente em regiões de ventos mais intensos em determinadas épocas (BERNARDO et al., 2008).

3.3.1.1 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA

A irrigação localizada baseia-se em uma grande rede de tubulações com vários diâmetros, utilizados para distribuir água ao pé da planta através dos emissores (Figura 1), cuja função é de dissipar a pressão do sistema, permitindo a saída de água em vazão de poucos litros por hora quando comparado com a irrigação por aspersão convencional e demais métodos (OLITTA, 1987).



Fonte: Bernardo et al (2008)

Figura 1. Esquema de um sistema de irrigação localizada

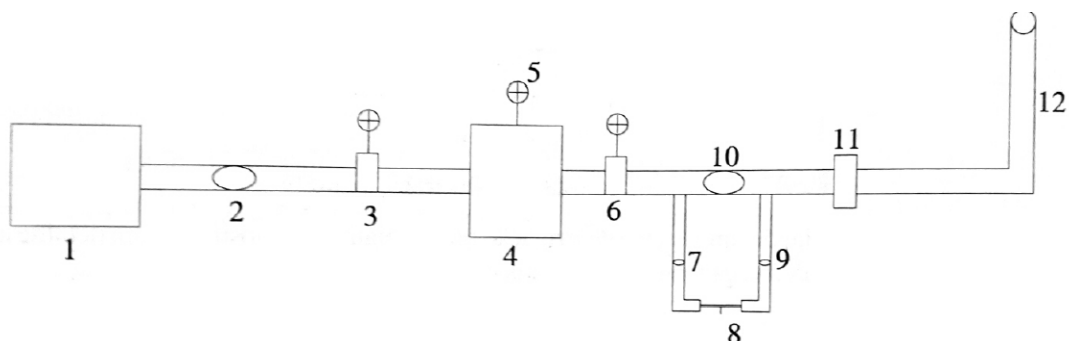
O sistema de irrigação localizada tem em sua composição generalizada um conjunto motobomba, cabeçal de controle, linha principal, mestra ou recalque, válvulas, linha de derivação, linha lateral e emissores.

O conjunto motobomba é um componente importante, pois são máquinas transformadoras de energia mecânica em energia hidráulica transferindo para o fluido bombeado energia de pressão, cinética ou ambas ao mesmo tempo. As bombas

normalmente usadas na irrigação localizada são as do tipo centrífuga de eixo horizontal, sendo seus motores elétricos ou a combustão (CARVALHO e OLIVEIRA, 2014).

O cabeçal de controle é um dos componentes principais de um sistema de irrigação localizada (Figuras 1 e 2). É instalado após o conjunto motobomba, no início da linha de recalque ou mestra, de forma a possibilitar o menor custo para o projeto e proporcionar o uso mais intensivo da tubulação, facilitando ainda a distribuição e controle do sistema no campo. Em geral sua composição é dada pelas seguintes partes: filtros, injetor de fertilizantes, válvulas de controle de pressão, registros, manômetros, sistemas de controle e automação (BERNARDO et al., 2008).

O sistema de filtragem é, responsável pelo funcionamento homogêneo de todo o sistema, impedindo o entupimento dos emissores, principalmente quando do uso de águas de qualidade inferior, cinza ou residuais. Os mais utilizados na irrigação localizada são os de areia, os de tela e os de discos, sendo o de areia no início do cabeçal de controle, após o medidor de vazão, e o filtro de tela ou o filtro de discos, colocado após o injetor de fertilizante (Figura 2).



1: motobomba; 2, 7, 9 e 10: registros; 3: medidor de vazão; 4: filtros de areia; 5 e 6: manômetro do filtro; 8: injetor; 11: filtro de tela ou disco; 12: linha principal. Fonte: Bernardo et al (2008).

Figura 2. Esquema do cabeçal de controle

A fertirrigação deve ser considerada uma operação tradicional para compensar uma das poucas desvantagens da irrigação localizada, o menor desenvolvimento do sistema radicular, e além, ainda é considerada como uma grande vantagem deste método de irrigação devido a possibilidade de aplicar fertilizantes e também outros produtos químicos como herbicidas, fungicidas e inseticidas na água de irrigação, técnica essa

chamada de quimigação. A injeção de fertilizantes na água de irrigação é feita geralmente com o uso de um sistema diferencial de pressão ou através de bombeamento sob pressão direta ou indireta (OLITTA, 1987; RAPOSO, 1996).

A linha principal, ou linha mestra que compõe o chamado trecho de recalque, é localizada logo após o cabeçal de controle fazendo a união com as linhas de derivação. Utilizam-se canalizações de cloreto de polivinila (PVC) ou de polietileno, podendo optar pelo seu uso enterradas para facilitar manobras com máquinas, ou não, deixando-as sob a superfície. A mais importante função desta tubulação é a de conduzir a água em quantidade e pressão requeridas para o funcionamento das linhas laterais (BERNARDO et al, 2008).

A linha de derivação liga a linha principal às linhas laterais (Figura 1). Sua função é distribuir a água para as linhas laterais por meio da ligação de ambos os seus lados, ou por apenas um lado da tubulação. Utilizam-se tubos de polietileno flexível, quando posto na superfície, ou PVC rígido, quando enterrado. Quando situados em terrenos inclinados, as linhas de derivação devem ser colocadas seguindo o sentido da declividade. Utiliza-se nestas linhas válvulas de controle e válvulas de pressão visando o uso rotacionado de cada setor (OLITTA, 1987; DRUMOND e FERNANDES, 2010).

As linhas laterais fazem a distribuição da água para as plantas por meio dos emissores sendo espaçadas ao longo da linha de derivação coincidindo com as linhas de plantio. São dispostas em nível, motivo pelo qual as linhas de derivação são postas no sentido da declividade, são constituídas por tubos de polietileno flexível. Ao longo da linha lateral os gotejadores são espaçados em função do espaçamento entre plantas e também de acordo com a cultura, por exemplo, na irrigação de plantas frutíferas geralmente utiliza-se mais de um gotejador por planta ou cova (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, 2008).

Os gotejadores, em geral trabalham com vazões entre 2 a 20 L h⁻¹, quando autocompensantes mantém sua vazão nominal em qualquer pressão. São conectados diretamente sobre a linha lateral, e suas principais características são o fornecimento de vazão moderadamente baixa, permanente e uniforme, e ainda, apresentam custo baixo e possuem grande resistência. Como o orifício de saída é pequeno, sua fabricação deve ser invariável, pois qualquer variação, de um gotejador para outro, de mesmo modelo e marca causará diferença em suas vazões. Com a finalidade de se obter uma pequena

vazão por meio de um grande orifício, necessita – se reduzir a pressão da água entre a entrada e a saída do gotejador. Esta redução na pressão pode ocorrer de diversas formas dependendo de características próprias do gotejador como material de constituição, tipos de conexão com a linha lateral, modo de dissipação da pressão e distribuição de água (BERNARDO et al, 2008).

3.4 DESEMPENHO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

A irrigação é uma atividade da agricultura altamente consumidora de água, e constantemente tem sido pressionada para reduzir a demanda de uso deste recurso natural. A possibilidade de redução está atrelada ao manejo racional da água nos sistemas de irrigação, e por isso, a avaliação do sistema torna-se uma importante ferramenta para a verificação do seu desempenho principalmente neste atual momento de constante busca pela economia de água (OLIVEIRA et al, 2010).

