

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM MANEJO
DE SOLO ÁGUA**

**EFICIÊNCIA DO PRODUTO *HYDRODIS* NA DESOBSTRUÇÃO DE
EMISSORES EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

WILTEMBERG DE BRITO PEREIRA

**PETROLINA, PE
2022**

WILTEMBERG DE BRITO PEREIRA

**EFICIÊNCIA DO PRODUTO *HYDRODIS* NA DESOBSTRUÇÃO DE
EMISSORES EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a obtenção
de título de Especialista em Manejo de Solo e
Água.

**PETROLINA, PE
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P436 Pereira, Wiltemberg de Brito.

 Eficiência do produto hydrodis na desobstrução de emissores em sistema de irrigação localizada / Wiltemberg de Brito Pereira. - Petrolina, 2022.
 78 f. : il.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Manejo de Solo e Água) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2022.

 Orientação: Prof. Dr. José Sebastião Costa de Sousa.

 1. Ciências Agrárias. 2. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen. 3. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição. 4. Coeficiente de Uniformidade Estatístico. 5. Gotejamento. I. Título.

CDD 630

WILTEMBERG DE BRITO PEREIRA

**EFICIÊNCIA DO PRODUTO HYDRODIS NA DESOBSTRUÇÃO DE
EMISSORES EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo de Solo e Água, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sertão Pernambucano, *Campus Petrolina Zona Rural*.

Aprovada em: 29 de abril de 2022

Banca Examinadora

Jose Sebastiao Costa de
Sousa:05739906466

Assinado de forma digital por Jose Sebastiao Costa de
Sousa:05739906466
Dados: 2022.05.05 09:55:36 -03'00'
Versão do Adobe Acrobat Reader: 2022.001.20117

Prof. Dr. José Sebastião Costa de Sousa – IFSertãoPE, *Campus Petrolina Zona Rural*



Documento assinado digitalmente
Marcos Eric Barbosa Brito
Data: 09/05/2022 13:39:57-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito – UFS, *Campus do Sertão*

Prof. Dr. Luís Fernando Magno de Souza Campeche – IFSertãoPE,
Campus Petrolina
Zona Rural

RESUMO

A obstrução de emissores é um dos principais problemas da irrigação localizada, pois gera perdas na uniformidade e na distribuição da água na área irrigada, além de causar perdas de insumos e produção. Como estratégias de prevenção e recuperação, tem-se, basicamente a filtragem e a aplicação de produtos ácidos ou corrosivos, havendo diversos produtos comerciais disponíveis, um deles é o HYDRODIS da Rigrantec, cuja eficiência ainda não foi devidamente testada. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a ação do produto HYDRODIS na desobstrução de gotejadores em pomar comercial de uva de mesa no município de Petrolina/PE. Como parâmetros de avaliação comparou-se os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de distribuição (CUD) e estatístico (CUE), bem como a vazão unitária média, antes e após aplicação do produto. O ensaio foi conduzido em 3 subunidades de irrigação, de um sistema de irrigação composto de fileiras duplas de tubogotejadores de 16 mm, com gotejadores espaçados em 0,50 m e vazão unitária de $3,20 \text{ L h}^{-1}$ à pressão de serviço de 20 mca. Adotou-se a metodologia de coleta de dados (vazão) em 16 emissores por subunidade de irrigação, distribuídos simetricamente em 4 linhas laterais. A vazão dos emissores foi obtida pelo método direto, mensurando a quantidade de água aplicada no intervalo 60 segundos por meio de gravimetria em duplicata. A dose do produto HYDRODIS usada foi a recomendada pelo fabricante, 200 mL ha^{-1} ou 200 mL por 1000 L de calda para a fertirrigação. Após aplicação o produto ficou 12 horas em repouso no sistema para oportunizar o efeito desobstrutor. Observou-se que a aplicação do produto HYDRODIS melhorou os coeficientes CUC, CUD e CUE que passaram, em média, de 93,20, 88,99 e 90,91 para 95,10, 92,00 e 93,81%, respectivamente, e a vazão unitária saiu de 2,86 para 3,57 para L h^{-1} , gerando reduções no tempo de bombeamento da ordem de 20%. Assim, para o universo testado, afirma-se que o produto HYDRODIS mostrou-se eficaz na desobstrução de gotejadores.

Palavras-chave: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen; Coeficiente de Uniformidade de Distribuição; Coeficiente de Uniformidade Estatístico; Vazão Unitária; Gotejamento.

Ao Senhor Jesus Cristo

Aos meus pais, Marlene de Brito Pereira e Antônio Nogueira Pereira, a minha irmã Cherla Patrícia de Brito Pereira, pelo amor, carinho, dedicação e constante presença em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor Jesus Cristo, por ter dado proteção constante e direcionamento na minha caminhada.

Aos meus pais Antônio Nogueira Pereira e Marlene de Brito Pereira, que sempre me auxiliaram e incentivaram a seguir em frente.

A minha irmã Cherla Patrícia de Brito Pereira, que também me confortou nas horas difíceis e me ajudou quando precisei.

Ao Prof. José Sebastião Costa de Sousa por ter sido o meu orientador neste trabalho científico, responsável fundamental para a materialização deste, onde sem ele nada do que foi feito, teria sido concretizado.

Aos companheiros de pós-graduação Adiel Sousa Silva, Aldoberison J. P. da Silva, Caíque Barbosa dos Santos, Edvaldo da Rocha Braga, Érico B. Cavalcanti, Evandro M. Pitanga Jr, Evanilza S. Rodrigues, Fabio G. F. Silva, Francisco de Assis Freire, Francisco J. P. Celestino, Gustavo Carvalho S. Cardozo, Ítalo L. Oliveira Santana, Iuri Lima Silva, Ivangela N. da Silva, Joice Layanne G. Rodrigues, José Mendes Cardoso, Kaian T. Hasegawa, Karla R. S. Amariz, Kathiane R. Souza, Lorena Alencar Martins, Luis Almeida Santos, Marcio Kaique Lucio Alves, Marcos José Ezequiel Marcostony da Cruz Souza, Maria Núbia S. R. Marques e Natalia Teixeira de Lima, muito obrigado pela parceria.

Aos Professores da Pós-Graduação do IF SERTÃO-PE Fábio Freire, Cícero Antônio, Luís Fernando, Marlon Gomes, Vitor Prates, Rodolfo Peixoto e Marcos Masutti, pelo compromisso com as aulas e a dedicação aos discentes do curso.

À fazenda CAPPELLARO FRUITS, em nome do seu gerente de produção, Wandenbergh que disponibilizou a área para realização do ensaio e permitiu as visitas e avaliações durante a realização do trabalho.

Ao funcionário da fazenda CAPPELLARO FRUITS, José Claudio responsável pela manejo da irrigação e a nutrição das plantas, e que teve impacto decisivo e crucial para realização deste trabalho.

Aos funcionários do IF SERTÃO-PE, que de alguma forma contribuíram para o cumprimento deste trabalho.

Enfim, a todos que colaboram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

E os vossos filhos e as vossas filhas profetizarão, os vossos jovens terão visões, e os vossos velhos terão sonhos; E também do meu Espírito derramarei sobre os meus servos e as minhas servas naqueles dias, e profetizarão; E farei aparecer prodígios em cima, no céu, e sinais em baixo na terra, sangue, fogo e água (Atos dos Apóstolos Cap. 2 versículos 16 a 19)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Diagrama da disposição da malha hidráulica e subunidades da área experimental	26
Figura 2. Diagrama simplificado da disposição da área experimental por subunidade.	29
Figura 3: A) Coleta de água dos emissores simultâneos na área experimental, por subunidade. B) Pesagem do volume de água coletada	30
Figura 4: A) Medição de pressão na casa de filtro. B) Medição de pressão nos finais de linhas laterais.....	31
Figura 5. Grau de entupimento dos emissores localizados nos finais de mangueiras (linhas laterais) antes e após aplicação do HYDRODIS.....	36
Figura 6. Desnível máximo nas subunidades de irrigação do ensaio. Imagem obtida do Google Earth (2021), Petrolina/PE	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos na qualidade de água sobre o risco em entupimento nos sistemas de irrigação localizada.....	20
Tabela 2: Valores limites para interpretação em relação a qualidade de água em sistemas de irrigação, proposto por AYERS; WESTCOT (1991).....	20
Tabela 3: Especificações das subunidades de irrigação utilizados no experimento.	25
Tabela 4: Características físico-químicas do produto HYDRODIS®.....	27
Tabela 5: Parâmetros físico-químicas da água de irrigação para o mês fevereiro de 2021, ponto de coleta núcleo N8. A classificação de água quanto a salinidade e sodicidade, baseou-se pela proposta feita por Richards (1954).....	28
Tabela 6: Valores de referência de valores do CUC, CUD e CUE.....	33
Tabela 7: Vazão média de emissores ($L\ h^{-1}$) nas subunidades de irrigação (Sub) analisadas antes e após aplicação do produto HYDRODIS	35
Tabela 8: Registros das pressões observadas (em Bar) nos finais das linhas laterais nas subunidades de irrigação (Sub) investigadas antes e após aplicação do produto HYDRODIS	37
Tabela 9: Valores e classificação dos para os diferentes tipos de coeficientes de uniformidade para sistema de irrigação	38
Tabela 10: Simulação para 1,00 hectare de uva de mesa irrigada em Petrolina/PE, referentes aos custos com e sem o produto HYDRODIS em termos consumo de água, energia elétrica e tempo de funcionamento do sistema de irrigação	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGROQUIM – Empresa do setor de produtos para agricultura

AUTOCAD – Software computacional de engenharia e desenho técnico

AZUD – Empresa do setor de matérias de irrigação

BCB – Banco Central do Brasil

DINC – Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho

HYDRODIS – Produto comercial de limpeza para sistemas de irrigação

IFSERTÃO-PE – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MAPA - Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

NAANDANJAIN – Empresa do setor de materiais de irrigação

NEOENERGIA – Empresa do setor de energia elétrica de Pernambuco

OXI PREMIUM 15 – Desinfetante bactericida e fungicida

R – Software computacional estatístico

RIGRANTEC – Empresa do setor de produtos para agricultura

SULFACID – Fertilizante azotado e acidificante

THEBE Bombas Hidráulicas – Empresa do setor de materiais para irrigação

TECNOFOS 40A – Produto comercial de limpeza para sistemas de irrigação

LISTA DE SÍMBOLOS

mm – milímetro
m – metro
ha – hectare
s – segundo
min – minuto
h – hora
mL – mililitro
L – litro
L d⁻¹ – litros por dia
m³ h⁻¹ – metros cúbicos por hora
m³ d⁻¹ – metros cúbicos por dia
Bar – medida de pressão
mca – metros de coluna de água
mL L⁻¹ – mililitro por litro
mL 1000 L⁻¹ – mililitro por 1000 litros
mmolc L⁻¹ – milimol por litro
mg L⁻¹ – miligrama por litro
dS m⁻¹ – decisiemens
g cm⁻³ – gramas por centímetro cúbico
pH – potencial Hidrogeniônico
% – Porcentagem
N° – Número
CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen
CUE – Coeficiente de Uniformidade Estatístico
CUD – Uniformidade de Distribuição
Ef – Eficiência de sistema de irrigação
GE – Grau de Entupimento
Δ (%) – Variação de pressão
(ClH) 12 N – ácido clorídrico
(SO₄H₂) 36 N – ácido sulfúrico
(NO₃H) 16 N – ácido nítrico
(PO₄H₃) 45 N – ácido fosfórico
Ca – Cálcio
Al – Alumínio
Fe – Ferro
Na – Sódio
Cl⁻ – Cloro
CaCO₃ – Carbonato de Cálcio
HCO₃⁻ - Bicarbonato
CE – Condutividade Elétrica
RAS – Relação de Adsorção de Sódio
Mesh – número de aberturas por polegadas em elementos filtrantes
Micron – número de aberturas por micra em elementos filtrantes
R\$ - moeda monetária real
Cv – cavalo vapor
C1S1 – classificação de qualidade de água

q – vazão

° – grau

‘ – minutos

“ – segundos

S – Sul

W – Oeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 VANTAGENS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADO	17
2.2 SUSCETIBILIDADE E ORIGEM DAS OBSTRUÇÕES EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA	17
2.3 PRÁTICAS USUAIS PARA DESOBSTRUÇÃO DE EMISSORES	21
3 OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GERAL.....	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	25
4.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
4.3 FORMA DE COLETA E DADOS ANALISADOS.....	28
4.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL	33
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6 CONCLUSÕES.....	43
7 REFERÊNCIAS	44
8 APÊNDICE	54
9 ANEXOS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A região do Submédio do Vale do São Francisco apresenta as condições edafoclimáticas favoráveis para a produção vegetal, em especial a fruticultura, contudo, isso só é viável com o emprego da irrigação (TEIXEIRA et al., 2014), com destaque para sistemas localizadas (gotejamento).

O emprego dos sistemas de irrigação localizados gera aumento de produtividade agrícola, pois a água é fornecida em quantidade e no momento adequado, próximo a zona radicular das plantas (NASCIMENTO et al., 2016). Aliado a isso, é possível que os fertilizantes sejam aplicados via água de irrigação aumentando a eficiência e o aproveitamento de nutrientes e água pelas plantas (BERNARDO et al., 2006).

A fertirrigação, por si, promove economia no uso de fertilizantes, controle da profundidade de sua aplicação, menor incidência de doenças, economia de mão-de-obra e menor trânsito de máquinas na lavoura (ALVARENGA, 2004), evitando a compactação do solo e possibilitando fazer um maior fracionamento das adubações, dentre outras vantagens.

Os pequenos diâmetros dos emissores, por outro lado, podem deixar os sistemas de irrigação localizados mais suscetíveis a incrustações com a aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação), sendo um risco ao sistema e produção (CUNHA et al., 2013).

Pizarro (1996) e Vilela et al. (2003) afirmam que o problema de entupimento de emissores é causado, na maioria dos casos, pela natureza biológica, química e física contidas na água utilizada, e que o uso de nutrientes via água de irrigação pode potencializar o desenvolvimento de microrganismo, elevando o risco de entupimento dos gotejadores.

O entupimento de emissores é sem dúvidas, um dos grandes problemas de manejo encontrado por usuários de sistemas de irrigação localizado, pois, mesmo um pequeno número de emissores obstruídos pode diminuir consideravelmente a uniformidade de distribuição e reduzir a produtividade das culturas (BORSSOI et al., 2012).

Com o emissor obstruído, as únicas alternativas encontradas, são a substituição ou a adoção de práticas de recuperação dos mesmos, que,

inevitavelmente, acarretam em aumento nos custos de produção e, em situações mais severas, torna-se até ineficientes com a perda dos emissores (GILBERT et al., 1979).

O uso de ácidos para desobstrução de emissores é uma prática amplamente difundida para recuperação e/ou limpeza de sistemas de irrigação, pois promove a redução do pH da água, que por sua vez dificulta a formação de precipitados químicos, aumentando a solubilidade desses elementos, mantendo-os em solução (NAKAYAMA & BUCKS, 1986; TEIXEIRA, 2006; MEDEIROS et al., 2008).

A melhor estratégia a ser adotada para evitar a obstrução nos emissores e nas linhas de distribuição, é a prevenção (RESENDE, 1999). E o melhor manejo combina um sistema de filtragem eficiente junto a limpeza periódica do sistema de irrigação, que pode ser realizado com produtos específicos, que devem ser escolhidos com base na natureza da contaminação da malha hidráulica e dos emissores, de modo a prevenir e/ou desobstruir parcial ou totalmente o sistema (RESENDE et al., 2000).

E também pela falta de trabalhos científicos que demonstram o uso e eficiência de novos produtos desobstruentes utilizados pelo irrigantes, como é o caso HYDRODIS, voltado a aplicações agrícolas, em especial, a área de irrigação e por vários relatos de uso em campo pelos usuários de sistemas de irrigação deste produto, faz-se necessário a constatação por meio de ensaio técnico, afins de comprovar ou não os resultados empíricos positivos relatados sobre o produto HYDRODIS, que pode expressar resultados semelhantes, ou até mesmo melhores em relação a técnicas já usuais, na obstrução de emissores em sistemas localizados, e este fato hipotético pode ser devido ao produto ser constituindo de ácidos orgânicos (ácido húmico e/ou fúlvico).

Desta forma, com este trabalho, buscou-se avaliar a ação do produto HYDRODIS® para desobstrução em sistema de irrigação por gotejamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VANTAGENS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADO

No contexto atual, não se imagina que a técnica de irrigação localizada seja posicionada somente para suprir a demanda de hídrica das plantas, mas também leva “embarcado” a nutrição mineral e alguns tratamentos fitossanitários nos cultivos por meio da irrigação, fator este devido as características de aplicação de água próximo à zona de concentração das raízes das plantas (FOLEGATTI, 1999).

Outro ponto que Mantovani et al. (2009) ressalta, é a melhor uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação localizado, pelo fato de promover uma disponibilidade de água de irrigação nos emissores mais homogênea e igualitária até as plantas, sem risco de excessos ou déficit hídrico dentro da área de cultivo. E que o acompanhamento periódico deste parâmetro pode auxiliar na prevenção ou apontar problemas na vazão do sistema.

E por fim, proporcionar ao produtor rural realizar a fertirrigação, que nada mais é que aplicar fertilizantes via água de irrigação, quando há a necessidade de reposição hídrica no cultivo, comprovado ser a maneira mais eficiente, econômico e processo ser fácil de execução (BASSO et al., 2010).

2.2 SUSCETIBILIDADE E ORIGEM DAS OBSTRUÇÕES EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Devido as suas características hidráulicas e estruturais, o sistema de irrigação localizado apresenta uma elevada suscetibilidade ao entupimento, devido a isso faz necessário conhecer as propriedades físico-químicas da água que será utilizada, pois nela podem estar presentes elementos que causem obstrução nos emissores, afetando a vazão e consequentemente diminuindo a eficiência do sistema (CAPRA; SCICOLONE, 1998).

Para avaliar o grau de susceptibilidade ao entupimento de um emissor, pode-se determinar com alguns parâmetros de avaliação hidráulica, entre eles podemos citar a uniformidade de distribuição (UD), o grau de entupimento (GE) e o coeficiente de variação de vazão (CVq). Estes índices dão um indicativo do estado de

funcionamento e desempenho dos sistemas de irrigação em campo (BRAUER et al., 2011; RIBEIRO et al., 2008).

O uso de Fontes de nutrientes incompatíveis ou mau gerenciadas administradas na fertirrigação, vem sendo também apontada como Fonte causadora de entupimentos em gotejadores, devido a obstrução química (MEDEIROS et al., 2008; BARROS et al., 2009; RIBEIRO et al., 2010; DEUS et al., 2011).

Dentre as principais Fontes causadoras de entupimento em sistemas localizados, compreende os de natureza química, relacionada à qualidade de água principalmente, fator essencial para a precipitação dos elementos Cálcio e Ferro, os de natureza física, relacionado a partículas do solo e obstrução devido animais (formigas, aranhas, ovos de lesmas etc.), e de natureza biológica, que é predominantemente constituída de algas e mucilagem bacteriana, devido ao uso de Fonte de águas superficiais, e crescimento biológico favorecido a alta frequência de temperaturas na faixa ótima para os microrganismos (GILBERT e FORD, 1986; RESENDE et al., 2001).

Resumidamente, a obstrução de emissores está fortemente ligada a qualidade da água de irrigação, e esta por sua vez implicar em problemas de natureza biológica, química e física (VILELA et al., 2003). O problema de natureza biológica, é causada basicamente por colônias de algas e bactérias, devido as condições favoráveis de crescimento microbiano no meio e pela forma de captação de Fontes superficiais de água são comuns a proliferação destes microrganismos, que ao juntar-se a outras colônias ou precipitados, formam aglomerados maiores e causa entupimento dos gotejadores (ALVARENGA, 2004).

Já o problema de natureza química, ocorre quando o pH da solução fica adequado para certas reações químicas, devido a mistura de Fontes de fertilizantes não compatíveis, devido ao mau manejo na fertirrigação e formam precipitados no sistema (MELO et al., 2008). Ou comumente, quando a Fonte de água é de péssima qualidade e/ou oriunda de águas subterrâneas, que normalmente apresentam altos concentrações de carbonato de cálcio e o sulfeto de cálcio, que podem precipitar e eventualmente formar incrustações nas paredes das tubulações e emissores, restringindo a passagem da água.

Notadamente, os elementos químicos presentes na água de irrigação interferem decisivamente na eficiência de uniformidade de aplicação de água pelos emissores, dentre eles os íons carbonato e bicarbonato levam uma maior atenção

quanto aos riscos de entupimentos. Estes elementos químicos estão associados nas reações e de equilíbrio do pH da água, associado também ao gás carbônico dissolvido na mesma, fato este que dependendo das concentrações encontrados na análise de água podem causar precipitados no interior das tubulações de irrigação, pelo fato inerente que o íon bicarbonato (HCO_3^-) em águas naturais não reduz e nem oxidar, todavia forma com muita facilidade o precipitado carbonato de cálcio (CaCO_3) interferindo no fluxo livre de água dentro das tubulações e emissores (ALVARENGA et al., 2012; LIMA et al., 2014).

A presença de bicarbonato na água de irrigação pode ser contornada, adotando alguns manejos, todavia este manejo químico é difícil em operação e ocasiona um aumento de custos de insumos, fato este que só é plausível quando adotado em culturas de alto retorno financeiro, como por exemplo a fruticultura irrigada. Observa-se que o uso de alguns ácidos fortes, como o ácido sulfúrico conseguem reduzir o pH alcalino pela presença do bicarbonato, administrando o ácido sulfúrico na concentração de $0,041 \text{ mL L}^{-1}$ conseguiu reduzir uma unidade de pH, com dose dobrada de ácido em águas do Apodi-RN. Contudo o uso de ácido sulfúrico ou outros podem neutralizar quimicamente até 90% do bicarbonato presente na água (PIZARRO, 1996; MORAIS et al., 1999; AYERS; WESTCOT, 1991; WHIPKER et al., 1996).

Outro elemento químico presente em águas subterrâneas e que traz prejuízo ao sistema de irrigação é o Ferro (Fe) pois promove incrustações e corrosão das tubulações (RIBEIRO et al., 2005), aumentando a perda de carga no sistema de irrigação (MOURA et al., 2011) e favorecendo a obstrução de emissores (SANTOS; HERNANDEZ, 2013).

De modo resumindo, os parâmetros físico-químicos da água para irrigação, impactam de maneira substancial no entupimento dos emissores, e estes parâmetros devem ser observados para verificar a qualidade da água quanto a suscetibilidade ao entupimento obstruções, de modo geral, para interpretação desses índices de qualidade de água, adota-se os limites propostos de Nakayama (1982) e, Ayers; Westcot (1991). Os parâmetros de qualidade físico-química da água de irrigação e seus respectivos limites encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos na qualidade de água sobre o risco em entupimento nos sistemas de irrigação localizada.

Problemas	Unidade	Restrições de uso		
		Nenhum	Moderado	Severa
Físicos				
Sólidos em suspensão	mg L ⁻¹	< 50	50 – 100	>100
Químicos	0,739			
pH	mg L ⁻¹	< 7,0	7,0 – 8,0	>8,0
Sólidos Solúveis	mg L ⁻¹	<500	500 – 2.000	>2000
Manganês	mg L ⁻¹	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Ferro	mg L ⁻¹	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Ácido Sulfídrico	mg L ⁻¹	<0,5	0,5 – 2,0	>2,0
Biológicos				
Populações Bacterianas	nº max. mL ⁻¹	<10.000	10.000-50.000	>50.000

Fonte: Nakayama (1982).

(1): Apesar de que estas concentrações possam ser suficientes para causar num sistema de irrigação localizada, os problemas de Fitotoxicidade podem ser detectados a concentrações inferiores a estas (ALMEIDA, 2009).

(2): concentrações de ferro superiores a 5,0 mg L⁻¹ podem causar desequilíbrios nutritivos em determinados cultivos (ALMEIDA, 2009).

Tabela 2: Valores limites para interpretação em relação a qualidade de água em sistemas de irrigação, proposto por AYERS; WESTCOT (1991).

Problemas	Unidade	Grau de restrição de uso		
		Nenhum	Leve a Moderado	Severa
Salinidade				
CE (condutividade elétrica)	dS m ⁻¹	<0,7	0,7 – 3,0	>3,0
STS (sólidos totais dissolvidos)	mg L ⁻¹	<450	450 – 2000	>2000
Infiltração (avaliação usado RAS e CE)				
RAS= 0 – 3	dS m ⁻¹	>0,7	0,7 – 0,2	<0,2
RAS= 3 – 6	dS m ⁻¹	>1,2	1,2 – 0,3	<0,3
RAS= 6 – 12	dS m ⁻¹	>1,9	1,9 – 0,5	<0,5
RAS= 12 – 20	dS m ⁻¹	>2,9	2,9 – 1,3	<1,3
RAS= 20 – 40	dS m ⁻¹	>5,0	5,0 – 2,9	<2,3
Toxicidade Específica				
Sódio (Na)				
Irrigação de superfície	RAS	<3,0	3,0 – 9,0	>9,0
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	<3,0	>3,0	
Cloro (Cl)				
Irrigação de superfície	meq L ⁻¹	<4,0	4,0 – 10,0	>10,0
Irrigação por aspersão	meq L ⁻¹	<3,0	>3,0	
Boro (B)	mg L ⁻¹	<0,7	0,7 – 3,0	>3,0
Efeitos mistos				
Nitrogênio (NO ₃ ⁻ - N)	mg L ⁻¹	<5,0	5,0 – 30,0	>30,0
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	meq L ⁻¹	<1,5	1,5 – 8,5	>8,5

Fonte: AYERS; WESTCOT (1991).

2.3 PRÁTICAS USUAIS PARA DESOBSTRUÇÃO DE EMISSORES

Como exposto, é sabido que por efeito de agentes físicos, químicos e biológicos, causa obstruções nos emissores/gotejadores. E o primeiro passo para resolução depende na determinação dos agentes na água envolvidos e a sua expectativa interação e sua dinâmica na água de irrigação (RAVINA et al., 1992).

Para consenso de vários autores, a adoção de um programa de manutenção no sistema de irrigação é a principal maneira de prevenir o aparecimento de problemas de entupimento, e verificações periódicas, para identificação de problemas hidráulicos como vazamentos, bloqueios e falhas no sistema que reduzem a pressão da rede e podem provocar alteração do fluxo de água no sistema e consequentes perdas de insumos e maior sedimentação/incrustação de nutrientes nas tubulações e emissores (NETAFIM, 2014; OLIVEIRA, 2011). Em sequência, deve-se analisar as Fontes de nutrientes, forma de mistura e a maneira com que se pratica a fertirrigação. Qualquer que seja o fator de risco encontrado deve-se priorizar sua imediata correção.

Dentre as práticas usuais para prevenção e manutenção no sistema localizado, o uso de filtros é essencial para impedir a passagem de agentes contaminantes para a malha hidráulica e posteriormente emissores, associados ao uso de produtos de obstrução específicos (RESENDE et al., 2000). Busato et al. (2012) cita que o manejo preventivo e de limpeza adotado em águas com concentração consideráveis de Ferro (Fe) obteve resultados satisfatórios, quando utilizou a cloração com dicloroisocianurato de sódio.

De acordo com Liu e Mcavoy (2018), o uso de 5 ppm de hipoclorito de sódio (NaClO), com cloro ativo e não o cloreto, matar de forma eficiente as bactérias na água de irrigação, porém, pontuam que em Fontes de águas com elevados concentrações de colônias bacterianas fazer-se necessário aplicações continuadas de 0,5 a 1,0 ppm. Resultados semelhantes foram encontrados para desobstrução de tubulações ou gotejadores com aplicação de cloro, peróxido de hidrogénio, ácidos ou de uma combinação de ambos, para a contaminação de origem biológica devido a deposição de matéria orgânica e microrganismos (NETAFIM, 2014; OLIVEIRA, 2011; PEREIRA, 2004).

O uso de ácidos inorgânico é largamente adotado para o manejo de prevenção e limpeza do sistema de irrigação, e encontra vasto suporte na literatura

(RAIN, 1990). O uso de ácidos, como, ácido clorídrico (HCl) 12 N, ácido sulfúrico (SO_4H_2) 36 N, ácido nítrico (NO_3H) 16 N e ácido fosfórico (PO_4H_3) 45 N atuam reduzindo o pH da água, diminuindo o potencial de precipitação química (NAKAYAMA; BUCKS, 1986). A exemplo disso Almeida (2009) enfatizar que tratamento deve ser feito com uso de algum ácido de alta concentração e que garanta que dentro do volume de água do sistema de irrigação tenha uma concentração de 1 a 2% para atinge resultados significativos, e que a escolha do tipo de ácido adotado vai demandar quantidades específicas, afins de neutralizar a precipitação de CaCO_3 , variado de 0,465 – 0,090 L m^{-3} ácido clorídrico (HCl 12), 0,155 – 0,030 L m^{-3} ácido sulfúrico (H_2SO_4), 0,349 – 0,068 L m^{-3} ácido nítrico (HNO_3 16) e de 0,124 – 0,024 L m^{-3} ácido fosfórico (PO_4H_3).

Outra maneira usada para reduzir o pH na água de irrigação e diminuir o risco de entupimento nos emissores, é o uso de alguns fertilizantes a base de fosforo (P), como o MAP que contém fosforo e nitrogênio, e o próprio ácido fosfórico, por apresentar uma alta solubilidade e forte reação ácida (TISDALE, NELSON, BEATON, 1985). Porém, uso massivo e exclusivo fertilizantes fosfatados podem formar precipitados com Cálcio (Ca), Alumínio (Al) e Ferro (Fe), entre outros (NOVAES e SMYTH, 1999).

Entretanto, o emprego de ácidos inorgânicos causa dificuldades operacionais no manuseio do mesmo, por serem, extremamente perigosos, e pelo fato, que o uso massivo desses produtos prejudicar as propriedades químicas do solo, como pH ou mesmo tendo forte impacto negativo na vida microbiota do solo, em especial Fontes de Cloro (Cl).

Uma alternativa viável, seria a adoção de produtos de baixa perigosidade no manuseio e que tenham menos ração no solo, diminuindo o impacto ambiental, como é o caso de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, que além de ser Fonte de energia para os microrganismos do solo e biodegradável. Além de possuírem a capacidade de liberar nutrientes e remover precipitados (JAYARAMA et al., 1998; HUE, 1986).

Corroborando com isso, Figueiredo et al. (2004) observaram que o produto BIOTECH constituindo de 52% de ácido cítrico mais 48% de complexo enzimático, preveniu, parcialmente, a redução de vazão de um sistema localizado, de formar precipitados químicos, por sais e hidróxidos passivos, quando se adotou uma dose de 186 mL L^{-1} do BIOTECH.

Porém, o uso destes produtos alternativos para desobstrução de emissores, muitas vezes não apresentam resultados conclusivos e mesmo satisfatórios, exemplo disto foi observado por Salgueiro e Paulo (2018), que avaliando ácido fosfórico (concentração de 72 e 75%), do ácido nítrico (concentração de 54%), Oxi Premium 15 (24% peróxido de hidrogênio + 16% ácido acético + 15% ácido peracético) e do Sulfacid (15% de nitrogênio total + 15% nitrogênio ureico + 41% trióxido de enxofre), não verificaram efeito significativo entre os tratamentos bem como na redução do entupimento.

Já Dias et al. (2011) observaram que o uso do BIOTECH minimizou a redução da vazão causada por entupimento, mas não impediu a obstrução total dos tubogotejadores pelas soluções indutoras de precipitação.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a desobstrução de emissores e seu impacto na uniformidade de distribuição em um sistema de irrigação localizado, com a utilização do produto HYDRODIS®.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as vazões dos emissores, antes e após o uso do produto desobstruente;

Avaliar os coeficientes de uniformidade de distribuição de água, antes e após o uso do produto desobstruente;

Avaliar o custo/benefício da utilização do produto.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado em área comercial de produção de uva fina de mesa, variedade patenteada *Sweet Jubille*, na Fazenda *Cappellaro Fruits* (coordenadas geográficas da sede 9° 16' 48.05" Sul, 40° 27' 14.03" Oeste, altitude média 388 m) sediada no perímetro de irrigação Senador Nilo Coelho, núcleo N8, no município de Petrolina/PE.

A região apresenta clima BSh (classificação climática de Köppen), ou seja, semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão estendendo-se para o início do outono (AZEVEDO et al., 2003).

4.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O ensaio foi realizado num sistema de irrigação por gotejamento com quatro 4 anos de uso, e consistiu na avaliação das vazões de emissores e nas pressões nas saídas de linhas laterais em subunidades de irrigação independentes (porém, abastecidas pela mesma artéria hidráulica). O experimento foi em delineamento em blocos casualizados (DBC), com 3 repetições, caracterizadas pelas próprias subunidade de irrigação, e 2 tratamentos (sem aplicação e com aplicação do HYDRODIS). As dimensões das subunidades de irrigação avaliadas encontram-se especificadas na Tabela 3, e disposição destas no layout hidráulico da fazenda, nas Figuras 11A, 12A e 13A dos Apêndices. O layout da malha hidráulica do sistema de irrigação, e as subunidades avaliadas encontram-se na Figura 1.

Tabela 3: Especificações das subunidades de irrigação utilizados no experimento.

Subunidade	Área (ha)	Espaçamento de Plantas	Nº de Linhas	Nº de Plantas
1	0,672	3,50 x 2,00 m	10	960
2	0,739	3,50 x 2,00 m	11	1055
3	0,739	3,50 x 2,00 m	11	1055

Fonte: Fazenda *Cappellaro Fruits* (2022).

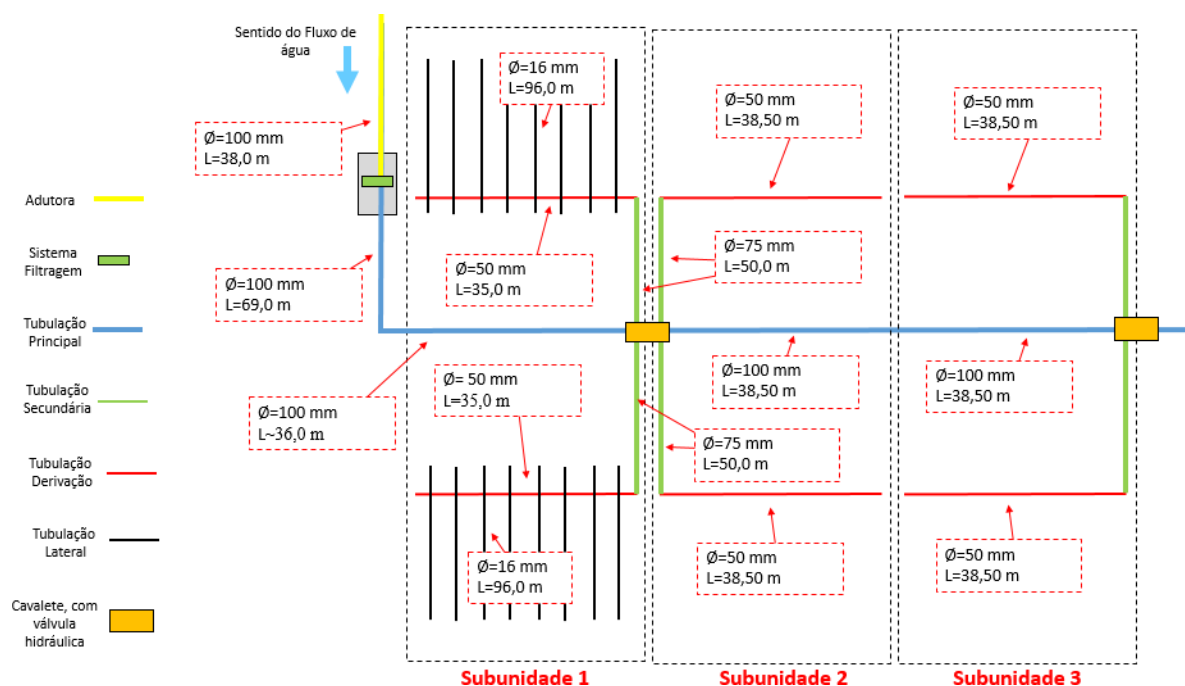


Figura 1. Diagrama da disposição da malha hidráulica e subunidades da área experimental.

As subunidades avaliadas eram constituídas por sistema de irrigação localizado, com fileira dupla de tubos gotejadores, espaçados em 0,80 m, em PEBD (polietileno de baixa densidade) de 16 mm, da fabricante NAANDANJAIN, modelo NaanTIF 25 16 mm, com design de emissores em labirinto tipo cascade, espaçados entre si em 0,50 m, vazão unitária padrão de 2,30 L h⁻¹ e pressão de trabalho na faixa de 1,00 bar. Maiores detalhes do tubogotejador podem ser consultados na Tabela 1N e Figuras 1N, 2N e 3N do Anexo.

A água utilizada para manejo de irrigação na área em estudo proveio da estação de bombeamento N° 30, do DINC (Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho), localizada no núcleo 8 do projeto de irrigação Senador Nilo Coelho. Normalmente a estação disponibiliza 11 horas por dia de água pressurizada, ofertando na entrada de cada lote (área) vazão média de 36 a 40 m³ h⁻¹ com pressão de 2,00 a 4,00 bar (FAZENDA CAPPELLARO FRUITS, 2022).

A filtragem da água de irrigação, na fazenda, era feita por dois filtros de tela, da fabricante AZUD, modelo 2N, com elemento filtrante de poliamida reforçada com vibra de vidro, de 120 mesh (130 micron), vazão unitária de 30 m³ h⁻¹, e pressão máxima recomendada de 10 Bar, informações do filtro podem ser encontradas nas Figuras 4N, 5N, 6N e 7N do Anexo. A fertirrigação era realizada por meio de uma

bomba termoplástica do fabricante THEBE Bombas Hidráulicas, modelo APP13, potência de 1 CV, FS de 1,10, rotor de 110x4,5 (mm), sucção BSP 3/4", recalque 3/4" BSP e vazão de 3,0 m³/h (2,0 Bar), mais informações da bomba encontram-se nas Figuras 8N, 9N, 10N e na Tabela 2N dos Anexos. Associado a bomba injetora, tinha-se um filtro de disco de 25 mm, para evitar que partículas precipitadas dos elementos químicos em solução fossem injetadas no sistema de irrigação.

Na Fazenda *Cappellaro Fruits*, o manejo de limpeza e prevenção de entupimentos dos emissores, já era feito com o uso do produto comercial TECNOFOS 40A®, a base de ácido fosfórico como especificado na Tabela 3N e Figura 11N dos Anexos. O tempo de avanço foi de 7 minutos nas subunidades de irrigação utilizados no ensaio, e injetou-se um volume de 500 L de água no sistema de irrigação (FAZENDA CAPPELLARO FRUITS, 2022).

No ensaio em descrição, contudo foi usado o produto HYDRODIS® da RIGRANTEC, mas detalhes do produto podem ser encontrados na Figura 12N dos Anexos. A dose comercial indicada para o produto em sistemas pouco incrustados é de 0,10 mL L⁻¹ e de 0,20 mL L⁻¹ (adotado nesta pesquisa) para sistema muito incrustados (RIGRANTEC, 2022). Informações do produto encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Características físico-químicas do produto HYDRODIS®.

Categoria	Fertilizante nitrogenado e inibidor
Empresa	RIGRANTEC
Aspecto	Líquido límpido, âmbar-amarelo
Densidade	120 g/cm ³
Dosagem (fabricante)	100 ou 200 mL por 1.000 L de calda, ou por ha, para sistema novo ou pouco incrustado e para sistema usados ou muito incrustado, respectivamente.
Frequência (fabricante)	Após toda fertirrigação e/ou recuperação de sistema incrustados
Composição	Fonte de nitrogênio mineral e matéria orgânica
Registro do produto no MAPA ¹	RS – 11819 10078 - 7

Fonte: RIGRANTEC, 2022.

MAPA¹: Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

As avaliações foram efetuadas em duas etapas, inicialmente antes da aplicação do produto nas 3 subunidades, e a segunda após a realização do processo de desobstrução com o uso do HYDRODIS na solução desobstruente injetada via fertirrigação em cada tratamento (subunidade), aplicadas após as irrigações. O produto permaneceu no interior das tubulações por 12 h (período de repouso para reação do produto). Após este período, foi efetuada a lavagem das tubulações através da abertura de registros instalados nos finais de cada linha. Após 15 dias da aplicação

do HYDRODIS e sucessivas irrigações, realizou-se a 2ª leitura de vazões nos gotejadores, e pressão nas linhas laterais.

A água disponível para irrigação não foi analisada, porém, para o período de avaliação deste trabalho (março a abril de 2022), foi considerado a análise de água disponibilizada pelo próprio DINC (Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho), que é o órgão responsável por ofertar água no núcleo 8. Na análise de água aponta que a água pelo período mais próximo de execução do trabalho apresenta risco leve para o Ferro (Fe) e de moderado para pH (NAKAYAMA, 1982). As informações dos parâmetros físico-químicas da água oriunda do núcleo 8, encontrasse na Tabela 5, e o laudo com a análise feita pelo DINC está disposto na Figura 14N dos Anexos.

Tabela 5: Paramentos físico-químicas da água de irrigação para o mês fevereiro de 2021, ponto de coleta núcleo N8. A classificação de água quanto a salinidade e sodicidade, baseou-se pela proposta feita por Richards (1954).

Parâmetro	Unidade	Valor ou classificação
pH		7,20
CE – 25°C	dS m ⁻¹	0,10
Dureza Total - CaCO ₃	mg L ⁻¹	3,40
Relação Adsorção Sódio (RAS)	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	0,12
Sódio (Na ⁺)	mmol L ⁻¹	0,11
Magnésio (Mg ²⁺)	mmol L ⁻¹	0,32
Cálcio (Ca ²⁺)	mmol L ⁻¹	0,36
Potássio (K ⁺)	mmol L ⁻¹	0,05
Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	mmol L ⁻¹	0,00
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	mmol L ⁻¹	0,60
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mmol L ⁻¹	0,08
Cloretos (Cl)	mmol L ⁻¹	0,20
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	0,01
Ferro (Fe)	mg L ⁻¹	0,01
Manganês (Mn)	mg L ⁻¹	0,01
Zinco (Zn)	mg L ⁻¹	0,01
SOMA (Cátions)	mmol L ⁻¹	0,83
SOMA (Ânions)	mmol L ⁻¹	0,88
Classificação Dureza	-	Branda
Classificação da água	-	C1S1

FONTE: DINC (2022).