O desempenho de um sistema de irrigação considera preceitos técnicos tradicionais, denominados Coeficiente de Variação de fabricação (CVf), Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Uniformidade de Distribuição (UD). Na irrigação é cada vez mais, necessário e fundamental saber quando e quanto de água aplicar, e assim diminuir drasticamente o desperdício da percolação da sobra de água aplicada, os danos causados ao meio ambiente e os custos da operação. O quanto irrigar é estipulado pela evapotranspiração e o quando irrigar é estipulado pelo balanço hídrico verificado no solo. A avaliação do sistema de irrigação feita logo após sua instalação e também no decorrer de seu uso tendo em vista a manutenção de sua eficácia é uma das ferramentas que aliada ao uso do ácido húmico irá trazer mais sustentabilidade para a agricultura. A avaliação busca também estudos comparativos de desempenho, levantamento de parâmetros para desenvolvimento de projetos e novos equipamentos (OLIVEIRA et al, 2010).

3.4.1 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DE FABRICAÇÃO

O desenvolvimento da indústria possibilitou a produção, em grande escala, de diversos materiais e também equipamentos usados para irrigação localizada, contribuindo de forma substancial para o seu uso na agricultura moderna nos últimos anos. Contudo nenhum processo industrial é perfeito. O produto final sofre variações, mas sempre compreendidas, dentro de margens consideradas toleráveis (RAPOSO, 1996).

Segundo Juan (1988) sempre existirá uma diferença entre objetos que aparentemente são vistos como idênticos. Nos gotejadores, devido ao reduzido tamanho de seu bocal e orifício além dos materiais empregados em sua fabricação, variações mesmo que pequenas, em valor absoluto, podem representar grande importância, principalmente devido ao uso de materiais elásticos. Define-se como Coeficiente de Variação de Fabricação dos emissores a razão entre o desvio padrão de suas vazões pela sua própria vazão média, conforme expressão abaixo:

$$CVf = \frac{\delta}{q_m} \quad (1)$$

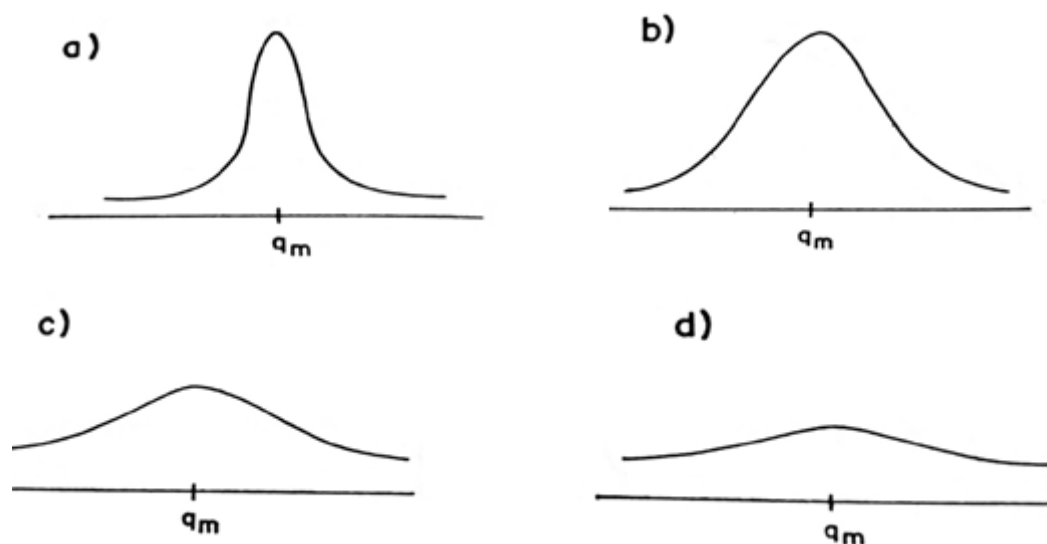
Sendo,

CVf : coeficiente de variação de fabricação;

δ : desvio padrão;

q_m : vazão média dos emissores, $L.h^{-1}$.

Sobre o significado do CVf , Juan (1988) explica que a variação da vazão para determinada pressão de trabalho se ajustará em torno de uma média, e a medida que esse coeficiente aumenta, a qualidade do emissor diminui, de forma que curvas de vazão em função da pressão (única) com formato mais achatado implica em emissores de pior qualidade (Figura 3).



Ordem decrescente de qualidade (melhor p/ pior): a – b – c – d.

Figura 3. Curvas de vazão em função de uma única pressão. Extraída de Juan (1988).

Juan (1988) acredita que o Coeficiente de Variação de Fabricação é considerado um dos melhores parâmetros de avaliação individual das diferenças comuns em gotejadores e podem ser classificados conforme tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos emissores em função do Coeficiente de Variação de Fabricação.

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DE FABRICAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
$\leq 0,05$	Excelente
$0,05 - 0,07$	Médio
$0,07 - 0,11$	Marginal
$0,11 - 0,15$	Deficiente
$> 0,15$	Inaceitável

Extraído e adaptado de, Juan (1988).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas os valores do CVf inferior a 10% possui uma uniformidade boa; de 10 a 20% média uniformidade; de 20 a 30%

uniformidade marginal e superior a 30% sua uniformidade é considerada inaceitável (ABNT, 2006).

3.4.2 COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE E UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO

Em um sistema de irrigação localizada, o fornecimento de água em pequenas quantidades de acordo com as necessidades da cultura e características de seu funcionamento faz com que seja possível reduzir as perdas ao mínimo. Contudo existe uma série de fatores que incidem sobre a eficiência e ainda atuam em conjunto. Destes, um pode não ser controlado, a evapotranspiração, outro, a uniformidade de aplicação, está muito ao alcance para manipulação dentro de um nível tolerável sendo, portanto de grande valia no que diz respeito à distribuição da pressão dentro do sistema (JUAN, 1988). A uniformidade normalmente é expressa pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e pela Uniformidade de Distribuição (UD) e descreve a distribuição da lâmina d'água ou vazão coletada, para irrigação localizada, ao longo da área irrigada. Se a uniformidade é baixa, acontecerão diferenças significativas entre quantidade de água de uma planta para outra havendo perda da homogeneidade e consequente diminuição da produtividade por área. Entende-se, portanto, que o sistema deve ser projetado com a máxima uniformidade tendo como objetivo o máximo de rendimento em irrigação (JUAN, 1988; OLIVEIRA, 2010).

Segundo Christiansen (1942) citado por Oliveira (2010), o coeficiente de uniformidade intenta a indicação do grau de dispersão da lâmina d'água aplicada, considerando como medida o desvio padrão médio das médias das lâminas d'água ou vazão aplicadas, sendo definida pela expressão abaixo adaptada para a irrigação localizada por gotejamento.

$$CUC = 100. \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \cdot q_m} \right] \quad (2)$$

Sendo,

CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, (%);

q_i : Vazão de cada gotejador em determinada pressão, $L.h^{-1}$;

n: número de gotejadores utilizados.

Outro indicador utilizado é a Uniformidade de Distribuição (UD), o qual expressa a relação entre as médias do quartil inferior das vazões coletadas com sua média geral. É definido pela seguinte expressão:

$$UD = 100 \cdot \frac{q_{25}}{q_m} \quad (3)$$

Sendo,

UD: Uniformidade de distribuição, (%);

q₂₅: Média do quartil inferior ou média dos 25% menores valores de vazão coletada;

Mantovani (2001) citado por Santos et al. (2012), propõe uma metodologia para interpretação dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC e UD) conforme tabela 2.