4.3 FORMA DE COLETA E DADOS ANALISADOS

Os dados indicativos do efeito dos tratamentos foram:

 Vazão dos emissores (q):

- Foram realizados testes gravimétricos com 2 repetições a partir da coleta de água em tempos predefinidos de 60 segundos;

- Coletaram-se 32 vazões distribuídas em cada subunidade de irrigação. Os pontos amostrados foram os emissores finais das linhas laterais localizadas em quatro linhas laterais, simetricamente espaçadas, das linhas de derivação (Figura 2). Como se tratava de fileira dupla, as médias dos dois gotejadores compuseram o valor da vazão do emissor para o ponto em questão. Nos pontos A e D, além das vazões, foram aferidas as pressões manométricas, com uso de um manômetro analógico adaptado.
- Os volumes de água foram coletados em copos descartáveis de 200 mL, e mensurados a partir do método gravimétrico, usando-se uma balança digital semianalítica, com precisão de 1,00 g (Figura 3A e 3B). Para o teste considerou-se densidade da água igual a 1,00 g cm³.

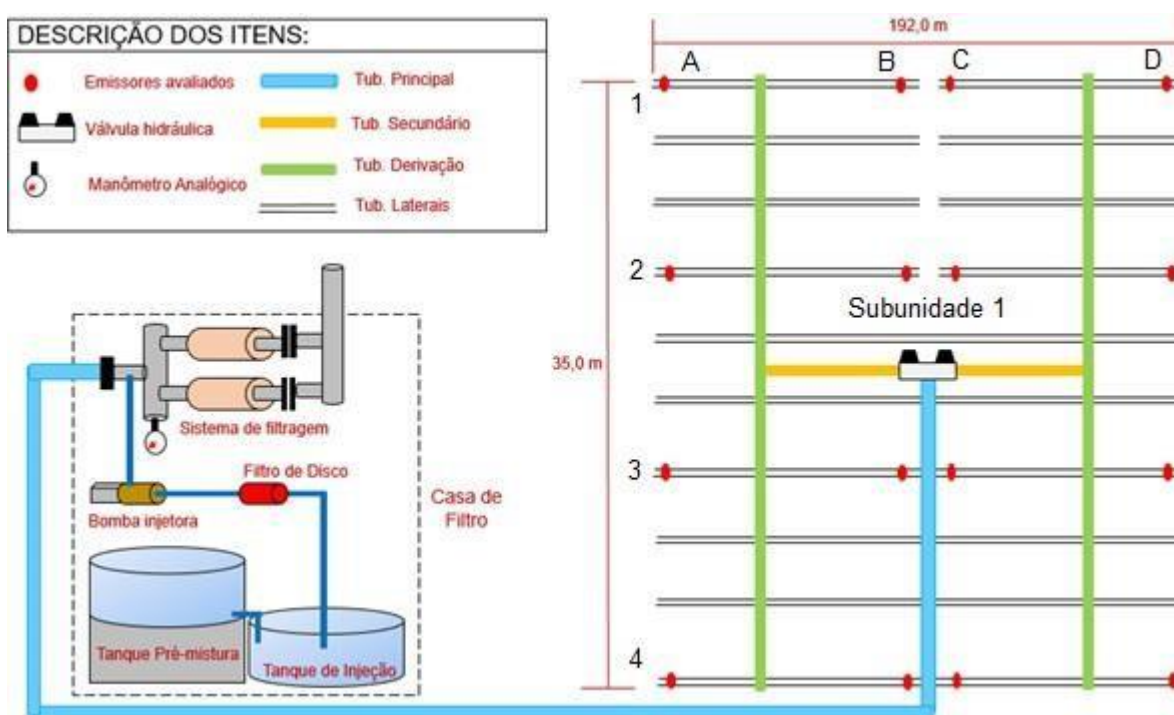


Figura 2. Diagrama simplificado da disposição da área experimental por subunidade. Nota: No lado direito da figura encontram-se ilustradas as linhas laterais (números 1 a 4) e os emissores (letras A a D) avaliados.



Figura 3: A) Coleta de água dos emissores simultâneos na área experimental, por subunidade. B) Pesagem do volume de água coletada.

Após a coleta, os dados foram tabulados para se efetuar os cálculos da vazão, usando-se a equação 1.

$$q = \frac{m}{(d \times t)} \times 60 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

q – Vazão média, L h⁻¹;

m – Massa da água coletada do emissor, g;

t – Tempo de coleta, min;

d – Densidade da água, g cm⁻³.

✚ Determinação da pressão nas linhas laterais:

- Foram realizadas medições de pressão nos finais das linhas laterais, antes e após a aplicação do HYDRODIS.
- As coletas ocorreram nos finais das linhas laterais amostradas no teste de vazão. Utilizou-se um manômetro analógico, da marca AZUD, com graduação de 0 a 6 Bar (Figuras 4A e 4B). Também foi verificado a pressão na saída do sistema de filtragem, no momento em que cada setor estava sendo avaliado.



Figura 4: A) Medição de pressão na casa de filtro. B) Medição de pressão nos finais de linhas laterais.

✚ Determinação do grau de entupimento nos emissores avaliados, na situação antes e após a aplicação do HYDRODIS.

- Grau de Entupimento (GE), foi determinado comparando-se as vazões teóricas e observadas como proposto por Suszek et al. (2019), usando-se a equação 2.

$$GE = \left[1 - \frac{q}{Q} \right] \cdot 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

GE – Grau de entupimento, %;

q – Vazão observada do emissor, L h⁻¹;

Q – Vazão teórica do emissor, L h⁻¹.

Para o emissor testado neste trabalho a vazão teórica foi obtida aplicando-se a seguinte equação característica: $Q \text{ [L h}^{-1}\text{]} = 2,3199 \times P \text{ [Bar]}^{0,4781}$. Equação esta obtida dos dados da Tabela 4A do anexo. Os valores de pressão obtidos foram somente dos finais de linhas laterais.

✚ Determinação de coeficientes que expressam uniformidade de aplicação de água pelos emissores.

- Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), como proposta por Christiansen (1942), aplicando os dados na equação 3.

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - \bar{X}|}{N \times \bar{X}}\right) \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %;

X_i – Vazão de cada emissor, $L h^{-1}$;

$\bar{X}$ – Vazão média dos emissores, $L h^{-1}$; e

N – Número de emissores observados.

- Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), como proposta por Merrian e Keller (1978), usando-se a equação 4.

$$CUD = 100 \cdot \frac{\bar{x}}{\bar{X}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, %;

$\bar{x}$ – Média dos 25% menores valores de vazão observados, $L h^{-1}$;

$\bar{X}$ – Vazão média dos emissores, $L h^{-1}$.

- Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), como proposta por Bernardo e Mantovani (2009), equação 5:

$$CUE = \left(1 - \frac{Sd}{\bar{X}}\right) \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que:

CUE – Coeficiente de Uniformidade Estatístico, em %;

Sd – Desvio-padrão dos valores de precipitação, em $L h^{-1}$;

$\bar{X}$ – Vazão média dos emissores, $L h^{-1}$.

✚ Determinação da eficiência do sistema de irrigação, na situação antes e após a aplicação do HYDRODIS.

- Eficiência (Ef), foi determinado pelo produto do CUD por 0,90, como proposto por Vermeiren e Jobling (1997), usando-se a equação 6:

$$Ef = [CUD \cdot 0,90] \quad (Eq. 6)$$

Em que:

Ef – Eficiência do sistema de irrigação, decimal;

CUD – Uniformidade de Distribuição, decimal;

Os critérios usados para classificação do sistema de irrigação segundo os coeficientes CUC, CUD e CUE basearam-se na proposta de Santos et al. (2015), conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 6: Valores de referência de valores do CUC, CUD e CUE.

Classificação	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
Excelente	>90	>84	90 – 100
Bom	80 – 90	68 – 84	80 – 90
Razoável	70 – 80	52 – 68	70 – 80
Ruim	60 -70	36 – 52	60 – 70
Inaceitável	<60	<36	<60

Fonte: BRALTS & KESNER (1986); FAVETTA & BOTREL (2001); BERNARDO & MANTOVANI (2009). Em que: CUC – Coeficiente de Christiansen; CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição e CUE – Coeficiente de Uniformidade Estatístico.

4.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL

A viabilidade econômica foi obtida da diferença entre os custos envolvidos com aquisição e aplicação do produto e das cifras evitadas com bombeamentos, consumo de água e de energia elétrica. Com resultados expressos em unidades monetárias e percentuais. Nas estimativas foram adotados os seguintes valores, para o período do ensaio (março e abril de 2022):

- Custo médio do produto HYDRODIS® R\$ 137,50 por litro (equivalente a US\$ 29,07);

- Diária do irrigante R\$ 60,00 (US\$ 12,68) – aplicação do produto;
- kWh para o grupo tarifário B2 (ou rural irrigante) R\$ 0,69 (US\$ 0,15);
- Custos com disponibilização e consumo de água no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, R\$ 56,37 (US\$ 11,98) para 1.000 m³ de água consumida (custo variável) e R\$ 116,37 (US\$ 24,60) por hectare irrigado (custo fixo) (DINC, 2022).
- Lâmina líquida de irrigação de 700 mm por ciclo, pois, segundo Sousa et al. (2019), a uva de mesa no dipolo Petrolina/Juazeiro apresenta demanda evapotranspirométrica média de, aproximadamente, 696,50 mm por ciclo, com variações que vão de 544 a 902 mm, a depender da data da poda.

Para um hectare, irrigado com a cultura da uva de mesa, estimou-se demanda de 0,10 a 0,20 L (pouco ou muito incrustado) de HYDRODIS, consumo líquido de 7.000 m³ de água por ciclo, 7,36 kWh dia (para potência instalada de 2,50 cv com funcionamento de 4 horas dia⁻¹ – a potência foi obtida para lâmina média de 5 mm, altura manométrica de 30 mca e eficiência do conjunto motobomba de 60%).

O consumo bruto de água foi obtido da razão entre o consumo líquido pela eficiência do sistema de irrigação (eficiência obtida a partir da Equação 6).

A viabilidade ambiental foi definida pela diferença dos consumos de água e energia elétrica praticados antes e após aplicação do produto HYDRODIS. Os resultados dessa análise foram expressos em m³ e kWh evitados.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados de vazão unitária dos emissores foram submetidos a normalidade de resíduos pelo método de Shapiro-Wilk e teste de homocedasticidade de Bartlett. No caso de significância estatística as médias foram classificadas segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade, a partir do programa computacional R versão 4.1.3 (R, 1991), associado ao pacote estatístico ExpDes.pt (FERREIRA, CAVALCANTI, NOGUEIRA, 2020).

Para os cálculos de q, GE, CUC, CUE, CUD e geração de gráficos foi utilizado EXCEL® da Microsoft.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vazões dos emissores variaram de 2,16 a 3,54 L h⁻¹ quando foram avaliados antes da aplicação do produto HYDRODIS, notando-se, após a aplicação, vazões entre 2,96 e 4,01 L h⁻¹, observando-se uma variação 24% menor após a aplicação, com incrementos de vazão de até 48%, Tabela 7. O resumo das vazões de forma gráfica encontra-se na Figura 2A do apêndice.

Tabela 7: Vazão média de emissores (L h⁻¹) nas subunidades de irrigação (Sub) analisadas antes e após aplicação do produto HYDRODIS.

Posição das lin. laterais	Posição dos emissores na linha lateral											
	Ponto A			Ponto B			Ponto C			Ponto D		
	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 1	Sub 2	Sub 3
Antes da aplicação do HYDRODIS												
1	2,99	2,16	2,93	3,05	2,69	2,78	2,82	2,49	2,61	2,52	2,75	2,70
2	3,21	2,84	2,96	3,36	3,17	3,39	3,02	2,76	2,73	2,84	3,05	2,81
3	3,09	2,57	2,81	3,03	2,96	3,54	2,91	2,39	2,82	2,96	2,91	2,94
4	3,18	2,93	2,97	3,09	2,87	2,64	2,70	2,49	2,69	2,34	2,94	2,93
Média	3,12	2,62	2,91	3,13	2,92	3,09	2,86	2,53	2,71	2,66	2,91	2,84
Depois da aplicação do HYDRODIS												
1	3,42	3,69	3,48	3,29	3,45	3,45	3,81	3,71	3,21	4,01	3,68	3,32
2	3,53	3,45	3,60	3,81	3,39	3,65	3,47	3,66	3,30	3,50	3,80	3,59
3	3,74	3,60	3,75	3,96	3,78	3,48	3,38	3,95	3,20	3,89	3,57	3,69
4	2,96	3,35	3,56	3,66	3,62	3,87	3,12	3,68	3,39	3,51	3,92	3,47
Média	3,41	3,52	3,60	3,68	3,56	3,61	3,44	3,75	3,27	3,72	3,74	3,51
Incremento médio nas vazões dos emissores após aplicação do HYDRODIS												
(L h ⁻¹)	0,29	0,90	0,68	0,55	0,64	0,53	0,58	1,22	0,56	1,06	0,83	0,67
(%)	9,39	34,3	23,4	17,5	21,9	17,0	20,3	48,0	20,8	39,9	28,5	23,6
Classificação de médias pelo teste de Tukey a 5% de Probabilidade												
	Sub 1			Sub 2			Sub 3					
Antes	2,94 b			2,75 b			2,89 b					
Após	3,56 a			3,64 a			3,50 a					

Nota: Os emissores (1 a 4) e os pontos (A a D) estão organizados conforme Figura 1 do item anterior. As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O incremento de vazão média, como efeito positivo do produto HYDRODIS, pode ser explicado pela ação de deslocamento de crostas residuais de fertilizantes incrustadas no labirinto cascade que reduzem a passagem de água (CARVALHO et al., 2015). Dentre as causas que geraram este comportamento pós aplicação do produto HYDRODIS, está o grau de entupimento (GE), uma vez que antes da

aplicação, os valores de GE variaram de 9,87 a 23,81%, enquanto que, após aplicação do produto HYDRODIS, a variação foi de 5,82 a -9,48% (Figura 5).

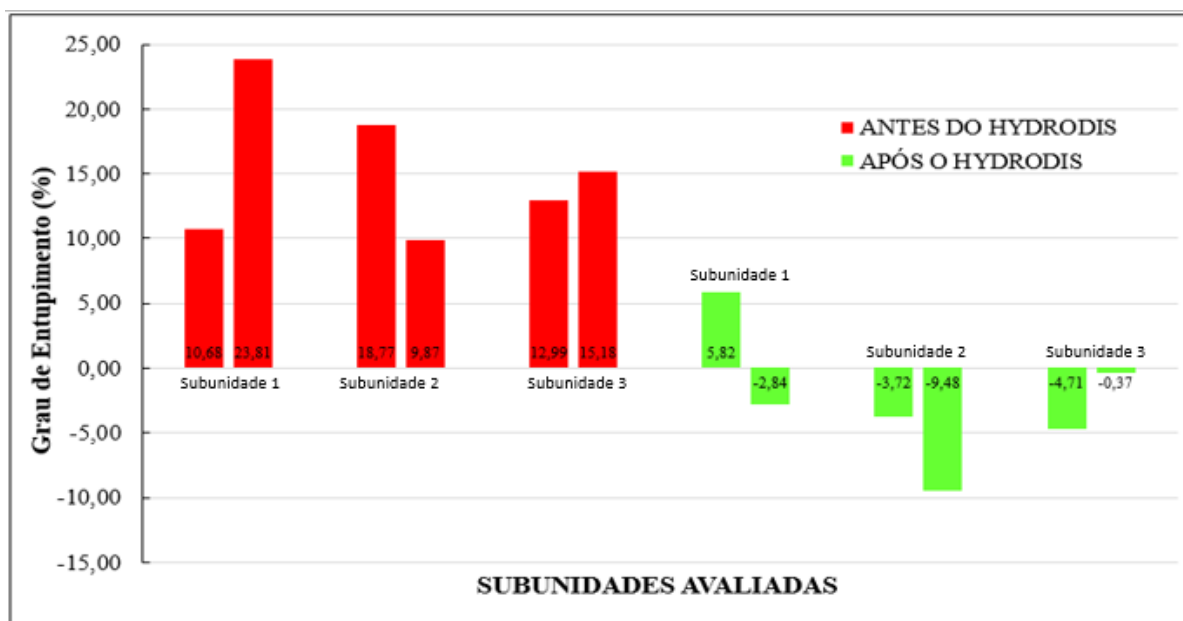


Figura 5. Grau de entupimento dos emissores localizados nos finais de mangueiras (linhas laterais) antes e após aplicação do HYDRODIS.

Os valores de grau de entupimento negativos encontrados após o uso do produto HYDRODIS, ocorreram quando a vazão observada superou a vazão teórica do emissor, esse comportamento pode estar associado ao desgaste do bocal do emissor por danos provocados por ação de partículas sólidas contidas na água de irrigação, como areia, assim como o uso constante de ácidos fortes, que podem potencializar o desgaste e por último desgaste na manutenção periódica do sistema, devido impactos mecânicos do irrigante. As comparações por interpolação das vazões observadas e teóricas podem ser apreciadas nas Figuras 3A, 4A, 5A nos apêndices.

Outro fato que poderia explicar o aumento das vazões dos emissores seria o aumento de pressão nas tubulações laterais no momento das avaliações (Tabela 8). Porém, a variação de pressão observada não justifica o aumento de vazão dos emissores, pois, o aumento da vazão teórica nos emissores não excede $0,22 \text{ L h}^{-1}$ quando as pressões se elevam em 0,30 bar (aproximadamente 3,00 mca) a partir de 2,00 bar de pressão no emissor, ou seja, os incrementos de vazão gerados pelo aumento de pressão só gerariam no máximo $0,22 \text{ L h}^{-1}$ de vazão, enquanto observou-se aumentos de até $1,22 \text{ L h}^{-1}$ (Tabela 5), ou seja, se a pressão for aumentada de 2,00 e 2,30 bar, as vazões dos emissores, conforme curva do emissor, vai variar de 3,31

para $3,45 \text{ L h}^{-1}$, esta argumentação foi feita considerando os valores de vazões e pressões registrados nas subunidades, e que podem ser consultados nas Figuras 14A, 15A, 16A, 17A, 18A e 19A dos apêndices.

Tabela 8: Registros das pressões observadas (em Bar) nos finais das linhas laterais nas subunidades de irrigação (Sub) investigadas antes e após aplicação do produto HYDRODRIS.

Pontos amostrados (números correspondem as linhas laterais e letras aos emissores)											
	A1	A2	A3	A4	D1	D2	D3	D4	Mínimo	Máximo	Δ (bar)
Antes da aplicação do produto HYDRODRIS											
Sub 1	2,25	2,35	2,40	2,45	2,25	2,35	2,40	2,45	2,25	2,45	0,25
Sub 2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00
Sub 3	2,10	2,10	2,15	2,30	2,10	2,10	2,15	2,30	2,10	2,30	0,20
Após aplicação do produto HYDRODRIS											
Sub 1	2,50	2,40	2,60	2,70	2,40	2,50	2,60	2,70	2,40	2,70	0,30
Sub 2	2,20	2,10	2,20	2,40	2,20	2,20	2,20	2,40	2,10	2,40	0,30
Sub 3	2,20	2,20	2,30	2,40	2,20	2,30	2,40	2,60	2,20	2,60	0,40

Nota: Δ - representa amplitude de variação.

O desnível predominante na área experimental contribuiu de forma positiva na variação de pressão na linha lateral, pois, conforme pode ser observado na Figura 6, havia desnível de até aproximadamente 2,00 m (0,20 Bar) no sentido das linhas laterais, resultando em um desnível de 1,04% no sentido das linhas laterais.

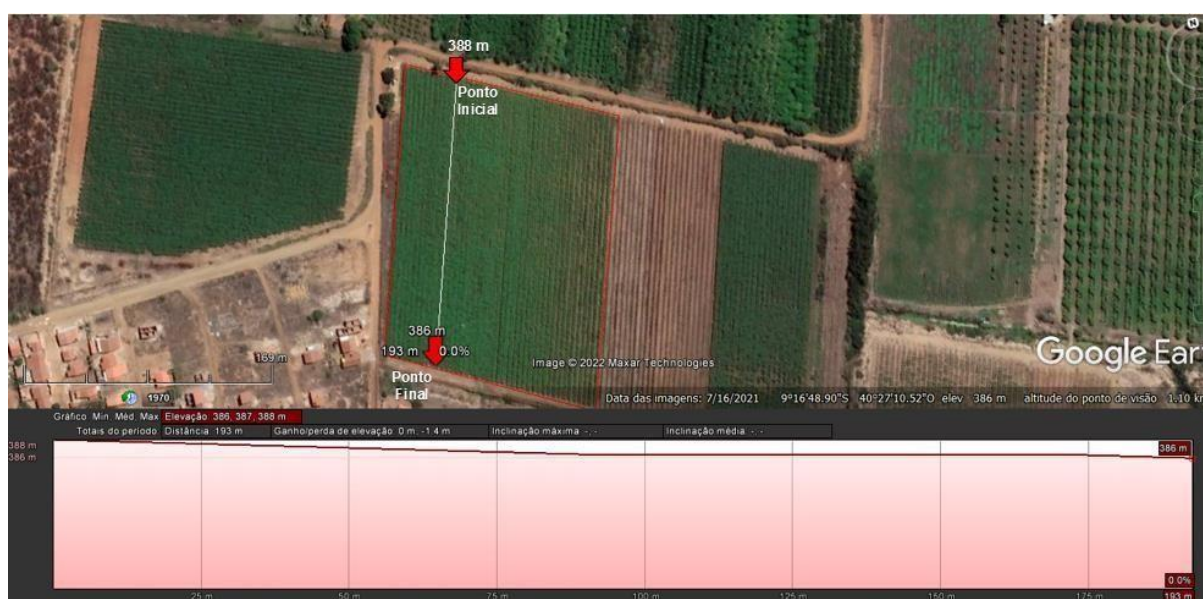


Figura 6. Desnível máximo nas subunidades de irrigação do ensaio. Imagem obtida do Google Earth (2021), Petrolina/PE.

Para os valores de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), não houve diferenças significativas, estatisticamente, entre os tratamentos, como pode ser verificado na Tabela 9, tanto antes quanto após a aplicação do produto de limpeza. Os coeficientes de uniformidade encontrados de todos as subunidades foram categorizados como excelentes para sistemas localizados. O mesmo se aplica para os demais coeficientes.

Tabela 9: Valores e classificação dos para os diferentes tipos de coeficientes de uniformidade para sistema de irrigação.

Subunidade	CUC (%)	CLASSIFICAÇÃO	CUC (%)	CLASSIFICAÇÃO
	Antes		Depois	
1	93,49	Excelente	93,26	Excelente
2	92,28	Excelente	96,33	Excelente
3	93,83	Excelente	95,70	Excelente
Média	93,20	Excelente	95,10	Excelente
Subunidade	CUD (%)	CLASSIFICAÇÃO	CUD (%)	CLASSIFICAÇÃO
	Antes		Depois	
1	88,18	Excelente	89,34	Excelente
2	86,75	Excelente	93,61	Excelente
3	92,05	Excelente	93,03	Excelente
Média	88,99	Excelente	92,00	Excelente
Subunidade	CUE (%)	CLASSIFICAÇÃO	CUE (%)	CLASSIFICAÇÃO
	Antes		Depois	
1	91,23	Excelente	91,63	Excelente
2	90,28	Excelente	95,24	Excelente
3	91,22	Excelente	94,55	Excelente
Média	90,91	Excelente	93,81	Excelente

Em que: CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, CUD - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição e CUE - Coeficiente de Uniformidade Estatístico.

Como pode ser observado na Tabela 9 os valores de CUC, CUD e CUE ficaram muito próximos, independentes dos tratamentos. Contudo, pôde-se notar que mesmo com pequena melhoria nos coeficientes de uniformidade do sistema de irrigação, o produto HYDRODIS elevou consideravelmente a vazão dos emissores (Tabela 7) e isso representa uma redução no tempo de irrigação na área.

Com relação ao manejo anteriormente realizado na fazenda, quando se compara a aplicação periódica de ácido fosfórico com a, aplicação do produto HYDRODIS, pode-se inferir que o emprego indiscriminado de ácidos pode gerar desequilíbrio nutricional do solo por rebaixamento do pH do solo. Já para o

HYDRODIS, segundo a fabricante, não há tendência de variação de pH do solo, pois o produto não tem base ácida na sua constituição.

Neste sentido, nota-se inúmeros trabalhos científicos sobre a utilização do método químico para prevenção e limpeza de sistema de irrigação localizado, por emprego de ácidos nítricos, clorídricos, ácido fosfóricos, acéticos, peracéticos e peróxido de hidrogênio (JAMES, 1988; NAKAYAMA & BUCKS, 1986), ou de soluções cloradas (BUSATO et al., 2012), contudo, há poucos relatos dos efeitos destes produtos no solo. Quando se sabe os danos causados pelo excesso do cloro e pela redução severa do pH do solo.

A melhoria obtida das vazões médias dos emissores e o aumento de uniformidade, podem ser explicadas pela composição química do produto HYDRODIS, que possui matéria orgânica, fracionados possivelmente em ácidos fúlvicos e húmicos, inserida na sua formulação. Os efeitos dos ácidos húmicos e/ou fúlvicos nas propriedades física e químicas da água e do solo são bem conhecidos na literatura científica, com estas substâncias desempenhando a função de quelantes, ou seja, conseguem complexar íons, em especial íons metálicos de forma eletrostática, devido a sua estrutura ligante encontrados nos SHs (ácidos húmicos e fulvicos), que, após a ligação, podem promover a precipitação do complexado formado, esse efeito foi proposto por Beth e Van Vleck, conhecido de teoria do campo cristalino.

O fator determinante na atuação mais efetiva dos SHs é o pH baixo, já que influencia nas interações entre os ácidos orgânicos, os íons metálicos e os materiais de natureza eletroquímica, ao solubilizar os mesmos, e isso vem ao encontro do princípio da composição do HYDRODIS, que por ser a base de fonte nitrogenada, pode ser constituído de um ácido forte, como o ácido nítrico (concentração de 54%), todavia esta informação não está clara na bula do fabricante do produto. O que pode ser uma contradição quanto ao efeito neutro do produto na variação do pH do solo. Esta avaliação, porém, não foi realizada na pesquisa em questão.

De modo geral, o produto HYDRODIS atuou em duas etapas durante a limpeza do sistema de irrigação, numa primeira fase o produto acidificou a água contida nas tubulações e reagiu com as incrustações de natureza física, química e biológica das paredes das tubulações e, especialmente, do labirinto do emissor, fato este corroborado pelo elevado grau de incrustação do mesmo, deslocando, assim, os materiais incrustados nas paredes dos tubos e dos emissores, a segunda fase pode ter sido promovida pelos ácidos orgânicos do produto (em especial o ácido fúlvico)

que possui uma capacidade de troca catiônica elevada, superior a $1.400 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, que devido apresentar uma elevada polaridade e baixo peso molecular, pode ter desempenhado papel de complexar os metais polivalentes, formando complexos estáveis com o Ferro (Fe), Cobre (Cu), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) por exemplo, além de ter sido responsável por combinar-se com argilas e compostos de natureza orgânica, liberados na acidificação da água, e aprisionando estas matérias pelo efeito quelatizador dos ácidos orgânicos, originando precipitados que foram eliminados nas irrigações subsequentes (NAKAYAMA & BUCKS 1989).

Houve uma melhoria no fluxo de água no interior das tubulações e especialmente, nos labirintos dos emissores, havendo um aumento de 24,82% das vazões médias dos emissores (Tabela 7), este valor aproximar-se muito do ganho de fluxo de água prometido pelo fabricante do produto, que seria de 30%.

Ao analisar o custo/benefício do uso do produto HYDRODIS para a área de 1,00 hectare de cultivo de uva de mesa irrigada no cenário de Petrolina/PE, adotando-se os valores de vazões de emissores e eficiência do sistema de irrigação obtidos neste trabalho, constatou-se que apenas uma aplicação do produto HYDRODIS, com custo por aplicação de R\$ 27,50 (1/5 do valor de um litro do produto), aumentou a eficiência de uniformidade do sistema em 3 pontos percentuais para o CUD (Tabela 9) e em $0,71 \text{ L h}^{-1}$ na vazão média dos emissores (Tabela 7). Neste contexto, durante o intervalo de um mês de operação do sistema de irrigação, poder-se-á ter uma economia de R\$ 10,97 para a taxa de água cobrada, que, ao ser multiplicada por 12 meses, totalizaria uma economia anual de 131,64 reais, valor este praticamente equivalente ao custo valor total do litro do produto, que atualmente encontrasse na ordem de 137,50 reais. Na Tabela 10 encontram-se toda a análise do custo/benefício do uso do produto HYDRODIS.

O uso de produtos com a finalidade de limpeza do sistema de irrigação é feito, normalmente, em intervalos específicos durante o ciclo produtivo da videira, que notadamente na fase fenológica de repouso, que dura entre 30 e 45 dias para as condições de Petrolina/PE, havendo, assim, no mínimo três aplicações e no máximo seis aplicações ao ano, fato este que embasa a sustentabilidade técnica e financeira para o uso do produto HYDRODIS.

Todavia o resultado mais significativo foi na economia de energia elétrica consumida em kWh durante um mês, para um hectare de uva de mesa irrigada, havendo uma economia média de R\$ 77,70 por mês, valor este que já amortiza o

custo por aplicação do produto HYDRODIS que foi de R\$ 27,50, considerando a maior dose aplicada de 200 mL ha⁻¹. E se extrapolado a economia de energia elétrica no bombeamento durante um ano, o valor chegar a R\$ 932,40 por hectare.

Tabela 10: Simulação para 1,00 hectare de uva de mesa irrigada em Petrolina/PE, referentes aos custos com e sem o produto HYDRODIS em termos consumo de água, energia elétrica e tempo de funcionamento do sistema de irrigação.

Para tempo de funcionamento do sistema de irrigação								
Situação	ET ¹ médio (mm dia ⁻¹)	Kc ² médio adm	Ef ³ médio (%)	LLI ⁴ médio (mm d ⁻¹)	LLB ⁵ médio (mm d ⁻¹)	n ⁶ Emissor (L h ⁻¹)	O ⁷ Sub. (m ³ h ⁻¹)	Tempo ⁸ Funci. (h d ⁻¹)
Sem	7,00	0,84	0,80	5,88	7,35	2,86	32,67	2,25
Com	7,00	0,84	0,83	5,88	7,08	3,57	40,78	1,74
Para demanda hídrica energética								
	Demanda Hídrica	Demanda Hídrica	Demanda Energia					
Sem	73,50	2.205,00	496,80					
Com	70,80	2.124,00	384,19					
Para custos com consumo de água, energia elétrica e com o produto HYDRODIS								
	Custo mensal da água ¹¹		Custo mensal da energia ¹²		Custo do produto (L) ¹³		Custo por Aplicação ¹⁴	
Sem	381,47 R\$	79,38 US\$	342,79 R\$	74,52 US\$	--- R\$	--- US\$	--- R\$	--- US\$ ¹³
Com	367,45 R\$	76,46 US\$	265,09 R\$	57,63 US\$	137,50 R\$	28,99 US\$	27,50 R\$	5,80 US\$
Diferença	14,02 R\$	2,92 US\$	- 77,70 R\$	16,89 US\$	137,50 R\$	28,99 US\$	27,50 R\$	5,80 US\$

(1) Evapotranspiração de referência média oriunda da normal climatológica de 1991 a 2020 (SOUSA et al., 2019).

(2) Coeficiente de cultura para a uva de mesa irrigada (SOARES & COSTA, 2000).

(3) Eficiência de uniformidade média para cada subunidade avaliada (FONTE: do Autor).

(4) Lâmina líquida média calculada (FONTE: do Autor).

(5) Lâmina bruta média calculada (FONTE: do Autor).

(6) Vazão média dos emissores de acordo com cada situação (FONTE: do Autor).

(7) Vazão média por subunidade avaliada para cada situação (FONTE: do Autor).

(8) Tempo de funcionamento necessário do sistema de irrigação para cada situação (Fonte: o Autor).

(9) Tarifa cobrada por m³ de água consumida para irrigação pelo DINC (FONTE: DINC, 2022).

(10) Tarifa cobrada por kWh de energia consumida no grupo B2 para irrigantes, disposto no Anexo 14 (Fonte: Neoenergia, 2022).

(11) Custo mensal cobrado e calculado por consumo de água por m³ no DINC (FONTE: o Autor).

(12) Custo mensal cobrado e calculado por consumo de energia (kWh) por hora no DINC (Fonte: o Autor).

(13) Custo do produto HYDRODIS® referente na data de 06/04/2022.

(14) Custo da dose de 200 mL ha⁻¹ para sistemas velhos ou muito incrustados (RIGRANTEC, 2022).

(15) Valor do dólar igual a 4,7416 R\$/US\$ referente ao dia 07/04/2022 (Banco Central do Brasil).

Comparado o custo de aplicação do HYDRODIS, com o trabalho feito por Vieira et al. (2004), que avaliaram a utilização de ácidos fortes e o RECICLEAN, na recuperação de gotejadores obstruídos, obtiveram aumento de 26,64% de CUC e um custo por aplicação de 33,61 reais, para valores atualizados, custo este maior em relação aos encontrados neste trabalho.

Outro ganho promovido pelo uso do produto HYDRODIS, foi a melhoria de uniformidade na distribuição de água no sistema de irrigação, que refletiu em uma economia de água aplicada por hectare, de $81,00 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$ em média, dado a importância do aspecto ambiental, essa redução pode representar um decréscimo de $5,18 \text{ kg ha}^{-1}$ de sais solúveis durante o mês e de $62,21 \text{ kg}$ ao ano, considerando a condutividade elétrica da água de $0,10 \text{ dS m}^{-1}$, para o cálculo de sais na água de irrigação utilizou-se a equação proposta por Cordeiro (2001), e as informações da condutividade elétrica foi extraída da Figura 14N dos Anexos. Quando extrapolado para um período de 10 anos de cultivo da videira, evitaria o incremento de, aproximadamente, 622 kg de sais por hectare, impacto ambiental relevante em virtude dos solos do semiárido brasileiro terem uma predisposição a salinização pelas suas características físicas e químicas (CORDEIRO, 2001; MARQUES et al., 2014).

Ainda no aspecto de sustentabilidade ambiental o volume de água economizado de $81,00 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$ poderia garantir o abastecimento de água para 18 pessoas (considerando consumo diário de $150 \text{ L habitante}^{-1}$).

6 CONCLUSÕES

O uso do HYDRODIS aumenta a vazão unitária dos emissores, e promove melhorias nos coeficientes de uniformidade e distribuição de água pelos emissores;

O emprego do produto HYDRODIS reduz o tempo médio de funcionamento do sistema em 20% e para as lâminas brutas de irrigação em 3%.

7 REFERÊNCIAS

AGROQUIM. **AGROQUIM POWERING A NEW AGRICULTURE**. Disponível em: <<https://agroquim.com.br/quem-somos/>> Acesso em: 18 Jan. 2022.

ALMEIDA, O. A. de. **Entupimento de emissores localizada**. Embrapa mandioca e fruticultura, Cruz das Almas/BA, 2009, ISSN 1809-49996; 182). 2009, 11 e 51p.

ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 228-240, 2012. <http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.987>.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

AUTOCAD. Computer Aided Draft and Design. **AutoDesk** Inc. Versão 2013. 2013.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, Paraíba, 1ª ed., 1991. 218p.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in Northeast Brazil. **Agricultural Water Management** **58**: 2003. 241-245p.

BCB. Banco Central do Brasil. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/?bc>. Acesso em 08 de Abr de 2022.

BASSO, L. H.; BRAGA, M. B.; CALGARO, M.; SIMÕES, W. L.; PINTO, J. M. **Cultivo da videira**. Sistemas de produção 1-2. ed. Versão eletrônica: Embrapa Semiárido. 2010.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV. 2006, 625p.

BORSSOI, A.L.; BOAS, M.A.V.; REISDÖRFER, M.; HERNÁNDEZ, R.H.; FOLLADOR, F.A.C. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, v.32, p.718-726, 2012. <https://DOI: 10.1590/S0100-69162012000400011>.

BRAUER, R. L; CRUZ, R. L; VILLAS BOAS, R. L.; PLETSCHE, T. A. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em gotejadores em função do teor de ferro. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 21-30, 2011.

BRALTS, V.F.; KESNER, C.D. **Drip irrigation field uniformity estimation**. Transactions of the ASAE, v.26, p.1369-1374, 1986.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; LEITE, W. de M. Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro. EMBRAPA SEMIÁRIDO. Petrolina, PE, p. 84-85, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142156/1/Brito.-Livro-agua-chuva.pdf>. Acesso em 19 Abr 2022.

BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; REIS, E. F.; BUSATO, C. Dicloroisocianurato na prevenção do entupimento devido ao uso de águas ferruginosas em sistemas de irrigação por gotejamento. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2012. <https://DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n1p49>.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, p. 355- 365, 1998.

CARVALHO, L. C.C.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M.B.; SOARES, F. A. L.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. TUBOS GOTEJADORES CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE FERRO VIA ÁGUA COM CARGA ORGÂNICA E SÓLIDOS SUSPENSOS. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.9, nº.2, p. 32 - 41, 2015.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkely: Universit of California, 1942.124p.

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação (Conceitos básicos e práticas)**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Semiárido, documentos 167, ISSN 1516-1633, Petrolina, PE, 2001, p. 26-30. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/151757/qualidade-de-agua-para-fins-de-irrigacao-conceitosbasicos-epraticos#:~:text=Resumo%3A%20Toda%20%C3%A1gua%20usada%20na,e20provavelmente%20da%20agricultura%20irrigada>. Acesso em 19 Abr 2022.

CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n. 4, p. 248 - 257, 2013.

DINC. **Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho**, Petrolina/PE. Disponível em: <https://www.dinc.org.br/servicos-prestados-2/analise-da-agua/>. Acesso em 04 de Abr de 2022.

DEUS, A. C. F.; COSTA, C. D. O.; FORATTO, L. C.; FERNANDES, D. M.; CARRIBEIRO, L. S. Alface americana fertirrigada com diferentes doses de acido fosforico e hidroxido de potassio. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 125-133, 2011.

DIAS, K. G. de L.; REIS, T. H. P.; NOGUEIRA, F. D.; LASMAR, M. J.; OLIVEIRA, C. H. C. de GUIMARÃES, P. T. G. Utilização de Biotech para prevenção do entupimento de gotejadores. **Revista Agroambiental** - Dezembro/2011. 2011.

FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientific Agrícola**. 2001, 58, 427-430.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Type Package, Title Pacote Experimental Designs (Portugues), Version 1.2.1. Date 2020-12-14, Maintainer Eric Batista Ferreira <eric.ferreiraunifal-mg.edu.br> Depends R (>= 4.0) License GPL (>= 2) NeedsCompilation no Repository CRAN Date/Publication 2021-01-06 15:40:06 UTC.

FIGUEIREDO, F. C. **Uso de ácido cítrico e complexo enzimático na prevenção de obstrução de vazão em simulação de fertirrigação** In: FERTBIO, Lages, 2004. Anais. Lages: UDESC/SBCS, 2004. (cdrom).

FOLEGATTI, M.V. **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 1999, 460p.

GILBERT, R.G.; NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Trickle irrigation: prevention of clogging. **Transactions of the ASAE**, v.22, n.03, p.514-519, 1979.

GILBERT, R.G.; FORD, H.W. Operational principles/emitter clogging. In: NAKAYAMA, F.S.; BULKS, D.A. Trickle irrigation for crop production . Amsterdam: Elsevier, 1986. cap.3. p.142-163.

GOMES, H. P. **Engenharia de Irrigação: Hidráulica dos Sistemas Pressurizados Aspersão e Gotejamento**. 3ª Edição. UFCG Campina Grande/PB, 422 p.

HART, W. E. **Overhead irrigation pattern parameters**. Transactions of the ASAE, Saint Joseph, 1961, 42, 7, 354-355.

HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient: a new view of statistics**. 2000. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. Acesso em: 01 abr. 2022.

HUE, N.V.; GRANDDOCK, G.R. and ADAMS, F. Effect of organic acids on aluminium toxicity in subsoils. **Soil Science Society American Journal**, 1986.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acesso em 04 de Abr de 2022.

JAYARAMA, SHNAKAR, B.N.; VIOLET, M.D.S. Citric acid as a potential phosphate solubiliser in coffee soils. **Indian Coffee**, p. 1315, 1998.

LIMA, J. O. G. de; LOPES, F. das C. da C.; LIMA, J. R. Hidroquímica do carbonato e bicarbonato: efeito na qualidade de águas subterrâneas em Crateús, Ceará, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, vol. 9 n. 3 Taubaté - Jul. / Sep 2014. p. 541, 2014. <https://doi:10.4136//ambi-agua.1405>.

LIU G.; MCAVOY G. (2018). How to Reduce Clogging Problems in Fertigation. HS1202. Horticultural Sciences Department, UF/IFAS Extension, Florida.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3 ed., atualizada e ampliada, Viçosa: Ed. UFV, 2009. 355p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV. 2002.

MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F. do; FILHO, J. C. de A.; SILVA, A. B. **SOLOS DO NORDESTE**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / EMBRAPA SOLOS. Recife, PE, 2014. p. 1-16. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste>. Acesso em 19 Abr 2022.

MARTINS, C. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; REIS, E. F. dos. Aplicação de cloro orgânico no tratamento de tubogotejador utilizado na irrigação com água ferruginosa. **Acta Scientiarum**. Agronomy Maringá, v. 32, n. 1, p. 1-5, 2010. <https://DOI:10.4025/actasciagron.v32i1.1589>.

MEDEIROS, P.R.F.; COELHO, R.D.; BARROS, A.C.; MELO, R.F. Dinâmica do entupimento de gotejadores em função da aplicação de carbonato de potássio. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.2, p.288- 297, 2008.

MELO, R. F.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. Entupimento de gotejadores convencionais por precipitados químicos de carbonato de cálcio e magnésio, com quatro índices de saturação de Langlier. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 525-539, 2008.

MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan; Utah State University, 1978, 271p.

MORAIS, E. R. C.; EGREJA FILHO, F. B.; MAIA, C. E. Método computacional para correção da alcalinidade de águas para fertirrigação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.23, p. 415-423, 1999.

MOURA, R. da S.; HERNANDEZ, F. B. T.; LEITE, M. A.; FRANCO, R. Qualidade da água para uso em irrigação na microbacia do Córrego do Cinturão Verde, município de Ilha Solteira/SP. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 1, p. 8-74, 2011.

NAANDANJAIN. **A JAIN IRRIGATION COMPANY**. Disponível em: <<https://naandanjain.com.br/>> Acesso em: 18 Jan. 2022.

NASCIMENTO, R. C.; MEDEIROS, P. R. F. DE; SANTOS, G. S.; TELES, E. C. P. V. DE A.; GONÇALVES, D. R.; MARTINS, A. P. F. DINÂMICA DA OBSTRUÇÃO DE EMISSORES USADOS NA CULTURA DA UVA UTILIZANDO ÁGUA SALINA DE POÇO SUBTERRÂNEO. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 3, 491 ISSN 1808-3765. julho - setembro, 2016, p. 491-502.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation of crop: production design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 383 p.

NETAFIM. **Drip irrigation system maintenance handbook**, 2014.

NEOENERGIA. Empresa do setor de energia elétrica Neoenergia Pernambuco. Disponível em: <https://servicos.neoenergiapernambuco.com.br/pages/index.aspx> Acesso em 11 Abr 2022.

NOVAES, R. F.;SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. UFV, Viçosa, 399p, 1999.

OLIVEIRA I. (2011). **Técnicas de Regadio**. 2ª edição. Ed. Isaurindo Oliveira, Beja, 830 pp.

PEREIRA L. S. **Necessidades de água e métodos de rega**. Ed. Europa-América, Lisboa, 2004. 312 p.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frequência**. 3.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513 p.

RAIN BIRD **Law volume irrigation system maintenance**: Manual 5/90. Califórnia, 1990. 48p.

RAVINA, I.; Paz, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SHISHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, New York, v.13, p.129-139. 1992.

RESENDE, R.S. **Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica e avaliação do desentupimento via cloração da água de irrigação**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP, 1999. 77p.

RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; PIEDADE, S. M. S. Eficiência da cloração da água de irrigação no tratamento de gotejadores com entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 382-389, 2000.

RESENDE, R.S.; CASARINI, E.; FOLEGATTI, M.V.; COELHO, R.D. Ocorrência de entupimento de origem biológica em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.5, p.156-160, 2001.

RIGRANTEC. Disponível em: <<https://www.rigrantec.com.br/produto/hydrodis-ferticlean-1302-fertilizante-com-acao-desincrustante-de-sistemas-tubulares/46>>
Acesso em: 06 Jan. 2022.

RIBEIRO, P. A. A.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. **Entupimento de tubos gotejadores convencionais com aplicacao de cloreto de potassio (branco e vermelho) via duas qualidades de água**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 279-287, 2010.

RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; COLETTI, C. Chemical treatment to unclogg dripper irrigation systems due to biological problems. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, n. 1, p. 1-9, 2008.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. S.; PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 295-301, 2005.

RICHARDS, L. A. (1954). **Diagnosis and improvement of saline and alkali solis**. Washington: United States Salinity Laboratory. (USDA: Agriculture Handbook, 60).

SALGUEIRO J.; PAULO A. **EFICÁCIA DE DIFERENTES PRODUTOS NO DESENTUPIMENTO DOS GOTEJADORES NUM SISTEMA DE REGA GOTA-A-GOTA**. Revista da UIIPS – Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém, Vol. VI, N. ° 3, ISSN: 2182-9608, 2018, pp. 3-13.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 60-68, 2013.

SANTOS, M. A. L. dos; SANTOS, D. P. dos; SILVA, D. S.; SILVA, M. dos S.; CAVALCANTE, P. H. S. Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em Inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam.). **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 13, n. 1, p. 7-13, 2015.

SILVA, A. de S. PORTO, E. R.; LIMA, L. T.; GOMES, P. C. F. **Cisternas Rurais: captação e conservação de água de chuva para consumo humano, dimensionamento, construção e manejo**. Petrolina, PE: EMBRAPACPATSA: SUDENE, 1984. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 12).

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. **Irrigação da cultura da videira**. In: LEÃO, P. C. S., SOARES, J. M. A viticultura no semi-árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-árido, 2000. 368p.

SOUSA, J. S. C. **Adaptações de modelos matemáticos para dimensionamento hidráulico em sistemas de irrigação pressurizada**. Campina Grande, UFCG, PB. 2012. 127p. (Tese de doutorado em Engenharia Agrícola).

SOUSA, J. S. C. DE; LEITE, F. DE P. N.; LOPES, B.; MIRANDA, I. S. DE; RODRIGUES, E. G. Demanda evapotranspirométrica da videira “Itália” para diferentes épocas de poda em Petrolina/PE. **Anais XXVI Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Fruticultura de precisão: desafios e oportunidades (26.: 30 de Setembro a 04 d Outubro de 2019; Juazeiro, BA / Petrolina PE). ISBN 978-65-81127-00-8. 2019. p2053-2056. Disponível em: www.fruticultura.org. Acesso em 11 Abr 2022.

SUSZEK, F. L.; BOAS, M. A. V.; SAMPAIO, S. C.; JUCHEN, C. R.; LIMA, V. L. A. de. DESOBSTRUÇÃO DE EMISSORES COM ÁCIDO FOSFÓRICO EM FERTIRRIGAÇÃO COM CLORETO DE POTÁSSIO VERMELHO. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR). v. 12, n. 1, p. 9-24, jan./mar. 2019 - e-ISSN 2176-9168. 2019. 15p. <https://DOI:10.17765/2176-9168.2019v12n1p9-24>.

TEIXEIRA, M.B.; COELHO, R.D.; CUNHA, F.N.; SILVA, N.F. DA. **Curva característica da vazão de gotejadores em diferentes temperaturas da água e**

ação do cloro ou ácido. Fortaleza, CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.8, nº. 3, p. 220 - 233, 2014.

TEIXEIRA, M. B. **Efeitos de dosagens extremas de cloro e pH na vazão de gotejadores autocompensantes (irrigação localizada).** 2006. 322 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil Fertility and Fertilizers.** New York: fourth edition, 1985, 754p.

VERMEIREN, G.A., JOBLING, G.A. **Irrigação localizada.** (Estudos FAO: irrigacao e drenagem, 36). Campina Grande: UFPB, 1997. 184p.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. F. da; RAMOS, M. M.; SILVA, M. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.1-6, 2004, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. 2004, p 5-6.

VILELA, L. A. A.; GUIMARÃES, M. J. L.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; COSTA, C. C.; SENNA, J. R.; JUNQUEIRA, J. **Aplicação do ácido cítrico em soluções para irrigação e/ou fertirrigação: prevenção de obstrução de gotejadores e/ ou remoção de obstruções.** In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, Aráguari, 2003. Anais. Aráguari: UFU, 2003. 226p.

WHIPKER, B. E.; BAILEY, D. A.; NELSON, P.V.; FONTENO W. C.; HAMMER P.A. A novel approach to calculate acid additions for alkalinity control in greenhouse – irrigation water. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.5-8, p.959-976, 1996.

ZACHARIAS, S.; HEATWOLE, C. D.; COAKLEY, C. W. **Robust quantitative techniques for validating pesticide transport models.** *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 39, n. 1, p. 47-54, 1996.

8 APÊNDICE

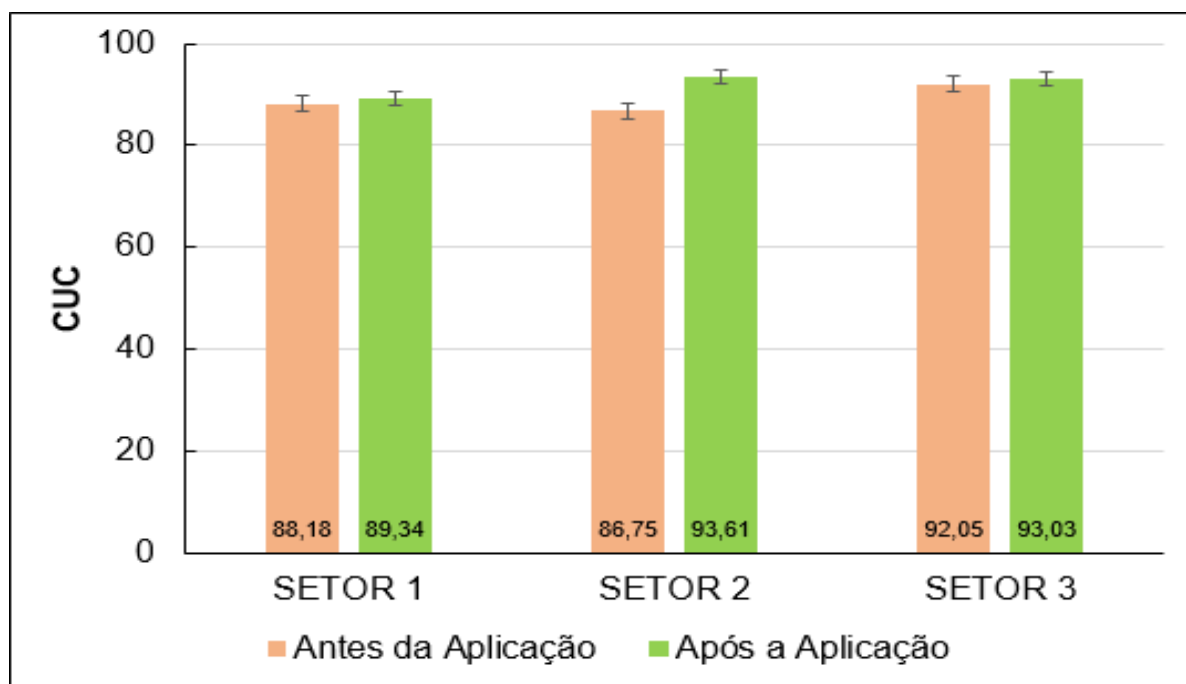


Figura 1A. Coeficiente de uniformidade média obtida dos gotejadores antes e depois da aplicação do HYDRODIS, nas subunidades 1, 2 e 3.

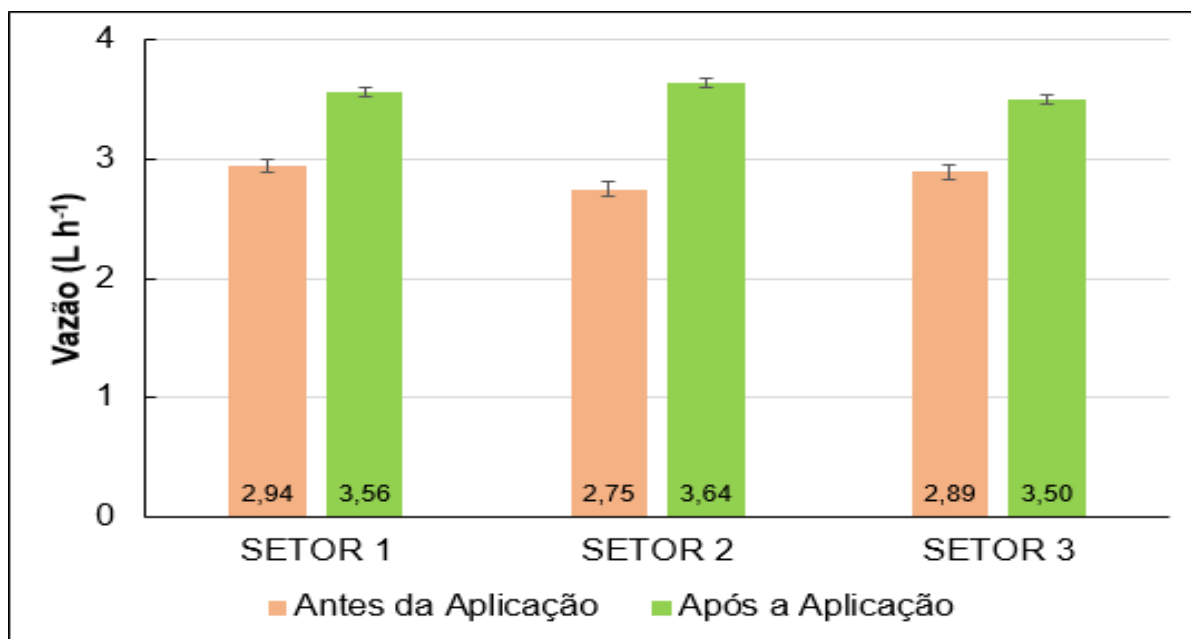


Figura 2A. Vazões médias obtidas dos gotejadores antes e depois da aplicação do HYDRODIS, nas subunidades 1, 2 e 3.

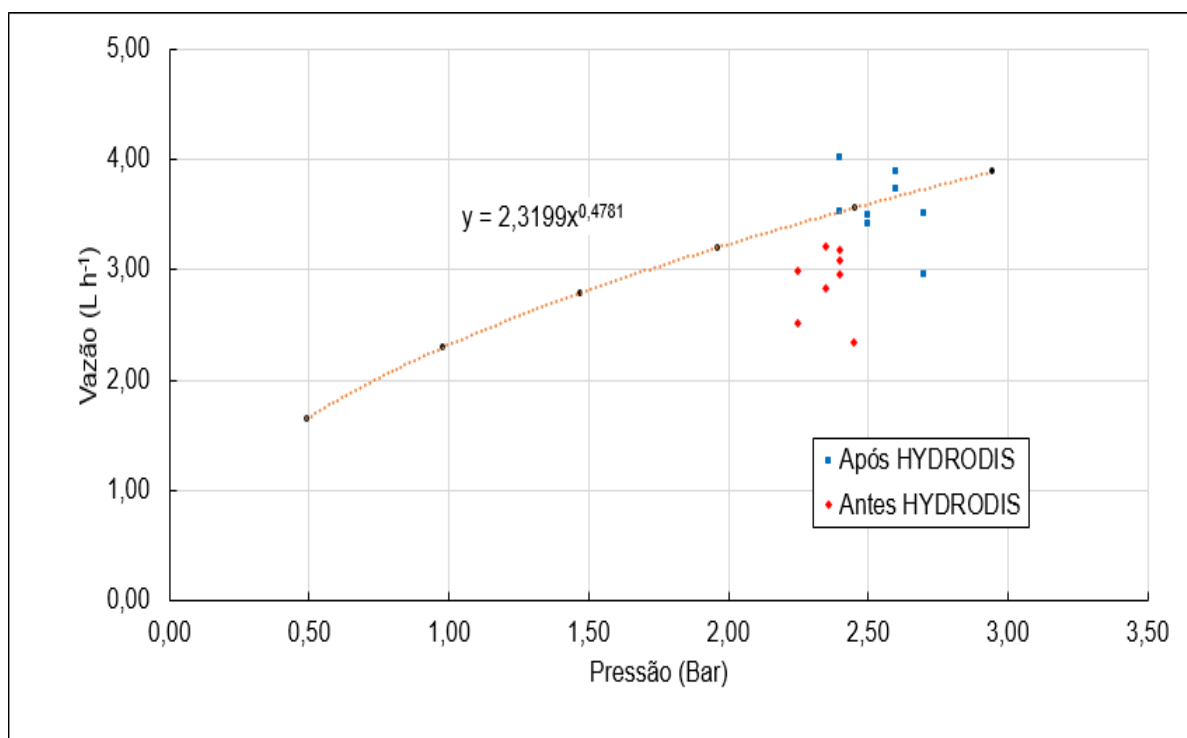


Figura 3A. Gráfico de interpolação das vazões e pressões registradas nos finais das tubulações laterais, antes e após a aplicação do HYDRODIS sobre a curva característica de vazão x pressão do emissor avaliado no ensaio na subunidade 1.

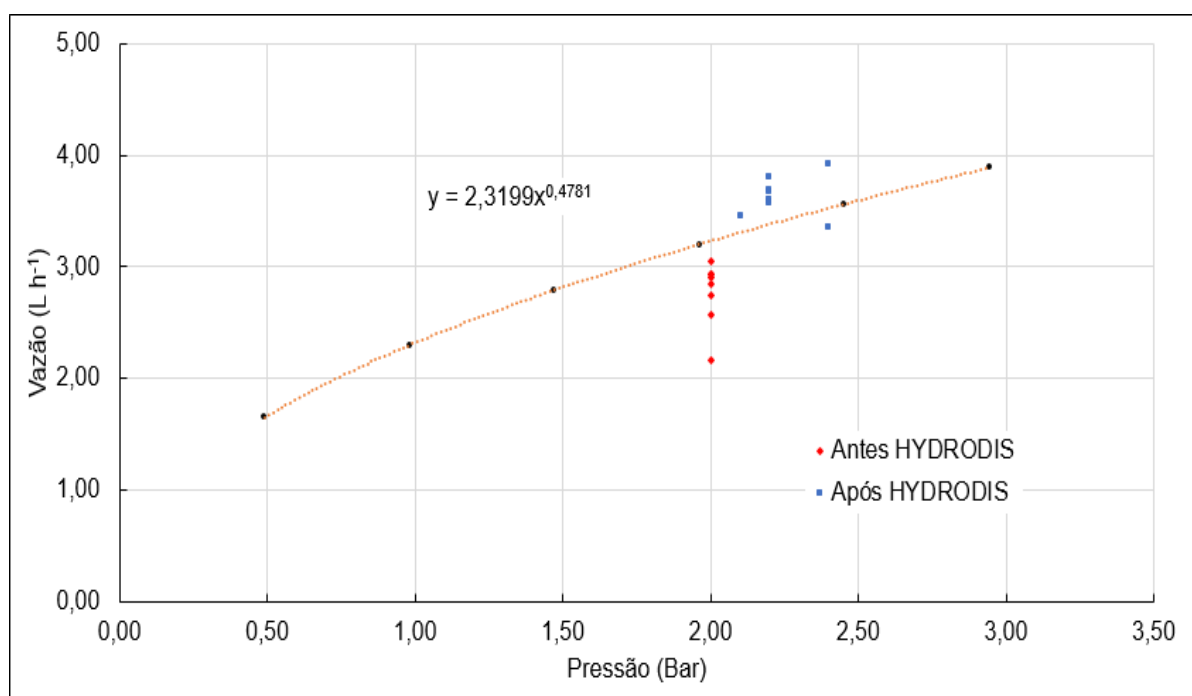


Figura 4A. Gráfico de interpolação das vazões e pressões registradas nos finais das tubulações laterais, antes e após a aplicação do HYDRODIS sobre a curva característica de vazão x pressão do emissor avaliado no ensaio na subunidade 2.

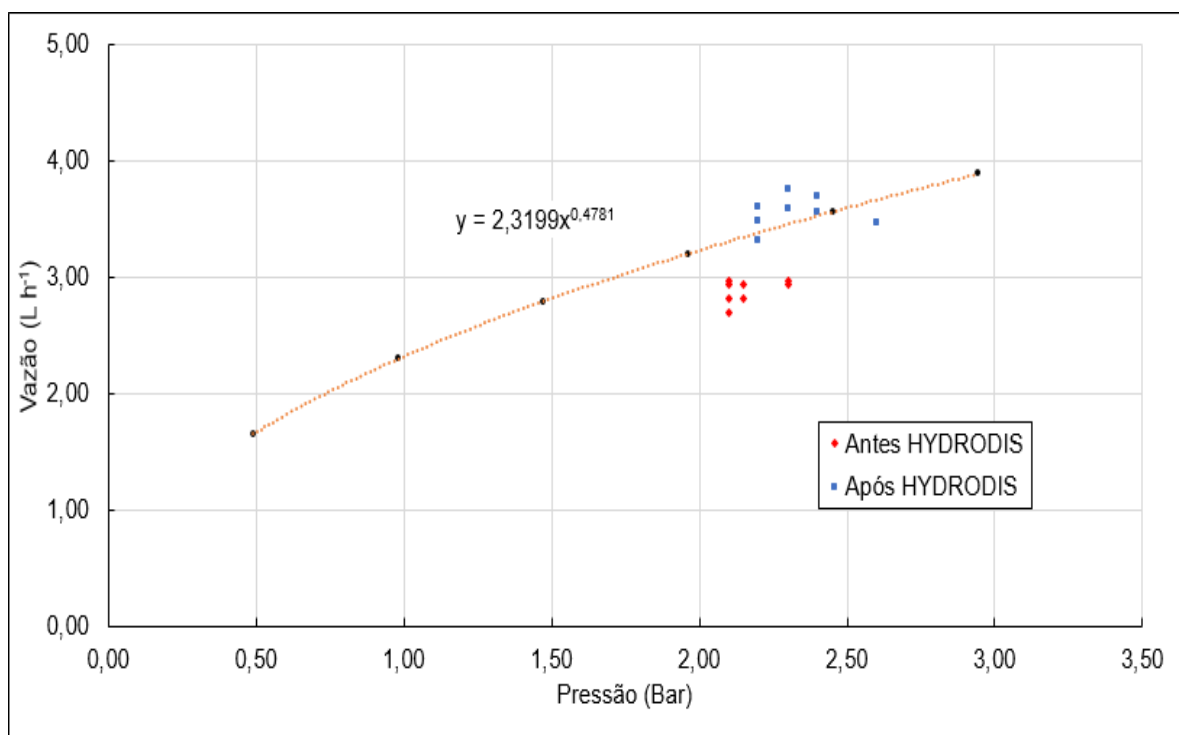


Figura 5A. Gráfico de interpolação das vazões e pressões registradas nos finais das tubulações laterais, antes e após a aplicação do HYDRODIS sobre a curva característica de vazão x pressão do emissor avaliado no ensaio na subunidade 3.