Tabela 2. Classificação dos valores do desempenho de sistema de irrigação em função do CUC e UD.

CLASSIFICAÇÃO	CUC	UD
EXCELENTE	> 90	>84
BOM	80 – 90	68 – 84
RAZOÁVEL	70 – 80	52 – 68
RUIM	60 – 70	36 – 52
INACEITÁVEL	< 60	< 36

Extraído e adaptado de Santos (2012).

Os ensaios de avaliação tem como objetivo a análise de características de desempenho operacional de um sistema de irrigação localizada fornecendo informações para subsidiar sua comparação com métodos novos ou já existentes gerando novos conhecimentos científicos e também sustentar uma simples verificação de projeto base com o intuito de manter o bom funcionamento do sistema (FRIZZONE et al, 2011).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho teve sua metodologia desenvolvida no laboratório de Ensaio de Equipamentos de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista de Botucatu – SP com ajuda do coorientador Prof. Pedro Henrique Pinto Ribeiro.

Seguindo a norma técnica de requisitos mínimos para elaboração de projetos de irrigação localizada: PNBR 12:02-08-022 (1986), separaram 36 emissores novos do tipo tubo gotejador modelo Rain Bird – A5 PC, com vazão nominal de 2,3 L.h⁻¹ numa pressão de 10 m.c.a ou 1 bar, e 36 emissores do gotejador modelo Amnondrip da NANDAANJAIN com vazão nominal de 1,0 L.h⁻¹ numa pressão de 10 m.c.a, para cada ensaio, totalizando 72 emissores. Estes dois modelos de gotejadores foram submetidos a dois ensaios realizados em laboratório para a verificação de seu desempenho. O primeiro ensaio com água de abastecimento e o segundo com ácido húmico. Os parâmetros de análise e avaliação foram a vazão média, o Coeficiente de Variação de Fabricação, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e a Uniformidade de Distribuição juntamente com suas curvas de vazão versus pressão.

Para pôr em prática a verificação do desempenho dos gotejadores utilizou-se uma bancada de ensaios própria para este tipo de emissor (Figura 4), com 36 pontos de coleta onde cada modelo de tubo gotejador foi fixado na bancada de forma intercalada em 4 linhas laterais de 7 m com espaçamento de 30,5 cm entre emissores totalizando 9 pontos de coleta para cada, sendo o gotejador modelo A5 PC colocado com os orifícios voltados para cima.

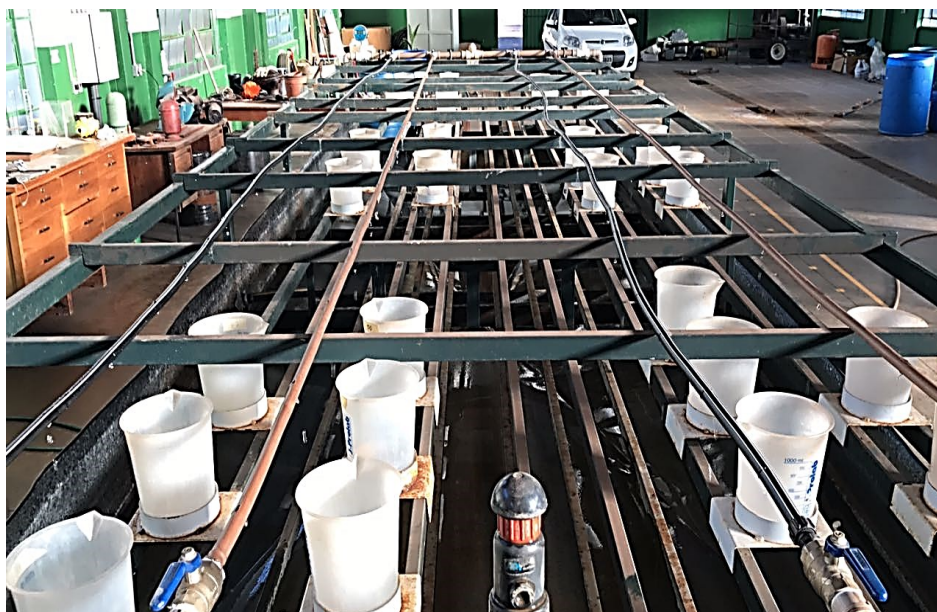


Figura 4. Bancada de ensaio de gotejadores. Foto: O autor, 2017.

A bancada possuía 1m de largura e 1,60 m de altura, sistema de filtragem de disco de 1" com capacidade de $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (Figura 5), um conjunto motobomba Schneider multiestágio trifásica de 0,5 CV, uma caixa d'água usada como reservatório, 1 manômetro e um sistema suporte de coleta com 36 béqueres de 1L.

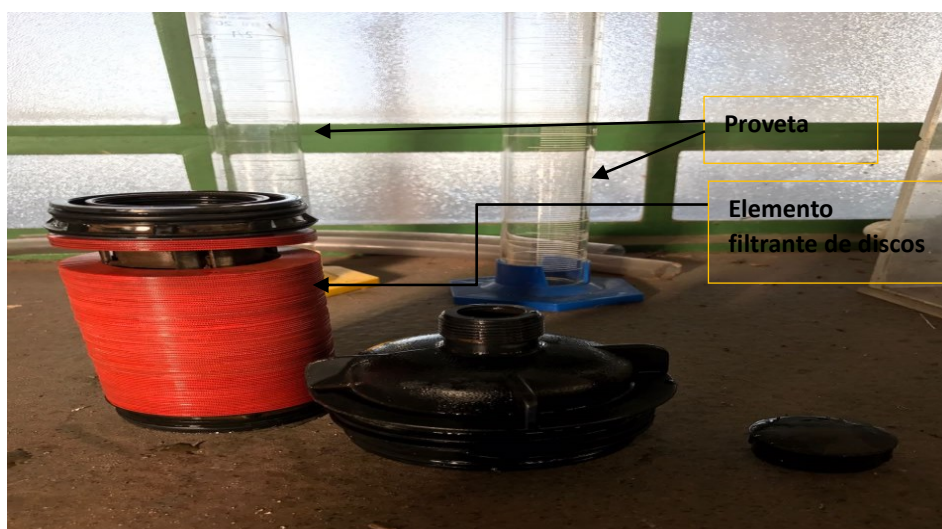


Figura 5. Filtro de discos e proveta de vidro. Foto: O autor, 2017.

Anterior ao primeiro ensaio feito com o uso de água de abastecimento, a bancada ficou em funcionamento com todos os emissores novos por 1 semana, cerca de 168 h, em ciclo fechado, na pressão de serviço de 20 m.c.a para em seguida ser feito as coletas de volume com o suporte de béqueres por um período de 10 min em 3 repetições nas pressões de 10 m.c.a, 20 m.c.a, 30 m.c.a, 40 m.c.a e 50 m.c.a.

Após a coleta do primeiro ensaio, foi feito a troca dos gotejadores usados por novos e inserido no reservatório da bancada cerca de 500 L de ácido húmico circulando em ciclo fechado por 1 semana, cerca de 168 horas, na pressão de serviço de 20 m.c.a para então dar-se início ao segundo ensaio com as coletas de volume emitido pelos emissores através do suporte de béqueres (Figura 6) pelo tempo de 10 min em 3 repetições nas pressões de 10 m.c.a, 20 m.c.a, 30 m.c.a, 40 m.c.a e 50 m.c.a.