Script da análise estatística no programa computacional R versão 3.4.1 (R, 1991), para um Delineamento em Blocos.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

(Variável: Vazão)

SCRIPT DE COMANDOS

```
> dados=read.table(file.choose(),head=T,dec=",")
> attach(dados)
> modelo=aov(Y~H*S*C+Error(B/H/S))
> summary(modelo)
shapiro.test(modelo2$residuals)
par(mfrow=c(2,2))
plot(modelo2)
> bartlett.test(res~H)
> bartlett.test(res~S)
> bartlett.test(res~C)
> library(ExpDes.pt)
> HSD.test(Y, H, DFerror, MSerror, alpha = 0.05, console=TRUE)
> coeficient de var
```

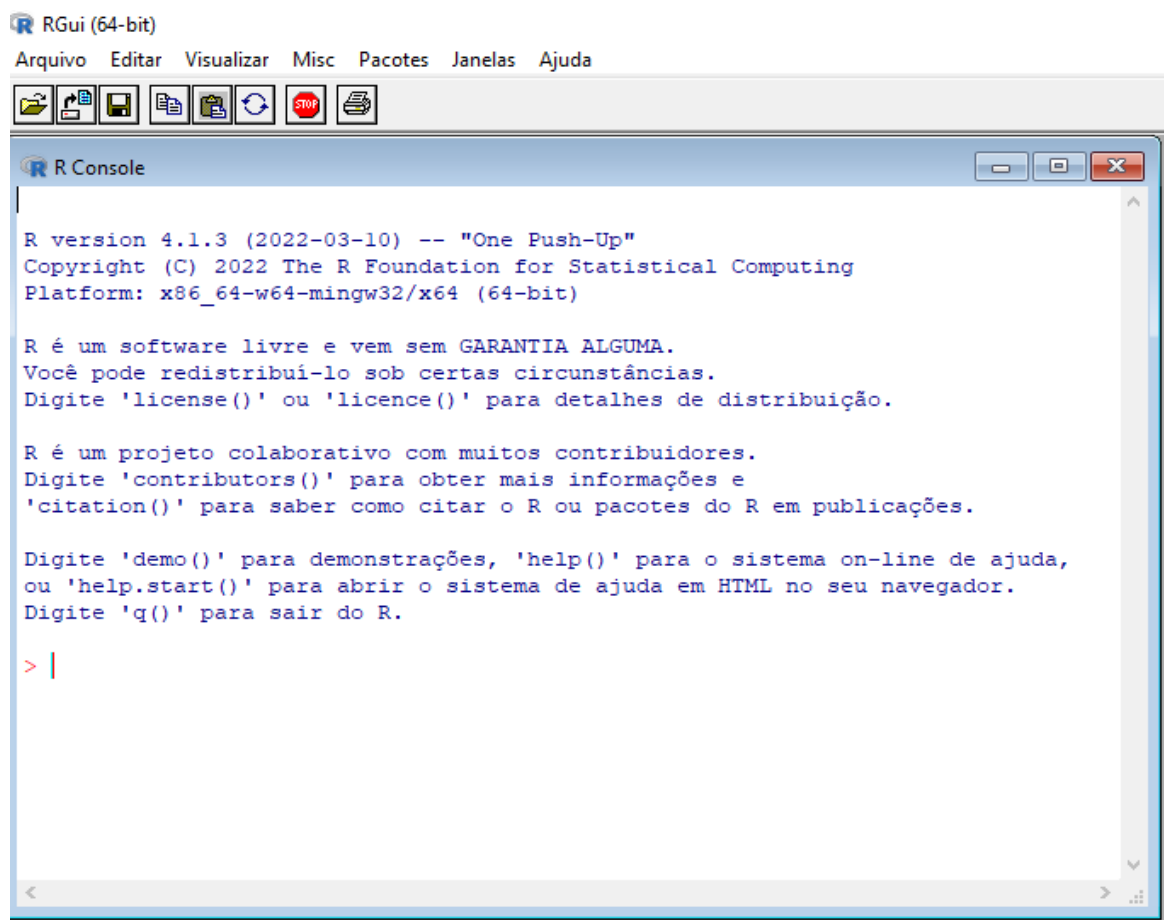


Figura 6A. Tela inicial do Software estatístico R versão 4.1.3.

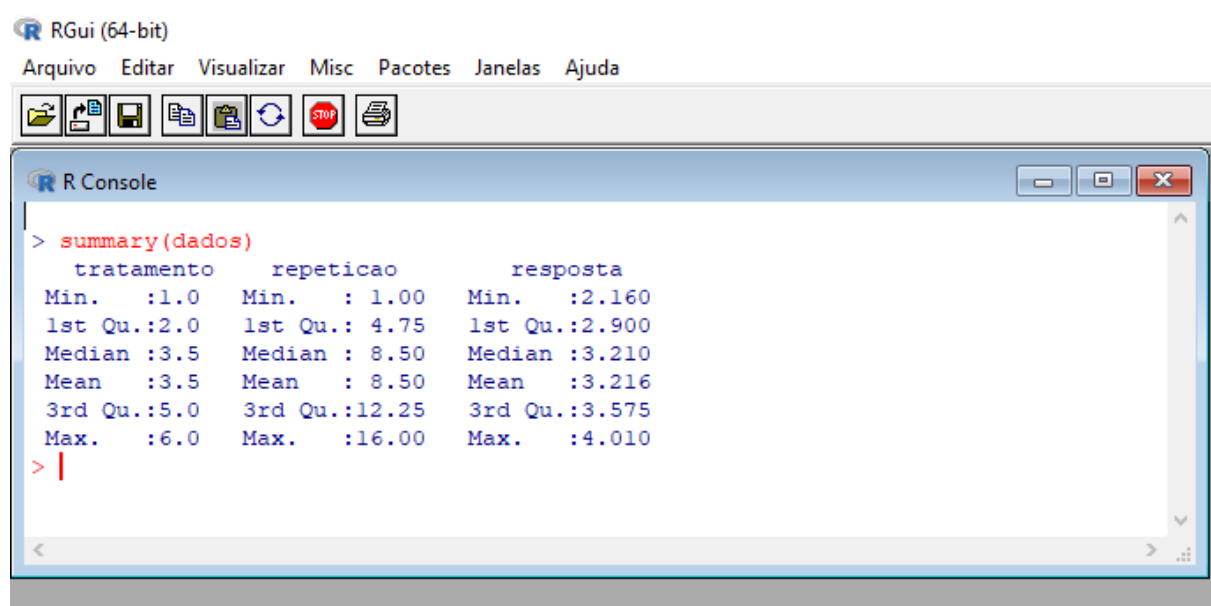


Figura 7A. Tela do software R, saída com resumo dos dados de vazão.

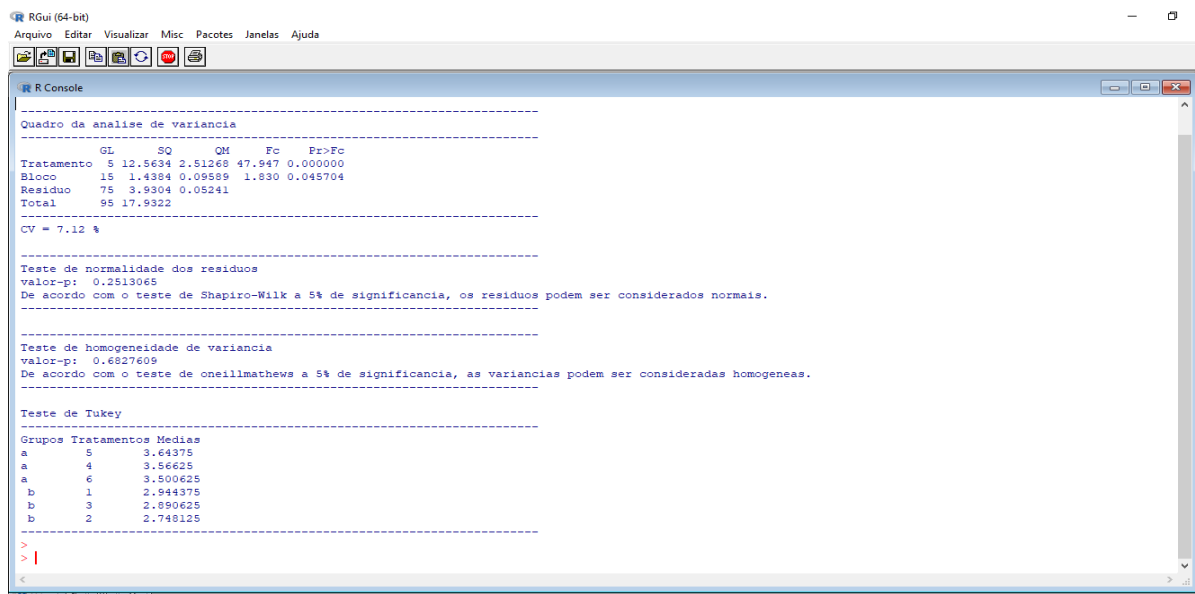


Figura 8A. Tela do software R, saída com resultado da ANOVA, teste de normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk, teste de homogeneidade de variância pelo teste de oneillmathews a 5% de significância e teste de Tukey a 5% de significância dos dados da variável vazão.

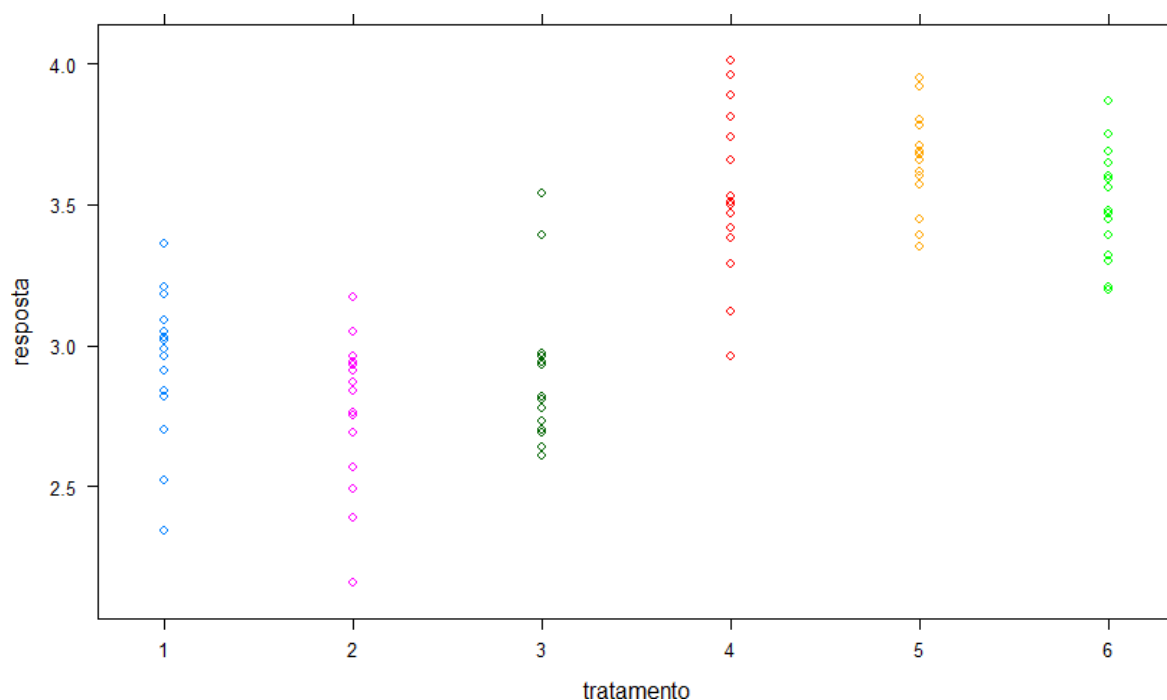


Figura 9A. Tela do software R, saída com resultado do gráficos com os dados da variável resposta (vazão) para os diferentes tratamentos (T1=subunidade 1 antes do HYDRODIS; T2=subunidade 2 antes do HYDRODIS; T3=subunidade 3 antes do

HYDRODIS; T4=subunidade 1 após o HYDRODIS; T5=subunidade 2 após o HYDRODIS; T6=subunidade 3 após o HYDRODIS).

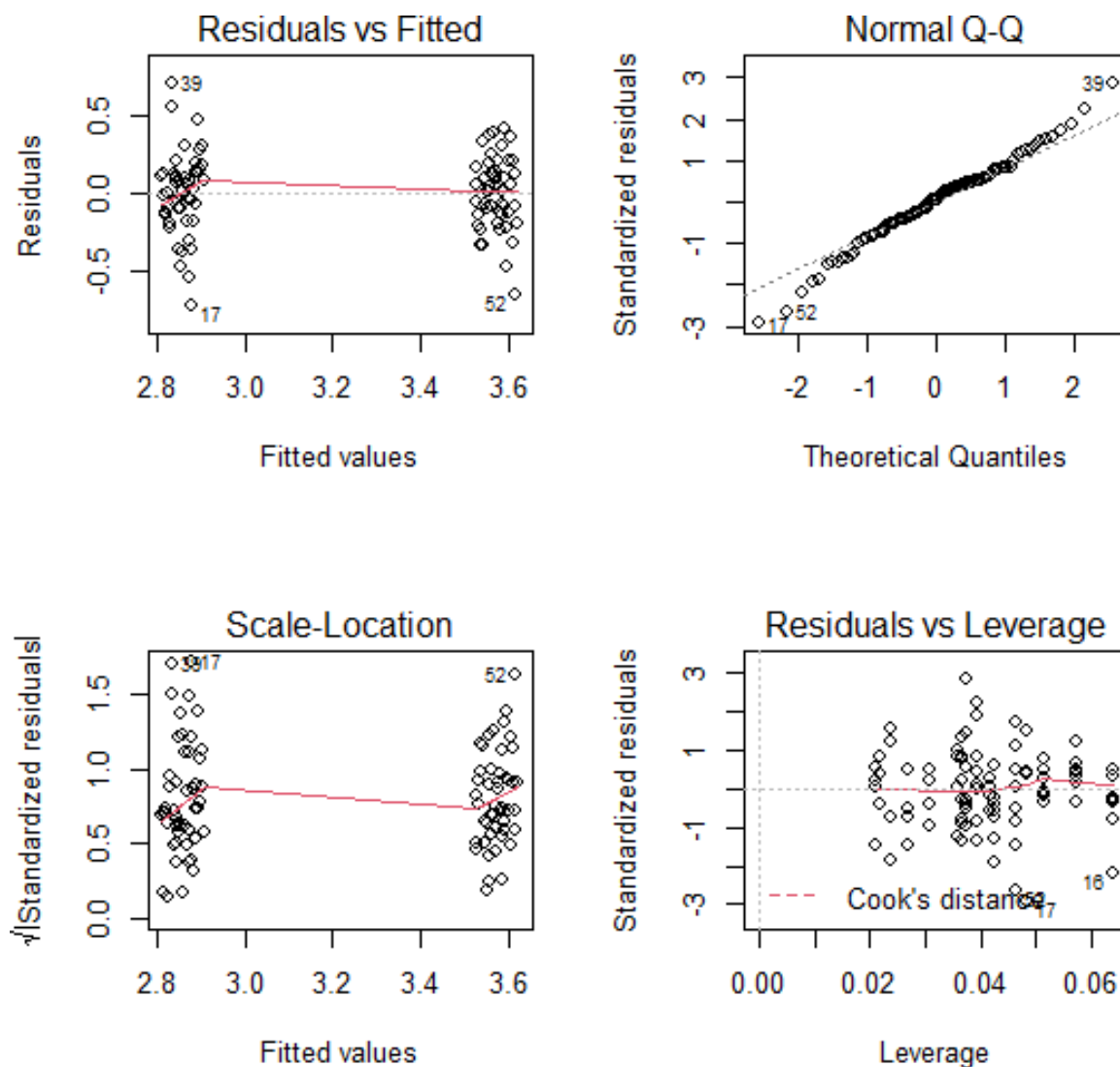


Figura 10A. Tela do software R, saída com resultado do gráficos dos resíduos dos dados analisados.



Figura 11A. Tela do software AutoCAD, saída com resultado de localização e tamanho das subunidades avaliadas.



Figura 12A. Tela do software AutoCAD, saída com resultado de disposição das tubulações laterais e tamanho das subunidades avaliadas.



Figura 13A. Tela do software AutoCAD, saída com resultado de especificações das tubulações laterais e tamanho das subunidades avaliadas.

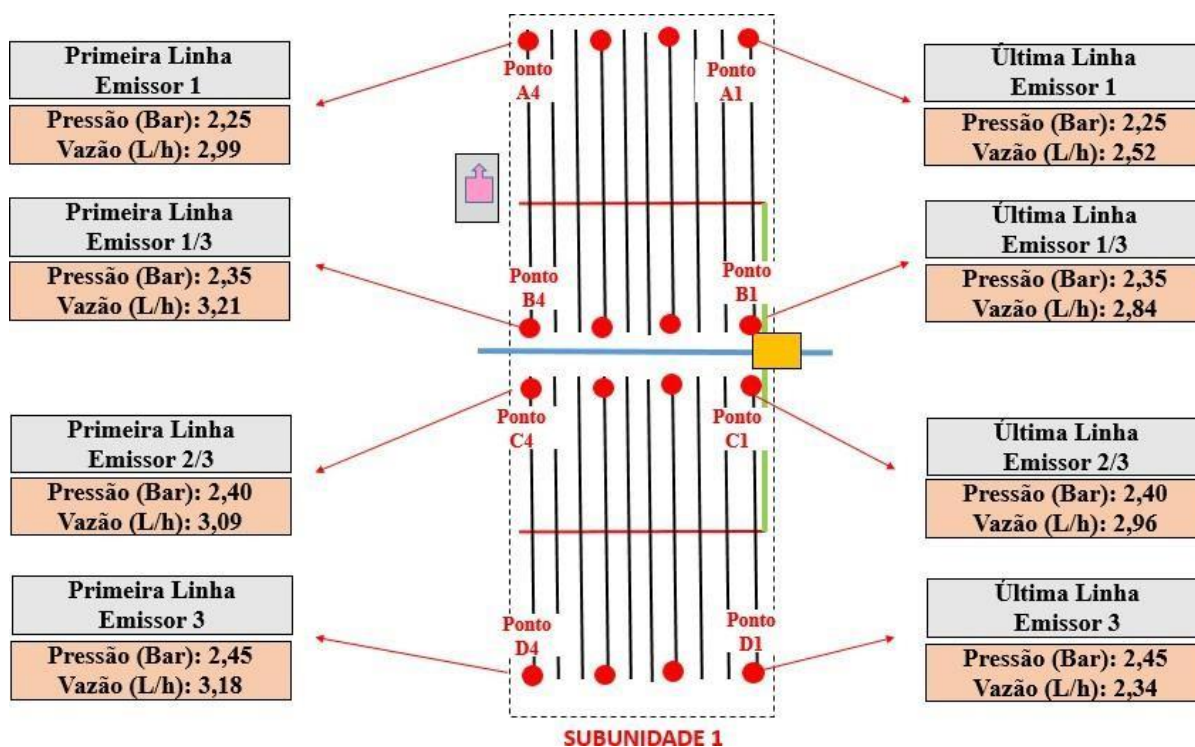


Figura 14A. Croqui esquemático das vazões e pressões registradas na subunidade 1 antes da aplicação do HYDRODIS.