O volume de água emitido pelos gotejadores em cada repetição foi medido com o uso de proveta de vidro graduada resultando em um volume médio das repetições. A partir do volume médio foi calculada a vazão de cada emissor seguido de seu desvio padrão dentro de cada pressão estudada, através das expressões abaixo (BERNARDO et al, 2008):

$$q = \frac{V}{1000.t} . 60 \quad \delta = \sqrt{\frac{\sum |q - q_m|^2}{n}} \quad (5) \text{ e } (6)$$

Sendo,

q: Vazão em, L.h⁻¹;

V: volume de água aferido em proveta, ml;

t: tempo de coleta, min;



Figura 6. Béquér ácido húmico. Foto: O autor, 2017.

Da vazão de cada emissor obteve-se a sua média e o desvio padrão de cada pressão estudada para então seguir com a determinação dos parâmetros de análise e avaliação dos emissores, os coeficientes CVf, CUC e CUD.

Com a determinação dos coeficientes foi possível a verificação do desempenho dos emissores podendo classifica-los em excelente, bom, razoável, ruim e inaceitável (Tabela 2) com uso de água de abastecimento e com o uso de ácido húmico chegando a um comparativo de vazão em função da pressão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas 3 e 4 apresentam os valores médios de volume das 3 repetições aferidas em proveta de vidro submetidos às pressões de 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a num ensaio com duração de 10 min após 168 h de funcionamento da bancada com água tratada para os emissores Amnondrip PC e A5 PC respectivamente.

Tabela 3 – Volume médio de 18 gotejadores Amnondrip PC em mililitros com média da vazão e do quartil inferior em L.h⁻¹ obtidos de 3 repetições com água de abastecimento para as pressões 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a.

Gotejador	10 m.c.a	20 m.c.a	30 m.c.a	40 m.c.a	50 m.c.a
1	173,33	170,00	165,00	160,00	140,00
2	160,00	165,00	160,00	155,00	140,00
3	168,33	170,00	165,00	145,00	135,00
4	168,33	170,00	165,00	155,00	140,00
5	161,67	170,00	170,00	165,00	145,00
6	166,67	170,00	160,00	155,00	135,00
7	165,00	170,00	160,00	135,00	135,00
8	206,67	165,00	155,00	150,00	130,00
9	163,33	170,00	165,00	160,00	135,00

10	163,33	165,00	160,00	155,00	125,00
11	161,67	170,00	160,00	140,00	125,00
12	171,67	205,00	160,00	155,00	135,00
13	171,67	175,00	170,00	165,00	150,00
14	161,67	170,00	160,00	145,00	140,00
15	173,33	165,00	165,00	160,00	145,00
16	165,00	170,00	165,00	155,00	140,00
17	206,67	180,00	155,00	140,00	115,00
18	163,33	180,00	145,00	145,00	130,00
qm	1,02	1,03	0,97	0,91	0,81
q25	0,97	0,99	0,93	0,85	0,76

Fonte: O autor

Tabela 4 – Volume médio de 18 gotejadores A5 PC em mililitros com média da vazão e do quartil inferior em L.h⁻¹ obtidos de 3 repetições com água de abastecimento para as pressões 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a.

Gotejador	10 m.c.a	20 m.c.a	30 m.c.a	40 m.c.a	50 m.c.a
1	371,67	370,00	385,00	415,00	620,00
2	385,00	380,00	385,00	415,00	685,00
3	378,33	370,00	395,00	420,00	590,00
4	388,33	395,00	425,00	455,00	635,00
5	386,67	385,00	425,00	455,00	595,00
6	383,33	385,00	405,00	430,00	725,00
7	380,00	375,00	395,00	415,00	575,00
8	380,00	375,00	385,00	420,00	600,00
9	383,33	370,00	385,00	410,00	635,00
10	368,33	355,00	365,00	395,00	665,00
11	395,00	400,00	400,00	430,00	715,00
12	386,67	390,00	420,00	445,00	710,00
13	390,00	370,00	390,00	565,00	740,00
14	388,33	375,00	395,00	430,00	630,00
15	380,00	365,00	395,00	450,00	605,00
16	386,67	380,00	385,00	485,00	680,00
17	381,67	370,00	390,00	420,00	660,00

18	388,33	380,00	395,00	430,00	600,00
qm	2,30	2,28	2,37	2,61	3,82
q₂₅	2,25	2,19	2,29	2,45	3,44

Fonte: O autor

A partir dos volumes acima obteve-se a vazão correspondente, conforme demonstrado abaixo na pressão de 10 m.c.a do 1º emissor AMNONDRIP PC. Os demais valores de vazão obtidos por meio deste cálculo estão apresentados no apêndice A para as tabelas 3 e 4.

$$q = \frac{173,33}{1000.10} . 60 = 1,04 \text{ L.h}^{-1}$$

A vazão média (qm) de cada pressão ensaiada (Tabela 4) foi obtida a partir da média do resultado do cálculo acima dos 18 emissores de cada modelo ensaiado permitindo a obtenção dos respectivos desvios padrões.

Os valores de desvio padrão demonstram que os valores de vazão estão muito próximos de sua média. A tabela 5 expõem os desvios padrões necessários para a obtenção do CVf dos emissores obtidos através do software Excel com a função Desv.p.

Tabela 5 – Desvios padrões das vazões dos emissores.

EMISSOR	10 M.C.A	20 M.C.A	30 M.C.A	40 M.C.A	50 M.C.A
AMNODIRP PC	0,08	0,06	0,03	0,05	0,04
A5 PC	0,04	0,07	0,08	0,18	0,31

Fonte: O autor

As tabelas 6 e 7 apresentam os valores dos Coeficientes de Variação de Fabricação, Coeficiente Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição nas pressões de 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a de ambos os emissores ensaiados por 10 min após 168 h de funcionamento da bancada com água de abastecimento conforme exemplificado para a pressão de 10 m.c.a do emissor AMNONDRIP PC.

Os módulos da diferença da vazão pela média do gotejador $|q_i - q_m|$ para o cálculo do CUC são apresentados no Apêndice A. A Uniformidade de Distribuição (UD) foi obtida a partir de cálculos usando os dados de vazão conforme a expressão 3.

$$CVf = \frac{0,08}{1,02} = 0,08 \quad CUC = 100. \left[1 - \frac{0,93}{18 \cdot 1,02} \right] = 95\%$$

$$UD = 100. \frac{0,97}{1,02} = 95\%$$

Tabela 6 – Valores de Coeficiente de Variação de Fabricação, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição do gotejador Amnondrip PC novo utilizando água de abastecimento.

PRESSÃO (M.C.A)	CVF	CUC (%)	UD (%)
10	0,08	95	95
20	0,05	97	96
30	0,03	98	96
40	0,05	96	93
50	0,05	96	94
MÉDIA	0,05	96	95

Fonte: O autor

Tabela 7 – Valores de Coeficiente de Variação de Fabricação, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição do gotejador Rain Bird A5 PC utilizando água de abastecimento.

PRESSÃO (M.C.A)	CVF	CUC (%)	UD (%)
10	0,02	99	98
20	0,03	97	96
30	0,03	97	97
40	0,07	94	94
50	0,08	93	90
MÉDIA	0,05	96	95

Ambos os modelos de gotejadores apresentaram um CVf médio de 5% sendo classificado segundo Juan (1988) como excelente (Tabela 1). Este resultado constata que mesmo havendo uma pequena variação da vazão, estes gotejadores passaram por um controle de qualidade satisfatório em seu processo de fabricação considerando o uso com água de abastecimento.

Quanto a uniformidade de aplicação com água de abastecimento ambos os emissores apresentaram resultados de CUC e UD acima de 90% na maioria das pressões estudadas no primeiro ensaio (Tabelas 6 e 7) sendo classificado como excelente (Tabela 2), comprovando que estes emissores se mantêm muito bem com aplicação uniforme e sem entupimentos após 168h de uso com água de abastecimento garantindo segundo Souza et al. (2012) um bom desempenho da cultura quanto a uma produção homogênea ou estável a um custo de operação considerado normal para este sistema de irrigação.

O segundo ensaio contou com a adição do ácido húmico na bancada. As tabelas 8 e 9 apresentam os valores médios de volume das 3 repetições aferidas em proveta de vidro submetidos às pressões de 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a num ensaio com duração de 10 min após 168h de funcionamento da bancada com o ácido húmico para os emissores Amnondrip PC e A5 PC respectivamente.

Tabela 8 – Volume médio de 18 gotejadores Amnondrip PC em mililitros com média da vazão e do quartil inferior em L.h⁻¹ obtidos de 3 repetições com ácido húmico para as pressões 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a.

Gotejador	10 m.c.a	20 m.c.a	30 m.c.a	40 m.c.a	50 m.c.a
1	158,33	165,00	161,67	153,33	140,00
2	205,00	215,00	216,67	210,00	196,67
3	200,00	203,33	201,67	198,33	188,33
4	168,33	176,67	173,33	161,67	148,33
5	188,33	201,67	203,33	196,67	176,67
6	185,00	201,67	201,67	190,00	178,33
7	185,00	190,00	188,33	180,00	163,33
8	200,00	210,00	211,67	205,00	188,33
9	220,00	245,00	255,00	255,00	250,00
10	200,00	206,67	205,00	200,00	190,00
11	193,33	195,00	186,67	180,00	170,00
12	211,67	185,00	180,00	171,67	163,33
13	166,67	171,67	168,33	153,33	150,00
14	166,67	176,67	173,33	170,00	156,67
15	173,33	181,67	181,67	171,67	155,00
16	160,00	165,00	163,33	155,00	141,67
17	240,00	263,33	301,67	340,00	363,33
18	161,67	173,33	166,67	160,00	150,00
qm	1,13	1,18	1,18	1,15	1,09
q25	0,97	1,01	0,99	0,93	0,87

Fonte: O autor

Tabela 9 – Volume médio de 18 gotejadores A5 PC em mililitros com média da vazão e do quartil inferior em L.h⁻¹ obtidos de 3 repetições com ácido húmico para as pressões 10, 20, 30, 40 e 50 m.c.a.

Gotejador	10 m.c.a	20 m.c.a	30 m.c.a	40 m.c.a	50 m.c.a
1	393,33	393,33	400,00	443,33	551,67
2	380,00	378,33	400,00	440,00	616,67
3	376,67	378,33	388,33	406,67	523,33
4	391,67	395,00	413,33	445,00	656,67
5	408,33	415,00	450,00	463,33	573,33
6	395,00	386,67	408,33	436,67	1360,00
7	378,33	376,67	396,67	435,00	650,00
8	388,33	386,67	390,00	420,00	588,33
9	391,67	391,67	401,67	435,00	593,33
10	386,67	376,67	388,33	375,00	580,00
11	398,33	396,67	398,33	433,33	695,00
12	410,00	406,67	420,00	600,00	720,00
13	390,00	331,67	393,33	470,00	693,33
14	400,00	401,67	406,67	450,00	588,33
15	381,67	385,00	398,33	448,33	553,33
16	400,00	401,67	415,00	456,67	548,33
17	386,67	383,33	395,00	505,00	650,00
18	393,33	388,33	396,67	431,67	603,33
qm	2,35	2,32	2,42	2,70	3,92
q25	2,28	2,20	2,34	2,45	3,27

Fonte: O autor

Quando verificado os volumes aferidos (Tabelas 3, 4, 8 e 9) nota-se que o gotejador Amnondrip PC apresentou nos dois ensaios uma diminuição do volume com o aumento da pressão, pois são grandezas inversamente proporcionais. O modelo de gotejador A5 PC nos dois ensaios obteve um valor crescente com o aumento da pressão devido ao posicionamento do orifício voltado para cima, de forma que o aumento da pressão contribuía para um maior volume emitido (Tabela 11).

As pressões de 40 e 50 m.c.a foram aplicadas com o intuito de verificar os limites dos modelos de gotejadores, simulando um uso mais intenso buscando a proximidade dos emissores utilizados nas propriedades rurais, pois estas, estão acima da pressão de serviço de ambos os modelos estudados. Para ambos os ensaios o modelo

Amnondrip PC se comportou nas pressões intensas mantendo a proporção inversa de volume e pressão, porém nota-se que a auto compensação não se manteve na vazão nominal de $1,0 \text{ L.h}^{-1}$. O mesmo ocorreu com o gotejador A5 PC apresentando valores de vazão muito acima da nominal de $2,3 \text{ L.h}^{-1}$. No ensaio com o ácido húmico devido ao entupimento parcial somado a alta pressão de 50 m.c.a um gotejador A5 PC apresentou estouro ao ponto de sair da linha lateral (Figura 7).



Figura 7. Gotejador A5 PC estourado na pressão de 50 m.c.a. Foto: O autor, 2017.

Os valores médios de vazão obtidos por meio dos volumes das tabelas 8 e 9 com o ácido húmico e os módulos da diferença da vazão pela média do gotejador $|q_i - q_m|$ estão apresentados no Apêndice B.

Os referidos desvios padrões novamente demonstraram que os valores de vazão estão muito próximos da média da vazão com ácido húmico. Segue na tabela 10.

Tabela 10 – Desvios padrões das vazões dos emissores usados por 168h com ácido húmico.

EMISSOR	10 M.C.A	20 M.C.A	30 M.C.A	40 M.C.A	50 M.C.A
AMNODIRP PC	0,13	0,15	0,21	0,26	0,31
A5 PC	0,06	0,10	0,09	0,27	1,08

Fonte: O autor

Os desvios padrões do segundo ensaio se mostraram mais distante da média geral de vazão de cada pressão quando comparado com os desvios do primeiro ensaio usando água de abastecimento. O emissor da NAANDANJAIN apresentou maior diferença, consequentemente um maior valor do CVf conforme apresentado abaixo na tabela 11 juntamente com o CUC e UD dos emissores utilizando o ácido húmico.

Tabela 11 – Valores de vazão média, Coeficiente de Variação de Fabricação, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição do gotejador Amnondrip PC usando ácido húmico.

PRESSÃO (M.C.A)	CVF	CUC (%)	UD (%)
10	0,12	90	85
20	0,13	90	85
30	0,17	87	84
40	0,23	85	81
50	0,28	82	80
MÉDIA	0,19	87	83

Fonte: O autor

O emissor Amnondrip PC apresentou uma média de CVf dentro das pressões estudadas de 19%, inaceitável, para o uso de ácido húmico de acordo com a classificação proposta por Juan (1988) constatando grande diferença individual quando comparada com o primeiro ensaio com água de abastecimento onde o emissor apresentou CVf de 5% classificado como excelente (Tabela 1). Observa-se que o CVf do emissor novo não teve influência da água de tratamento porém quando utilizado com ácido húmico houve um drástico aumento.