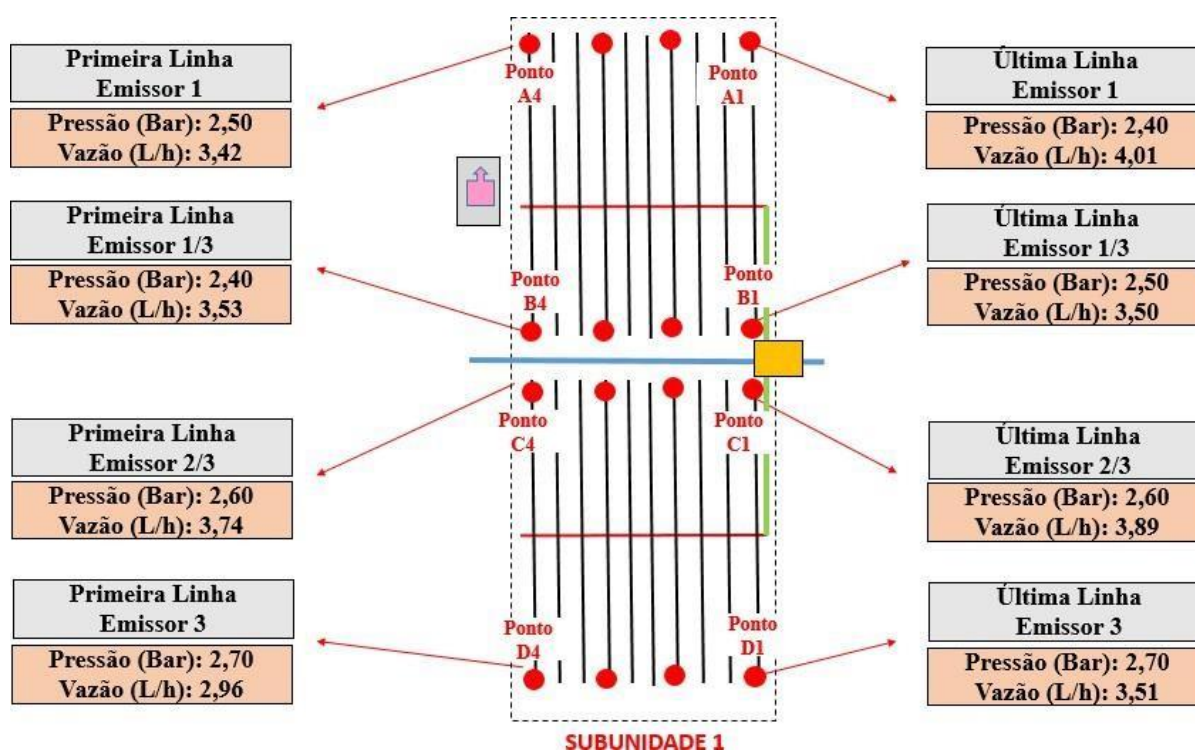


Figura 15A. Croqui esquemático das vazões e pressões registradas na subunidade 1 após a aplicação do HYDRODIS.

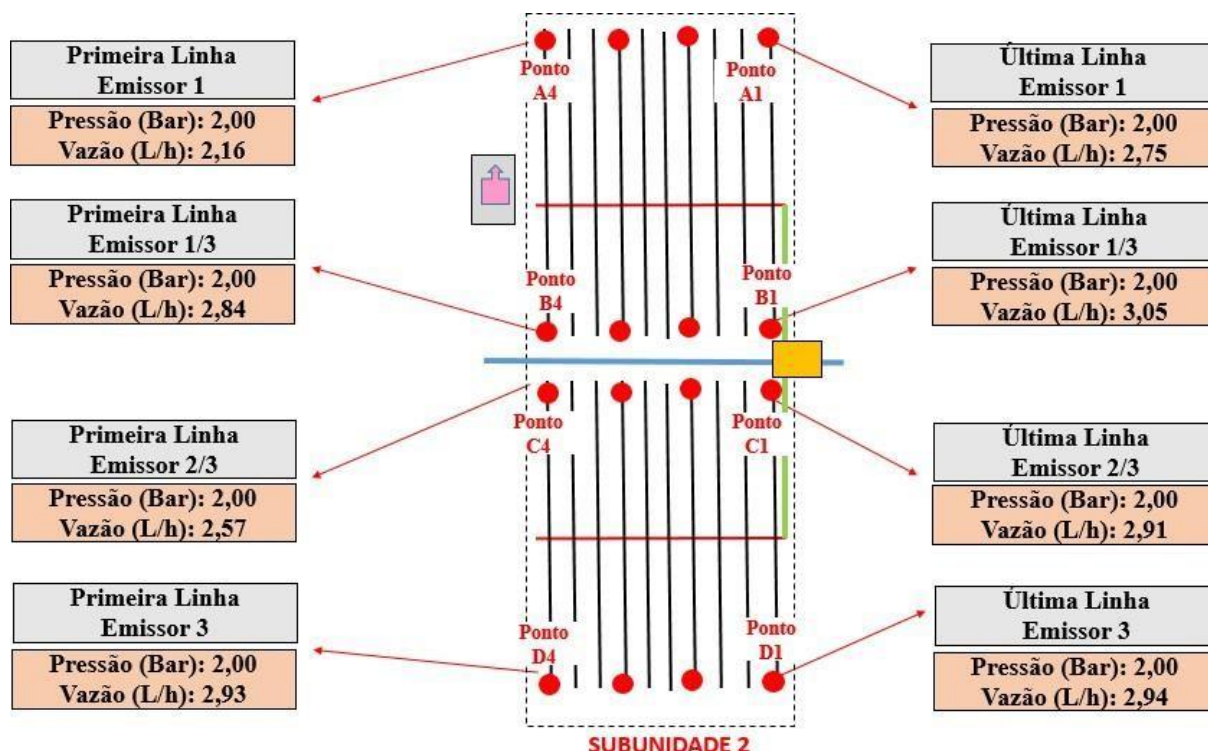


Figura 16A. Croqui esquemático das vazões e pressões registradas na subunidade 2 antes da aplicação do HYDRODIS.

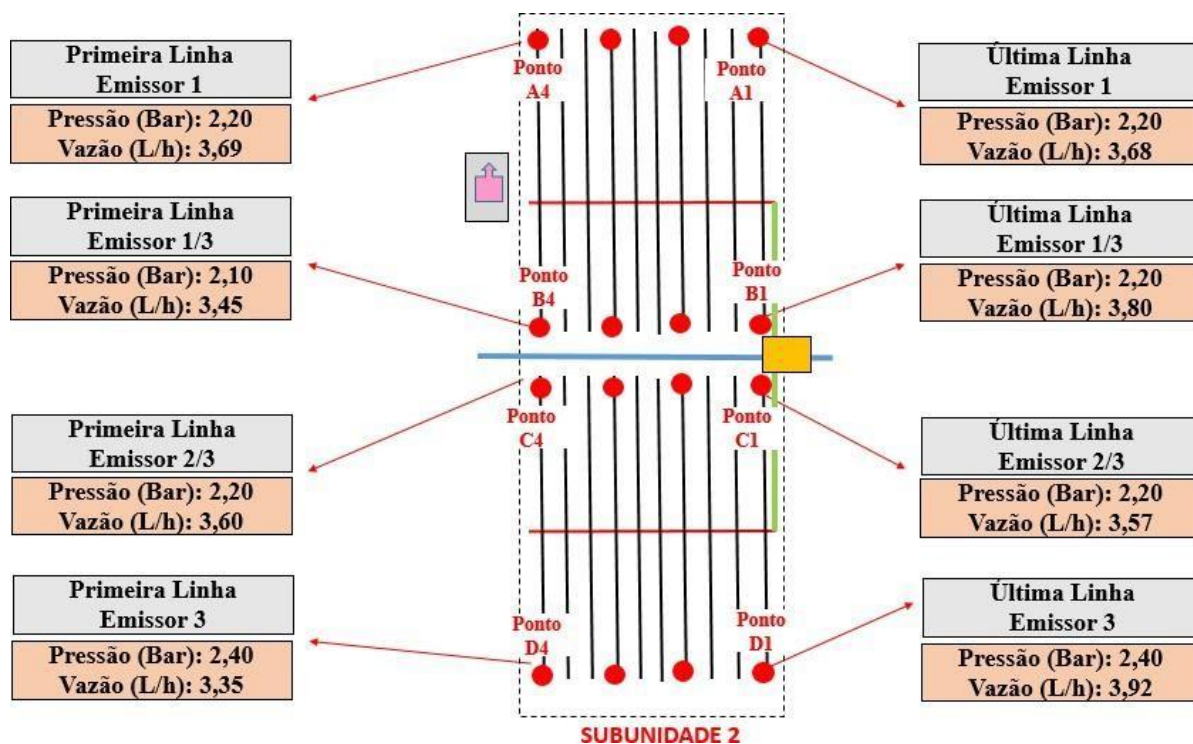


Figura 17A. Croqui esquemático das vazões e pressões registradas na subunidade 2 após a aplicação do HYDRODIS.

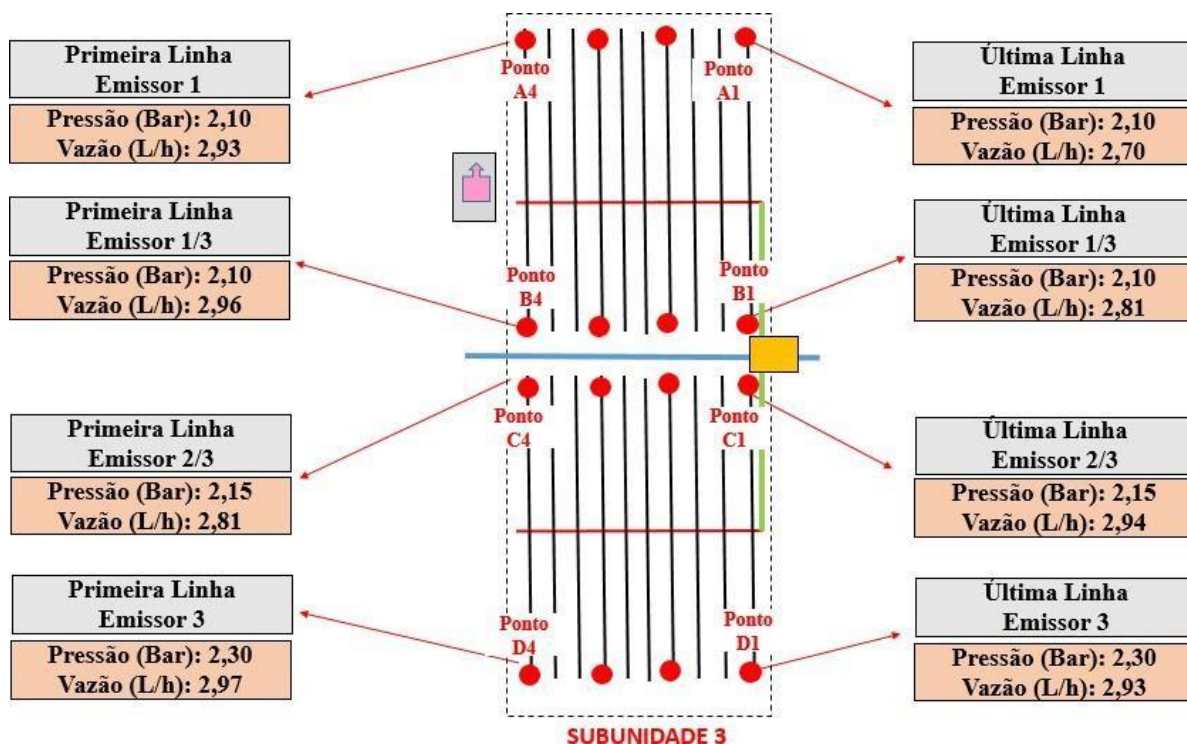


Figura 18A. Croqui esquemático das vazões e pressões registradas na subunidade 3 antes da aplicação do HYDRODIS.

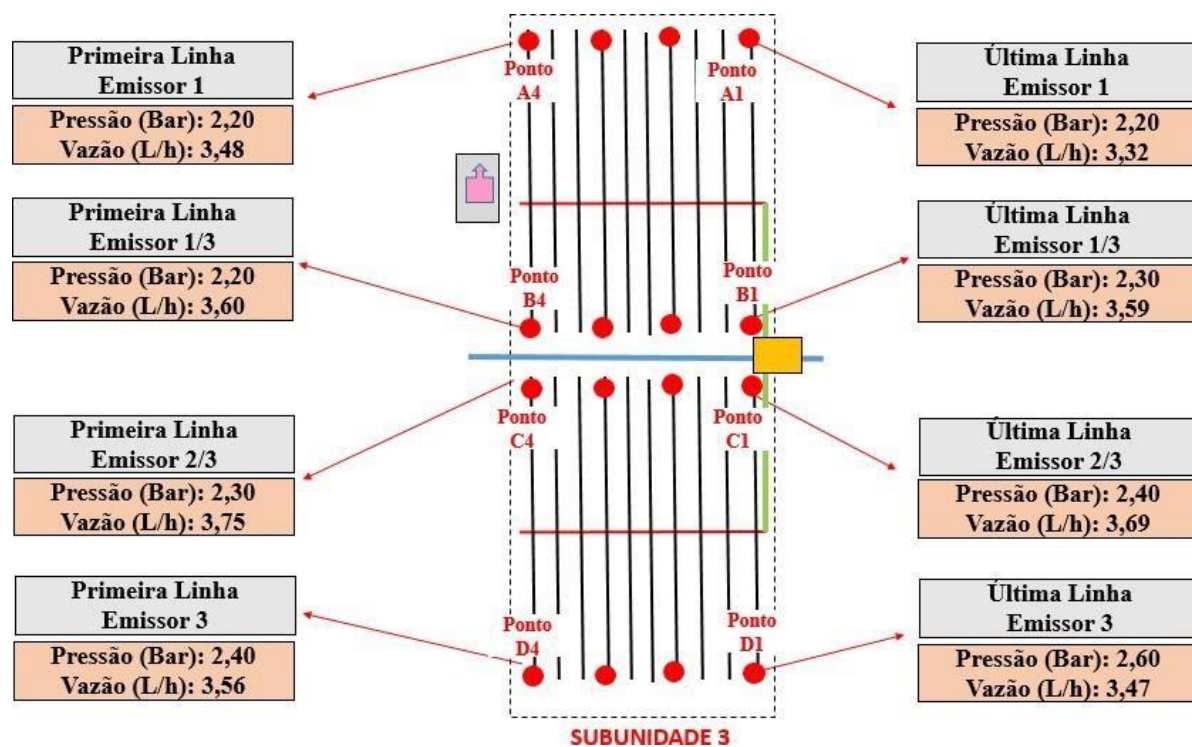


Figura 19A. Croqui esquemático das vazões e pressões registradas na subunidade 3 após a aplicação do HYDRODIS.

9 ANEXOS

Tabela 1N: Características do emissor avaliado no estudo.

Código	Modelo	Vazão (L h ⁻¹)	Diâmetro Interno (mm)	Tipo de Labirinto	Espessura da parede (mm)	Pressão de Serviço (Bar)	
NT25	NaanTIF 25 16 mm	2,00	13,90	Cascade	0,65	1,0-3,0	
Curva Pressão versus Vazão (L h ⁻¹) para diferentes modelos do emissor NaaTIF							
Pressão (mca)	NaanTIF 16 mm			NaanTIF 25 16 mm			NannTIF 25 16 mm
	1,0 L h ⁻¹	2,0 L h ⁻¹	4,0 L h ⁻¹	1,0 L h ⁻¹	2,0 L h ⁻¹	4,0 L h ⁻¹	1,2 L h ⁻¹
5	0,71	1,43	2,54	0,86	1,65	2,80	0,78
10	1,01	2,00	3,60	1,20	2,30	3,90	1,10
15	1,23	2,43	4,41	1,45	2,79	4,73	1,34
20	1,42	2,80	5,10	1,67	3,20	5,43	1,54
25	1,59	3,11	5,71	1,85	3,56	6,04	1,72
30	1,74	3,40	6,26	2,02	3,89	6,59	1,88

Fonte: Dados de catálogo do fabricante (NAANDANJAIN, 2022).

Nota: Destaque para o emissor testado no trabalho em questão.

**Figura 1N.** Modelo do emissor usado no ensaio.



PRINCIPAIS VANTAGENS

- Tubogotejadores não compensantes NaanTIF de 16, 18 e 20 mm para as mais diversas aplicações em fruticultura, citricultura, olericultura, irrigação de culturas em linha em campo aberto e cultivos protegidos.
- Alto desempenho e resistência cilíndrica 16 mm, gotejador com as vantagens únicas do labirinto Cascade.
- Gotejador com passagens amplas de água e diferentes vazões, que permitem uma grande flexibilidade no projeto, de acordo com as necessidades de cada cultura.
- Maior uniformidade de distribuição.
- Projetado e fabricado segundo rigoroso padrão de qualidade, garantindo desempenho hidráulico superior.
- Exclusiva opção de espessura de parede de 0,65 mm para diâmetro nominal de 16 mm.



NaanDan Jain Brasil Ind. Com. Equip. para Irrigação Ltda.
 Av. Ferdinando Marchi, 1000
 Distrito Industrial • Leme/SP • 13.612-410
 Fone (19) 3573 7676 • Fax (19) 3573 7673
 vendas@naandanjain.com.br • www.naandanjain.com.br

NAANDANJAIN
 A JAIN IRRIGATION COMPANY

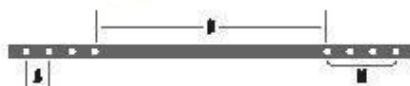
Figura 2N. Catálogo da fabricante do emissor das subunidades avaliadas.



Características Principais

- Recomendado para as mais diversas condições de clima, solo, topografia e fontes de água.
- Atende uma ampla variedade de culturas, com excelente desempenho e grande durabilidade.
- Aspiras passagens de água assegurando vazão uniforme e elevada tolerância à obstrução.
- Dois filtros individuais por gotejador, para maior prevenção de entupimentos.
- Auto limpeza: o fluxo da água no labirinto e nas passagens internas remove os sedimentos acumulados continuamente.
- Uniformidade categoria A conforme norma ABNT NBR/ISO 9261:1991.
- Filtragem recomendada: 16/1, 18/1, 20/1, 2 - 155 mesh; 16/2 e 16/4 - 120 mesh.
- Exclusiva opção de fornecimento com gotejadores em grupos.

Gotejadores em grupos



S - Espaçamento entre gotejadores D - Espaçamento entre grupos
N - Número de gotejadores no grupo

Principais conexões p/ Tubogotejador NaanTIF 16mm (DI = 13,9mm)

470003	CONECTOR INICIAL 1/2" P O ANEL LISO (P) PE*
470014	CONECTOR INICIAL 1/2" P O ANEL GARRA (P) PVC**
470068	CHULA ELABAL 1/2" P
470066	UNIDAO 1/2" P O ANEL GARRA
470067	FINAL DE LINHA 1/2" P TPO "E"

Principais conexões p/ Tubogotejador NaanTIF 18mm (DI = 16mm)

470069	CONECTOR INICIAL 1/2" P O ANEL GARRA (P) PE*
470079	CONECTOR INICIAL 1/2" P O ANEL GARRA (P) PVC**
470087	CHULA ELABAL 1/2" P
470081	UNIDAO 1/2" P O ANEL GARRA
470083	FINAL DE LINHA 1/2" P TPO "E"

* para conectar em tubo polietileno ** para conectar em tubo de PVC

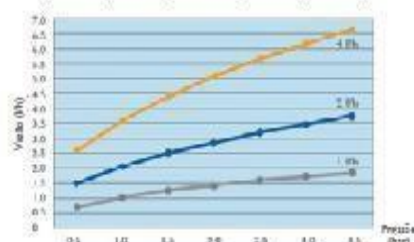


Características Técnicas

	Espessura Parede	Diâmetro Interno	Bobina	Vazão Nominal	Pressão de Serviço
	mm	mm	m	l/h	mca
NaanTIF 25 16 mm	0,65	13,9	500	1 / 2 / 4	10 - 25
NaanTIF 16 mm	0,90	13,9	500	1 / 2 / 4	10 - 30
NaanTIF 18 mm	0,90	16,0	500	1,2	10 - 30
NaanTIF 20 mm	1,00	18,0	300	1,2	10 - 35

Vazão x Pressão

Pressão (P, mca)	Vazão (Q, l/h)						
	NaanTIF 16 mm			NaanTIF 25 16 mm			NaanTIF 18/20 mm
	1,0 l/h	2,0 l/h	4,0 l/h	1,0 l/h	2,0 l/h	4,0 l/h	1,2 l/h
5	0,71	1,43	2,54	0,86	1,65	2,80	0,78
10	1,01	2,00	3,60	1,20	2,30	3,90	1,10
15	1,23	2,43	4,41	1,45	2,79	4,73	1,34
20	1,42	2,80	5,10	1,67	3,20	5,43	1,54
25	1,59	3,11	5,71	1,85	3,56	6,04	1,72
30	1,74	3,40	6,26	2,02	3,89	6,59	1,88
Q = a · P ^x							
a	1,01	2,00	3,60	1,20	2,30	3,90	1,10
x	0,497	0,483	0,503	0,475	0,478	0,478	0,491



Comprimento máximo recomendado para laterais em nível (m)

Pressão Inicial (mca)	Qn	Espaçamento entre gotejadores (cm)											
		20	30	40	50	60	75	80	90	100	110	120	
		1	80	105	125	150	160	190	195	215	225	250	270
NaanTIF 25 16 mm	10	2	50	70	80	100	105	130	130	140	145	160	170
		4	35	45	55	65	75	90	90	95	105	110	115
		1	90	115	140	160	180	210	215	235	250	270	285
NaanTIF 16 mm	10	2	55	75	90	105	115	135	140	150	160	170	180
		4	40	50	60	70	80	90	95	100	110	115	120
		1,2	80	95	120	145	165	200	210	230	250	265	285
NaanTIF 18 mm	10	1,2	80	95	120	145	165	200	210	230	250	265	285
		1,2	95	115	145	175	200	240	255	275	300	325	340
		1,2	95	115	145	175	200	240	255	275	300	325	340

NAANDANJAIN
A JAIN IRRIGATION COMPANY

NaanDan Jain Brasil Ind. Com. Equip. para Irrigação Ltda.
Av. Ferdinando Marchi, 1000
Distrito Industrial - Leme/SP - 13.612-410
Fone (19) 3573 7676 - Fax (19) 3573 7673
vendas@naandanjain.com.br - www.naandanjain.com.br

Revendedor Autorizado

NaanTIF - 04/2015

Figura 3N. Catálogo da fabricante do emissor das subunidades avaliadas.