Lima et al. (2014) em seu estudo com o uso de água salina também encontrou diferença de classificação do CVf em emissores autocompensantes novos e com 210h de uso e atribuiu tal diferença na sensibilidade da membrana elástica que controla a pressão deste tipo de emissor tendo também influência direta nos coeficientes de uniformidade estudados no ensaio.

Os Coeficientes de Uniformidade do emissor Amnondrip PC, CUC e UD, apresentaram no segundo ensaio uma média de 87% e 83% respectivamente, sendo ambos classificados como bom (Tabela 2). Se comparados com o primeiro ensaio nota-

se uma queda na classificação de excelente, porém o emissor ainda segue recomendado para o uso com ácido húmico pois este resultado de CUC sugere a não ocorrência de obstrução total do orifício do emissor, o que garante uma aplicação uniforme mesmo que segundo Pereira (1995) citado por Santos et al. (2012) a UD recomendada para culturas de grande valor econômico com sistema radicular considerado baixo deve ser a partir de 80% recomenda-se para este emissor maior atenção quanto a operações de manutenção e limpeza do sistema para mantê-lo dentro dos parâmetros recomendados de custo e produtividade da cultura.

O emissor A5 PC apresentou no ensaio com ácido húmico uma média de CVf dentro das pressões estudadas de 10%, marginal, de acordo com a classificação proposta por Juan (1988). A tabela 14 apresenta os valores de CVf, CUC e UD do emissor modelo A5 PC com o uso do ácido húmico.

Tabela 14 – Valores de vazão média, Coeficiente de Variação de Fabricação, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição do gotejador A5 PC usado utilizando ácido húmico.

PRESSÃO (M.C.A)	CVF	CUC (%)	UD (%)
10	0,02	98	97
20	0,04	97	95
30	0,04	97	97
40	0,10	94	91
50	0,28	85	83
MÉDIA	0,10	94	93

Fonte: O autor

A diferente classificação de CVf para o emissor da Rain Bird deve-se também à sensibilidade da membrana elástica que controla a pressão deste tipo de emissor, contudo quando comparado com o emissor da NAANDANJAIN este se mostrou mais qualificado para este tipo de operação pois seu valor foi dentro do limite de recomendação pela ABNT (2006).

Em relação à uniformidade de aplicação o emissor A5 PC apresentou no segundo ensaio valores respectivos de 94% e 93% para CUC e UD mantendo a classificação de excelente do primeiro ensaio com água de abastecimento.

A curva característica vazão versus pressão dos emissores Amnondrip PC e A5 PC utilizando água de abastecimento e em seguida utilizando o ácido húmico nas pressões estudadas estão apresentadas na figura 8.

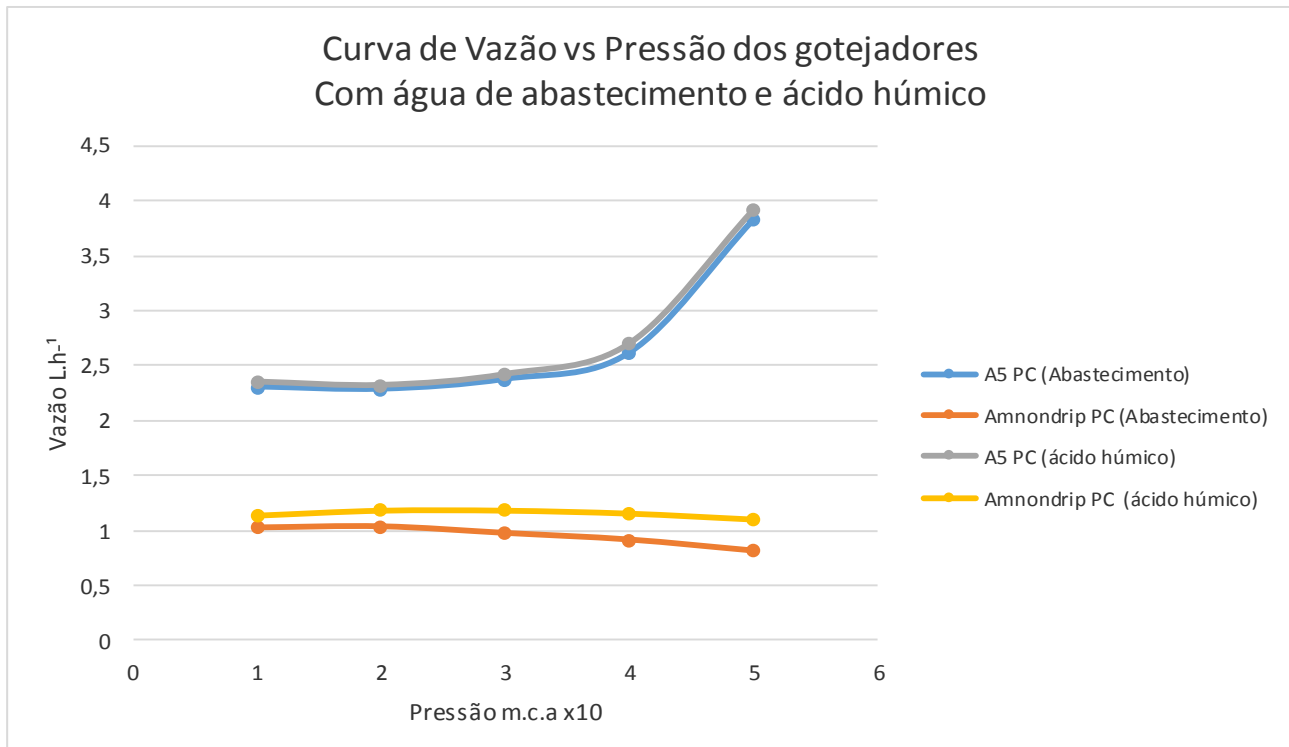


Figura 8. Curva vazão versus pressão dos emissores Amnondrip PC e A5 PC usando água de abastecimento e ácido húmico. Fonte: o autor.

Com estes resultados foi possível constatar que houve pouca diferença de comportamento entre os ensaios com água de abastecimento e com ácido húmico tanto nas pressões de serviço tanto nas super pressões de 40 e 50 m.c.a quando os ambos os gotejadores começam a não autocompensar a vazão e os volumes emitidos aumentarem sendo mais evidente no gotejador A5 PC.

6. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos foi possível concluir que ambos os emissores apresentaram diferença no coeficiente de variação de fabricação entre o uso de água de abastecimento e o uso de ácido húmico. O gotejador modelo Amnondrip PC da NAANDANJAIN apresentou em seu CVf grande diferença individual, obtendo uma classificação inaceitável para o uso de ácido húmico seguido da classificação marginal do modelo A5 PC da Rain Bird quando considerados as pressões de 40 e 50 m.c.a.

Contudo considerando as pressões de até 30 m.c.a o desempenho do gotejador Amnondrip PC passa para deficiente, segundo a classificação, tendo uma vazão média de 1,16 L.h⁻¹ certamente por apresentar problemas de compensação de pressão da membrana elástica que a controla a vazão e faz ultrapassar a nominal de 1,0 L.h⁻¹ podendo não ser recomendável para o uso com ácido húmico quando ainda apresentar um desempenho ruim de uniformidade de aplicação o que segundo a literatura um UD abaixo de 80%. O gotejador A5 PC apresentou uma média de CVf de 0,03 garantindo um desempenho excelente para o uso com o ácido húmico com a manutenção de autocompensação mantendo a média de vazão igual a sua nominal em 2,3 L.h⁻¹ seguindo muito bem recomendado para o uso com o ácido húmico.

Quanto à uniformidade de aplicação e distribuição houve a diferença de desempenho apenas para o modelo Amnondrip PC de excelente com água de abastecimento passando para bom com o uso de ácido húmico. O modelo A5 PC se manteve como excelente acima dos 90% com exceção da pressão de 50 m.c.a que houve o estouro de um gotejador caindo para 85 e 83% respectivamente mas mesmo assim obteve um bom desempenho.

As curvas de vazão versus pressão de ambos os modelos se mantiveram muito parecidos provando mínima diferença de vazão entre os dois ensaios.

O uso do ácido húmico como condicionador do solo se mostrou viável para a irrigação, apenas pela perspectiva do emissor da Rain Bird A5 PC, desconsiderando as características e exigências um solo e da planta em específico, pois não foi levado em consideração neste trabalho. Contudo conforme literatura consultada há sim certa necessidade de melhorias e adaptações dos equipamentos para a sua utilização bem

como maiores estudos para sua aplicação pensando também na cultura a ser irrigada e ainda mais estudos voltados para a técnica de aplicação.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Requisitos mínimos para elaboração de projetos de irrigação localizada: PNBR 12:02-08-022. São Paulo: ABNT, 1986. 18p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificações e métodos de ensaio. ABNT NBR ISO 9261. São Paulo; ABNT, 2006. 9p.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água para irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234 p.

ANA – Agência Nacional das Águas. Fatos e Tendências água. Brasília, 2009. 36p.

ALLIANCE – Aliança para Conservação de Energia. **Água e energia**: Aproveitando as oportunidades de efficientização de água e energia não exploradas nos sistemas de águas municipais. Washington, DC, 2002. 173p.

AZEVEDO, C.A.V.; AZEVEDO, H.M.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J.A. **Avaliação da distribuição de água de um microaspersor autocompensante**. In: Revista Irriga, Botucatu, v.4, n.3, p. 168-1742, 1999.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. atual e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2008. 625p.

- CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores de solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Série Produtor Rural nº 58. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2015. 49p.
- CARVALHO, J. A.; OLIVEIRA, L. F. C. **Instalações de bombeamento para irrigação: Hidráulica e Consumo de Energia**. 2. ed. rev e ampl. Lavras, MG: UFLA, 2014. 429p.
- COSTA, E. L.; OLIVEIRA, P. M.; REIS, J. B. R. S.; SIMÃO, F. R.; OLIVEIRA, F. G. Métodos e sistemas de irrigação. **Informe Agropecuário**. Irrigação, Belo Horizonte, v.31, n.259, p.7 – 16, nov./dez. 2010.
- DAKER, A. **Irrigação e Drenagem: A água na agricultura**, 3°. vol., 6. ed. Rio de Janeiro: LIVRARIA FREITAS BASTOS, 1984. 543p.
- DRUMOND, L. C. D.; FERNADES, A. L. T. Projetos de irrigação. **Informe Agropecuário**. Irrigação, Belo Horizonte, v.31, n.259, p.26 – 42, nov./dez. 2010.
- FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; DAVI, F. M. M. **Avaliação do desempenho e microjet's utilizados na irrigação localizada**. FAZU em Revista, Uberaba, n.7, p. 22- 26, 2010.
- FRIZZONE, J. A.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L. **Irrigação por aspersão**. Maringá, PR: EDUEM, 2011. 271p.
- JUAN, A. M. S. **Riego por Goteo: Teoria y práctica**. 3 ed. rev y ampl. Madrid: MUNDI-PRENSA, 1988. 256p.

- LIMA, S. C.; MATOS, R. M.; GOMES, R. C. B.; SILVA, P. F. **Coefficiente de Variação de Fabricação em gotejador autocompensante utilizando água salina**. In: Revista Educação Agrícola Superior, ABEAS, v.29, n.1, p.11-14, 2014.
- OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Livraria Nobel, 1987. 267p.
- OLIVEIRA, F. G.; FIGUEIREDO, F. P.; OLIVEIRA, P. M.; COSTA, E. L. Avaliação de sistemas de irrigação. **Informe Agropecuário**. Irrigação, Belo Horizonte, v.31, n.259, p.43 – 49, nov./dez. 2010.
- PETRELLA, R. **O manifesto da água: Argumentos para um contrato mundial**. Petrópolis: VOZES, 2002. 159p.
- RAPOSO, J. R. **A rega: Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega**. Lisboa: FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN, 1996. 485p.
- SANTOS, D. A. O.; FREIRE, F. G. C.; SANTOS, F. S. S.; SANTOS, M. M. S.; LIMA, R. M. S.; SANTOS, W. O (2012). **Avaliação da uniformidade de aplicação de água na irrigação por microaspersão na cultura da banana em São João do Jaguaribe – CE**. In IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação. Fortaleza, CE. INOVAGRI.
- SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; LIMA, S. C.; GOMES, R. C. B.; DANTAS NETO, J. **Influência de diferentes qualidades de efluentes tratados no desempenho de emissores autocompensantes**. Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, v.4, n.1, p.218 – 230, 2015.

SOUZA, J. T.; VAN HAANDEL, A. C.; CAVALCANTI, P. F. F.; FIGUEIREDO, A. M.
F. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semiárido nordestino.
Revista Engenharia Sanitária, v. 10, n. 3, p.260-265, 2005.

SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS,
P. S. L. **Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na
cafeicultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.541-
548, 2006.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede:** Uma visão analítica na
metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos. Porto Alegre: EDIPUCRS,
2007. 101 p.

APÊNDICE A

Vazões e $|q_i - q_m|$ obtidas a partir dos volumes das Tabelas 4 e 5.

Vazão por emissor usando água de abastecimento L.h ⁻¹										
	10 m.c.a		20 m.c.a		30 m.c.a		40 m.c.a		50 m.c.a	
Nº	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD
1	2,23	1,04	2,22	1,02	2,30	0,99	2,48	0,93	3,66	0,85
2	2,31	0,96	2,29	0,99	2,32	0,96	2,49	0,93	4,09	0,83
3	2,27	1,01	2,22	1,01	2,35	0,96	2,50	0,87	3,41	0,81
4	2,33	1,01	2,36	1,03	2,53	0,99	2,72	0,94	3,75	0,81
5	2,32	0,97	2,32	1,03	2,55	1,03	2,73	0,99	3,56	0,83
6	2,30	1,00	2,32	1,02	2,42	0,96	2,57	0,93	4,28	0,87
7	2,28	0,99	2,26	1,03	2,36	0,95	2,48	0,82	3,35	0,82
8	2,28	1,24	2,24	0,99	2,31	0,95	2,51	0,90	3,50	0,79
9	2,30	0,98	2,42	1,03	2,30	0,99	2,46	0,96	3,72	0,79
10	2,21	0,98	2,12	0,99	2,23	0,96	2,37	0,92	3,93	0,82
11	2,37	0,97	2,40	1,02	2,39	0,96	2,57	0,86	4,24	0,76
12	2,32	1,03	2,34	1,24	2,51	0,96	2,66	0,92	4,21	0,80
13	2,34	1,03	2,23	1,05	2,34	1,01	3,18	0,98	4,37	0,90
14	2,33	0,97	2,26	1,02	2,35	0,97	2,56	0,86	3,72	0,83
15	2,28	1,04	2,19	0,98	2,35	0,99	2,71	0,96	3,61	0,87
16	2,32	0,99	2,27	1,03	2,31	0,98	2,86	0,92	4,02	0,82
17	2,29	1,24	2,22	1,08	2,34	0,95	2,52	0,85	3,88	0,72
18	2,33	0,98	2,29	1,01	2,38	0,88	2,56	0,87	3,49	0,78
Média	2,30	1,02	2,28	1,03	2,37	0,97	2,61	0,91	3,82	0,81

NDJ: NAANDANJAIN Amnondrip PC

RB: Rain Bird A5 PC

Os valores de vazão acima foram conseguidos através da expressão 5.