Figura 4N. Modelo do filtro usado no ensaio.

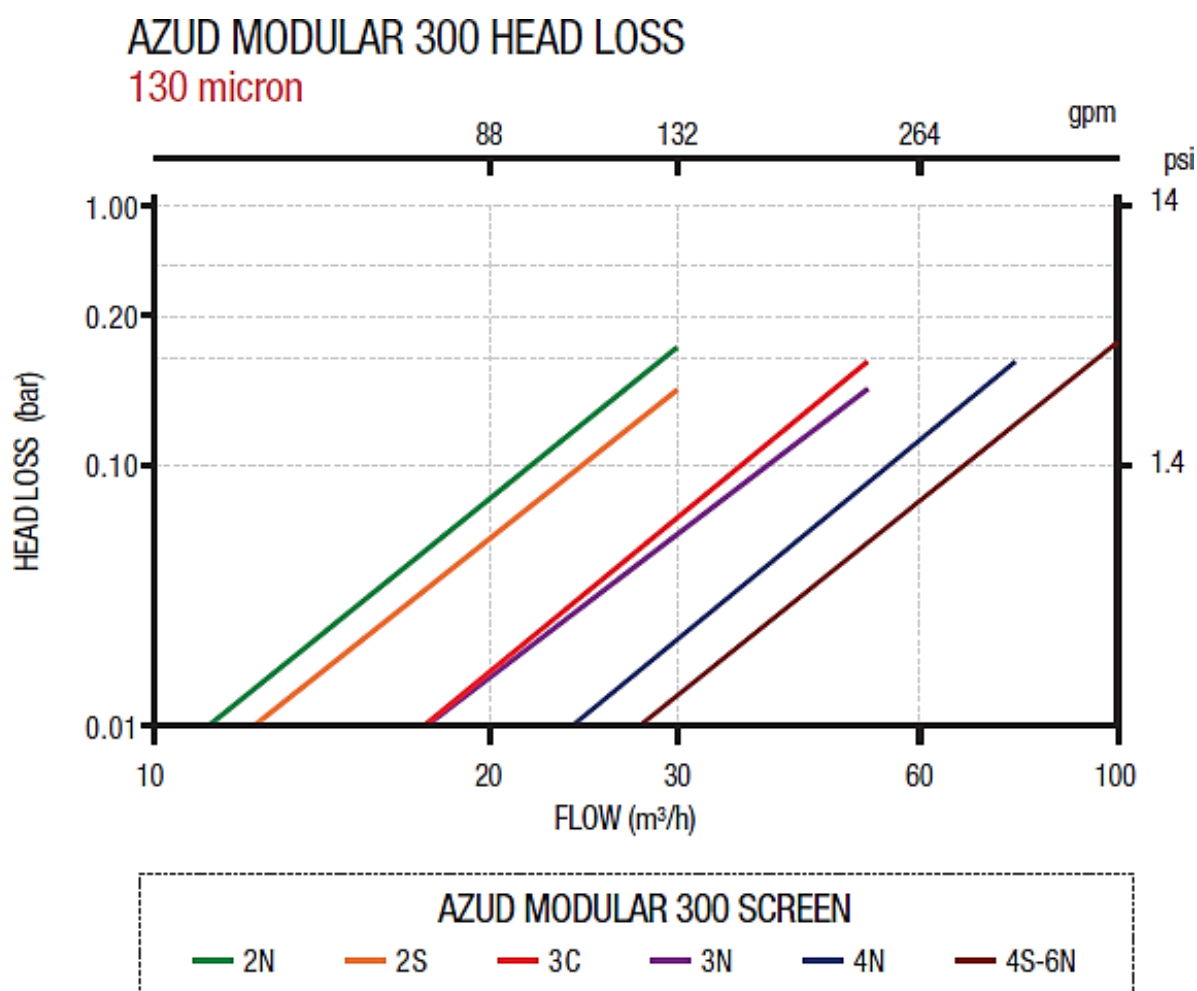


Figura 5N. Curva característica do filtro usado no ensaio.

AZUD modular 300

AZUD MODULAR 300 filtration range is based on low maintenance and optimum safety in filtration.

Optimization of the performance and minimum frequency and intensity of maintenance labours.



ADVANTAGES

- ✓ **Modularity, Versatility, compatibility.**
The system permits a wide range of possibilities with a minimal number of components.
- ✓ **Manufactured in plastic materials.**
- ✓ **Low Maintenance and Easy.**
Without tooling.
- ✓ **Water and energy saving.**

TECHNOLOGY



00000356

Figura 6N. Catálogo da fabricante do filtro das subunidades avaliadas.

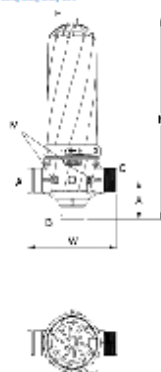
AZUD modular 300

AZUD MODULAR 300 130 micron	Maximum flow	Filtering surface
		Screen
2N	30 m³/h 132 gpm	815 cm² 126 in²
2S	30 m³/h 132 gpm	1.087 cm² 169 in²
3C	50 m³/h 220 gpm	815 cm² 126 in²
3N	50 m³/h 220 gpm	1.087 cm² 169 in²
4N	70 m³/h 308 gpm	1.630 cm² 252 in²
4S	100 m³/h 440 gpm	2.174 cm² 334 in²
6N	100 m³/h 440 gpm	2.174 cm² 334 in²

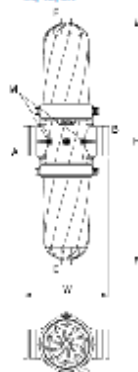
Other filtration grades available.

AZUD MODULAR 300

2N, 2S, 3C, 3N



4N, 4S, 6N



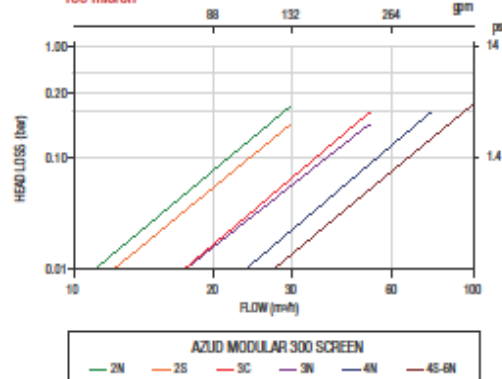
MATERIAL

Housing	Polyamide reinforced with fiberglass
Filtering element	AS3 316 stainless steel screen
Clamp	Stainless steel
Sealing element	NBR

pH=4 • Maximum pressure 10 bar / 145 psi • Maximum temperature 60 °C / 140 °F

AZUD MODULAR 300 HEAD LOSS

130 micron



FILTER CONFIGURATION	Connection	Model	Connection			Dimensions		
			A	B	C	H mm in	W mm in	X mm in
	2"	2NR 2NA 2NW	BSP NPT GROOVED	BSP NPT GROOVED	BSP NPT BSP GROOVED	597 24	309 12	133 5
	2"Super	2SR 2SA 2SW	BSP NPT GROOVED	BSP NPT GROOVED	BSP NPT BSP GROOVED	721 28	309 12	133 5
	3"C	3CR 3CA 3CW	BSP NPT GROOVED	BSP NPT GROOVED	BSP NPT BSP GROOVED	615 24	336 13	147 6
	3"	3NR 3NA 3NW	BSP NPT GROOVED	BSP NPT GROOVED	BSP NPT BSP GROOVED	727 29	336 13	147 6
	4"	4NL 4NB	GROOVED BRIDA	GROOVED BRIDA	-	950 37	341 13	- -
	4"Super	4SL 4SB	GROOVED BRIDA	GROOVED BRIDA	-	1200 47	341 13	- -
	6"	6NB	BRIDA	BRIDA	-	1200 47	531 21	- -

Connection E 3/4" BSP • Connection M 1/4" BSP

Figura 7N. Catálogo da fabricante do filtro das subunidades avaliadas.



Figura 8N. Bomba injetora usado no ensaio.

Tabela 2N. Características da vazão versus altura manométrica da bomba injetora.

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM METRO (mca)													ALTURA MÁXIMA
18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44,0
VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA (m³/h)													
3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,4	1,2	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1		

Fonte: THEBE bombas hidráulicas (2022).

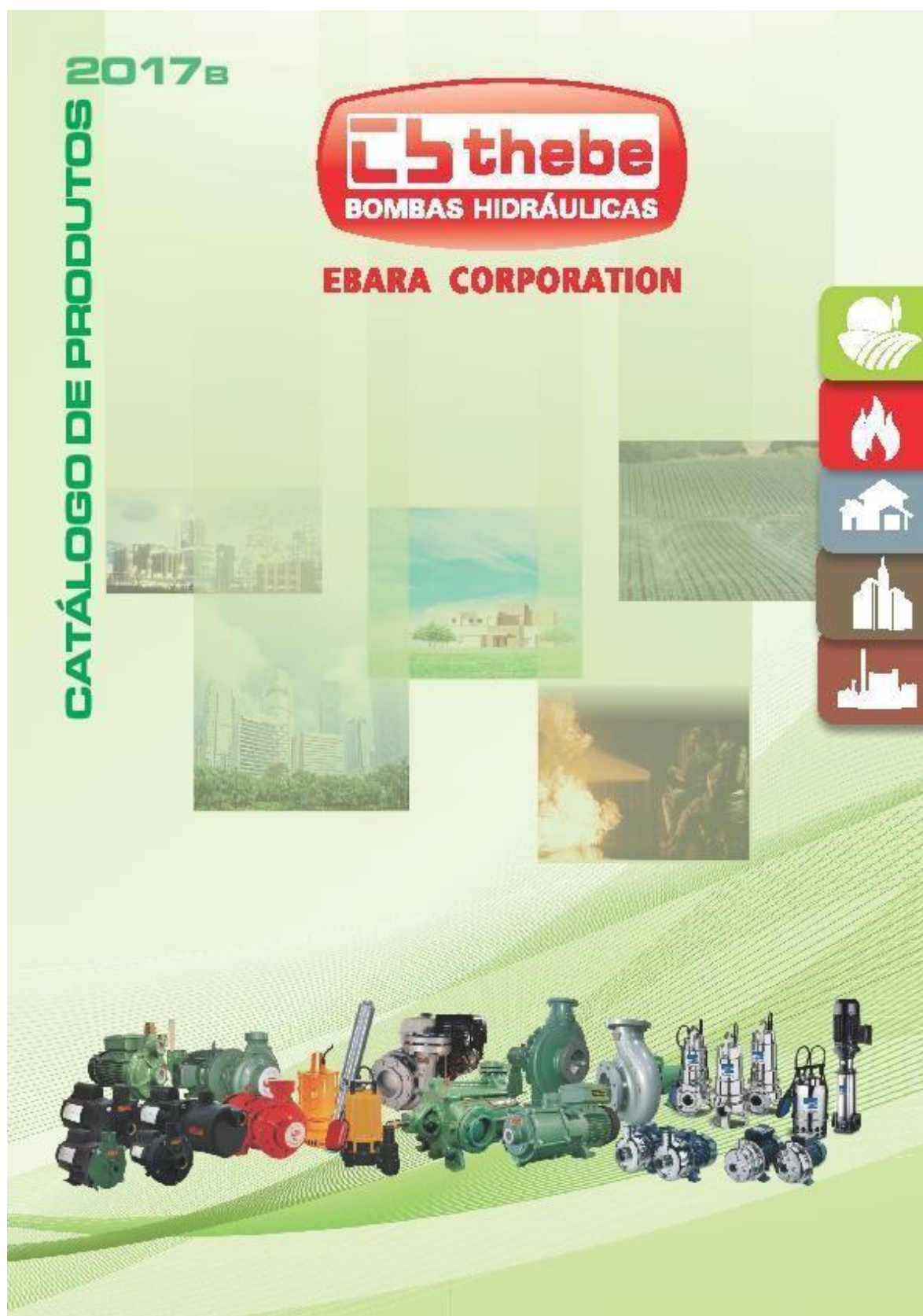


Figura 9N. Catálogo da fabricante do bomba injetora das subunidades avaliadas.

thebe
BOMBAS HIDRÁULICAS

BOMBAS CENTRÍFUGAS AUTOASPIRANTES

3600 RPM - 60 Hz

EBARA CORPORATION

APP13

100%
TERMOPLÁSTICO

NÃO TORNIZADO
WPump

Totamente em TERMOPLÁSTICO com carga de fibra de vidro.

MODELO	CV	FS	ROTOR (mm)	BOMBA DE SERVIÇO	TUBO DE SUCÇÃO (mm)	TUBO DE VENTILADOR (mm)	ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM METROS (m.c.a.)																				CAPACIDADE (m³/h)			
							10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56
							VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA (m³/h)																							
APP-13	1/8	1,1	90x5,5	5/4"	3/4"	3/4"	2,5	2,0	1,6	1,1	0,7	0,6	0,2	0,1	0,0															26,0
APP-13	1/5	1,3	100x5,5	5/4"	3/4"	3/4"	3,3	2,9	2,6	2,2	1,8	1,4	1,0	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0												32,0
APP-13	1/2	1,15	100x5,5	5/4"	3/4"	3/4"				3,0	2,7	2,3	1,9	1,5	1,1	0,8	0,5	0,2	0,1	0,0										36,0
APP-13	3/8	1	100x5,5	5/4"	3/4"	3/4"				3,0	2,5	2,2	1,8	1,4	1,1	0,8	0,5	0,2	0,0											34,0
APP-13	1	1,1	110x5,5	5/4"	3/4"	3/4"						3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,4	1,2	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1						44,0	

TA13

MONITORIZADO
SOMENTE EM
PVC PARA SUTUT

MODELO	CV	FS	ROTOR (mm)	BOMBA DE SERVIÇO	TUBO DE SUCÇÃO (mm)	TUBO DE VENTILADOR (mm)	ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM METROS (m.c.a.)																						CAPACIDADE (m³/h)	
							5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60	
							VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA (m³/h)																							
TA-13AL	1,8	1	132 x 2,5	1,4	1"	1 1/2"				2,46	2,41	2,35	2,30	2,25	2,20	2,14	2,11	2,06	2,03	2,01	1,98	1,95	1,95	1,40	0,90	0,30	0,04	0,00	65,4	
TA-13AL	2,0	1	134 x 2,5	1,2	1"	1 1/2"				2,47	2,43	2,38	2,33	2,28	2,24	2,19	2,17	2,14	2,12	2,09	2,07	2,04	2,02	1,67	1,47	1,10	0,39	0,14	0,00	68,9

Aplicações: Agricultura, Indústrias, Residências, Construção Civil, Comércio, Peças semi-elétricas, Máquinas e de partes
AL - Flutua em Alum

Figura 10N. Catálogo da fabricante do bomba injetora das subunidades avaliadas.

Tabela 3N: Características físico-químicas do produto TECNOFOS 40A®.

Categoria	Limpeza de tanques de pulverização, sistema de irrigação
Empresa	AGROQUIM
Aspecto	Líquido límpido, âmbar-branco
Concentração (%)	Sem dado
Dosagem (fabricante)	5 L/ha ou 5 L/1000 L de calda
Frequência (fabricante)	1 aplicação por ciclo
Composição	Ácido fosfórico
CNPJ da empresa ¹	25.368.101/0001-40

Fonte: AGROQUIM, 2022.

CNPJ¹: Registro contido na embalagem do produto.

**Figura 11N.** Produto padrão utilizado pela fazenda CAPPELLARO FRUITS.**Figura 12N.** Produto HYDRODIS® utilizado no teste, Petrolina/PE.

56300-000 PETROLINA PE

As condições gerais de fornecimento (Resolução ANEEL 414/2010), tarifas, produtos, serviços prestados e tributos se encontram à disposição, para consulta em nossas unidades de atendimento e no site: neoenergia pernambuco.com.br

AGROPECUARIA RURAL
Conv. Monômia - Trifásico

RESERVADO AO FISCO
0DF2.4C52.4121.CB67.199B.8C5A.DB6A.64BF

DESCRIÇÃO DA NOTA FISCAL

	QUANTIDADE	PREÇO(R\$)	VALOR(R\$)
Consumo Ativo Fora de Ponta(kWh)-TUSD	4.228.000000	0,41728318	1.764,27
Consumo Ativo Reservado(kWh)-TUSD	161.000000	0,11266646	18,13
Consumo Ativo Fora de Ponta(kWh)-TE	4.228.000000	0,33166409	1.402,27
Consumo Ativo Reservado(kWh)-TE	161.000000	0,08954930	14,41
Acréscimo Bandeira AMARELA			833,30
Contrib. Ilum. Pública Municipal			61,32
ICMS Subvenção-CDE-NF 191347312-20/01/22			12,52
Contribuição CERPEL - (087) 3861-4025			5,00

Tarifas Aplicadas

Consumo Ativo Fora de Ponta(kWh)-TUSD	0,30373000
Consumo Ativo Reservado(kWh)-TUSD	0,08230710
Consumo Ativo Fora de Ponta(kWh)-TE	0,24141000
Consumo Ativo Reservado(kWh)-TE	0,06518070

HISTÓRICO DO CONSUMO

	kWh
MAR 22	4389
FEV 22	2830
JAN 22	2577
DEZ 21	3879
NOV 21	5944
OCT 21	7210
SET 21	6205
AGO 21	6347
JUL 21	5114
JUN 21	6766
MAI 21	5864
ABR 21	6536
MAR 21	4625

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

Geração de Energia	R\$ 1.484,86	36,82%
Transmissão	R\$ 157,03	3,69%
Distribuição (Celpe)	R\$ 769,58	19,09%
Perdas de Energia	R\$ 240,97	5,98%
Encargos Setoriais	R\$ 282,65	7,01%
Tributos	R\$ 1.097,29	27,21%
Total	R\$ 4.032,38	100%

TOTAL DA FATURA

4.111,22

INFORMAÇÕES DE TRIBUTOS

ICMS			PIS			COFINS		
BASE DE CÁLCULO	%	VALOR DO IMPOSTO	BASE DE CÁLCULO	%	VALOR DO IMPOSTO	BASE DE CÁLCULO	%	VALOR DO IMPOSTO
4.032,38	25,00	1.008,09	3.024,28	0,53	16,02	3.024,28	2,42	73,18

DEMONSTRATIVO DE CONSUMO DESTA NOTA FISCAL

DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DAS INTERRUPÇÕES

Figura 13N. Taxas cobradas por consumo de energia elétrica em Petrolina/PE, da Neenergia.

Boletim N°: 110221-09 284

ANÁLISE DE ÁGUA



LASP
Laboratório de Análises de Solo e Água

N° REQUISIÇÃO:	110221-09	QTD. AMOSTRAS:	30	DATA ENTRADA:	11/02/2021
N° AMOSTRA:	284	DATA RESULTADO:	16/02/2021		
CLIENTE:	PROPRIEDADE:	MUNICÍPIO:			
Distrito de Irrig. do P. Senador Nilo Coelho	DINC	Petrolina - PE			

IDENTIFICAÇÃO: Ponto 23 / EB 30 / Coleta: 10.02.2021

Determinação		Resultado
CÁTIONS	Calcio (Ca^{2+})	0,36
	Magnésio (Mg^{2+})	0,32
	Sódio (Na^+)	0,11
	Potássio (K^+)	0,05
	Soma	0,83
ÂNIONS	Carbonatos (CO_3^{2-})	0,00
	Bicarbonatos (HCO_3^-)	0,60
	Sulfatos (SO_4^{2-})	0,08
	Cloratos (Cl^-)	0,20
	Soma	0,88

mmol/L

Determinação		Resultado
pH		7,20
C.E. - 25°C	ds/m	0,10
Dureza Total - CaCO_3	mg/L	3,40
Relação Adsorção de Sódio-RAS		0,12
Classificação de Dureza da água (CaCO_3)		Branda
Classificação da água analisada		C1 S1

Micronutrientes (mg/L)	
Cobre (Cu)	0,01
Ferro (Fe)	0,01
Manganês (Mn)	0,01
Zinco (Zn)	0,01

Códigos de Classificação	
C1 = Salinidade Baixa	S1 = Teor de Sódio baixo
C2 = Salinidade Média	S2 = Teor de Sódio médio
C3 = Salinidade Alta	S3 = Teor de Sódio alto
C4 = Salinidade Muito alta	S4 = Teor de Sódio muito alto

DUREZA BASEADA EM CARBONATO DE CÁLCIO (mg/L)	
Branda = 0 - 75	Dura = 100 - 300
Moderada = 75 - 100	Muito dura > 300

A amostragem correta da água é de responsabilidade exclusiva do requerente, bem como, a qualidade da amostra é de fundamental importância para a obtenção de um resultado confiável.
Para melhor interpretação dos resultados, consulte um profissional da área.

Petrolina-PE, 16 de fevereiro de 2021.


 Michelle A. R. da Silva
 Técnica em Química
 CFQ 1ª 07402554

Rua J, s/n Quadra G - Distrito Industrial - CEP: 56.308-436 - Petrolina-PE - Fone: (87) 3863-1245 - e-mail: lasp@valexport.com.br

Convênio IPA - VALEXPORT - EMBRAPA

Laboratório participante do PAQLF - EMBRAPA SOLOS

Figura 14N. Análise de parâmetros físico-químicos da água extraída do DINC.