Módulo da diferença da vazão pela média do gotejador $ q_i - q_m $										
	10 m.c.a		20 m.c.a		30 m.c.a		40 m.c.a		50 m.c.a	
Nº	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD
1	0,07	0,02	0,06	0,01	0,07	0,02	0,13	0,02	0,16	0,04
2	0,01	0,06	0,01	0,04	0,05	0,01	0,12	0,02	0,27	0,02
3	0,03	0,01	0,06	0,02	0,02	0,01	0,11	0,04	0,41	0,00
4	0,03	0,01	0,08	0,00	0,16	0,02	0,11	0,03	0,07	0,02
5	0,02	0,05	0,04	0,00	0,18	0,06	0,12	0,08	0,26	0,06
6	0,00	0,02	0,04	0,01	0,05	0,01	0,04	0,02	0,46	0,01
7	0,02	0,03	0,02	0,00	0,01	0,02	0,13	0,09	0,47	0,02
8	0,02	0,22	0,04	0,04	0,06	0,018	0,10	0,01	0,32	0,02
9	0,00	0,04	0,14	0,00	0,07	0,02	0,15	0,05	0,10	0,01
10	0,09	0,04	0,16	0,04	0,14	0,01	0,24	0,01	0,11	0,05
11	0,07	0,05	0,12	0,01	0,02	0,01	0,04	0,05	0,42	0,05
12	0,02	0,01	0,06	0,21	0,14	0,01	0,05	0,01	0,39	0,01
13	0,04	0,01	0,19	0,02	0,04	0,04	0,72	0,07	0,65	0,09
14	0,03	0,05	0,02	0,01	0,02	0,00	0,05	0,05	0,10	0,02
15	0,02	0,02	0,09	0,05	0,02	0,02	0,10	0,05	0,21	0,06
16	0,02	0,03	0,01	0,00	0,06	0,01	0,25	0,01	0,20	0,01
17	0,01	0,22	0,06	0,05	0,03	0,02	0,09	0,06	0,06	0,09
18	0,03	0,04	0,01	0,02	0,01	0,09	0,05	0,04	0,33	0,03
$\sum q_i - q_m $	0,53	0,93	1,21	0,53	1,15	0,398	2,6	0,71	4,99	0,61

O somatório dos módulos acima são componentes da equação para obtenção dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) expressão 2.

APÊNDICE B

Vazões e $|q_i - q_m|$ obtidas a partir dos volumes das Tabelas 10 e 11.

Vazão por emissor usando ácido húmico L.h ⁻¹										
	10 m.c.a		20 m.c.a		30 m.c.a		40 m.c.a		50 m.c.a	
Nº	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD
1	2,36	0,95	2,36	0,99	2,40	0,97	2,40	0,97	3,31	0,84
2	2,28	1,23	2,27	1,29	2,40	1,30	2,40	1,30	3,70	1,18
3	2,26	1,20	2,27	1,22	2,33	1,21	2,33	1,21	3,14	1,13
4	2,35	1,01	2,37	1,06	2,48	1,04	2,48	1,04	3,94	0,89
5	2,45	1,13	2,49	1,21	2,70	1,22	2,70	1,22	3,44	1,06
6	2,37	1,11	2,32	1,21	2,45	1,21	2,45	1,21	8,16	1,07
7	2,27	1,11	2,26	1,14	2,38	1,13	2,38	1,13	3,90	0,98
8	2,33	1,20	2,32	1,26	2,34	1,27	2,34	1,27	3,53	1,13
9	2,35	1,32	2,35	1,47	2,41	1,53	2,41	1,53	3,56	1,50
10	2,32	1,20	2,26	1,24	2,33	1,23	2,33	1,23	3,48	1,14
11	2,39	1,16	2,38	1,17	2,39	1,12	2,39	1,12	4,17	1,02
12	2,46	1,27	2,44	1,11	2,52	1,08	2,52	1,08	4,32	0,98
13	2,34	1,00	1,99	1,03	2,36	1,01	2,36	1,01	4,16	0,90
14	2,40	1,00	2,41	1,06	2,44	1,04	2,44	1,04	3,53	0,94
15	2,29	1,04	2,31	1,09	2,39	1,09	2,39	1,09	3,32	0,93
16	2,40	0,96	2,41	0,99	2,49	0,98	2,49	0,98	3,29	0,85
17	2,32	1,44	2,30	1,58	2,37	1,81	2,37	1,81	3,90	2,18
18	2,36	0,97	2,33	1,04	2,38	1,00	2,38	1,00	3,62	0,90
Média	2,35	1,13	2,32	1,18	2,42	1,18	2,42	1,18	3,92	1,09

NDJ: NAANDANJAIN Amnondrip PC

RB: Rain Bird A5 PC

Os valores de vazão acima foram conseguidos através da expressão 5.

Módulo da diferença da vazão pela média do gotejador $ q_i - q_m $										
	10 m.c.a		20 m.c.a		30 m.c.a		40 m.c.a		50 m.c.a	
Nº	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD	RB	NJD
1	0,01	0,18	0,04	0,19	0,02	0,21	0,04	0,23	0,61	0,25
02	0,07	0,10	0,05	0,11	0,02	0,12	0,06	0,11	0,22	0,09
3	0,09	0,07	0,05	0,04	0,09	0,03	0,26	0,04	0,78	0,04
4	0,00	0,12	0,05	0,12	0,06	0,14	0,03	0,18	0,02	0,20
5	0,10	0,00	0,17	0,03	0,28	0,04	0,08	0,03	0,48	0,03
6	0,02	0,02	0,00	0,03	0,03	0,03	0,08	0,01	4,25	0,02
7	0,08	0,02	0,06	0,04	0,04	0,05	0,09	0,07	0,01	0,11
8	0,02	0,07	0,00	0,08	0,08	0,09	0,18	0,08	0,39	0,04
9	0,00	0,19	0,03	0,29	0,01	0,35	0,09	0,38	0,36	0,41
10	0,03	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,45	0,05	0,44	0,05
11	0,04	0,03	0,06	0,01	0,03	0,06	0,10	0,07	0,26	0,07
12	0,11	0,14	0,12	0,07	0,10	0,10	0,90	0,12	0,40	0,11
13	0,01	0,13	0,36	0,15	0,05	0,17	0,21	0,23	0,60	0,19
14	0,05	0,13	0,09	0,12	0,02	0,14	0,00	0,13	0,39	0,15
15	0,06	0,09	0,01	0,09	0,03	0,09	0,01	0,12	0,60	0,16
16	0,05	0,17	0,09	0,19	0,07	0,20	0,04	0,22	0,63	0,24
17	0,03	0,31	0,02	0,40	0,05	0,63	0,33	0,89	0,01	1,09
18	0,01	0,16	0,01	0,14	0,04	0,18	0,11	0,19	0,30	0,19
$\sum q_i - q_m $	0,78	2,00	1,27	2,15	1,11	2,68	3,05	3,15	10,71	3,44

O somatório dos módulos acima são componentes da equação para obtenção dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) expressão 2.