



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB – CAMPUS IX
DCH- DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
COLEGIADO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

LÁZZARO SANTOS VILA VERDE COSTA

**AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE SISTEMAS
DE IRRIGAÇÃO EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE FRUTÍFERAS NO PERÍMETRO
IRRIGADO BARREIRAS - NORTE.**

BARREIRAS – BAHIA,

Junho de 2022

LÁZZARO SANTOS VILA VERDE COSTA

**AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE SISTEMAS
DE IRRIGAÇÃO EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE FRUTÍFERAS NO PERÍMETRO
IRRIGADO BARREIRAS - NORTE.**

Monografia apresentada ao Colegiado de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia - UNEB - Campus IX, como requisito parcial para avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Alberto do Nascimento Silva

BARREIRAS – BA,

Junho de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA
Sistema de Bibliotecas da UNEB

C837a

Costa, Lázaro Santos Vila Verde

Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de sistemas de irrigação em áreas de produção de frutíferas no perímetro irrigado Barreiras - norte / Lázaro Santos Vila Verde Costa. - Barreiras, 2022. 39 fls.

Orientador(a): Dr. Alberto do Nascimento Silva.

Inclui Referências

TCC (Graduação - Engenharia Agrônômica) - Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Humanas. Campus IX. 2022.

1.Aspersores. 2.Irrigação. 3.Aplicação-eficiência.

CDD: 631

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
Ata de Avaliação de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso – TCC

Ata da sessão de defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do semestre 2022.1, sendo candidato o aluno LÁZARO SANTOS VILA VERDE COSTA. Aos 29 dias do mês de Junho de 2022 reuniu-se a Banda Examinadora constituída pelos professores ALBERTO DO NASCIMENTO SILVA, (presidente/orientador), e os membros: 1) JONATAS BARROS DO SANTOS e 2) JOSÉ DE OLIVEIRA CRUZ (Campus IX), para avaliar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado **AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE FRUTÍFERAS NO PERÍMETRO IRRIGADO BARREIRAS – NORTE.**

As médias de notas apontadas pelos professores conforme as Fichas de Avaliação de Banca (anexas) indicam que o aluno está **aprovado**, sendo recomendada nesta ocasião a concessão do grau de **“Bacharel em Engenharia Agrônoma”** ao candidato, uma vez se atendidas as correções apontadas pela banca e o cumprimento integral do currículo do curso.

Observações: 1) A média aritmética final para aprovação é de 7,0 (sete vírgula zero);
2) O(a) aluno (a) terá prazo de 5 (cinco) dias para fazer as correções solicitadas pela banca e apresentá-las ao Presidente da Banca (professor orientador) com a finalidade de entrega definitiva do trabalho.

Barreiras, 29 de junho de 2022

Documento assinado digitalmente
 ALBERTO DO NASCIMENTO SILVA
Data: 01/07/2022 12:03:48-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Professor orientador - Presidente da Banca

Documento assinado digitalmente
 JONATAS BARROS DOS SANTOS
Data: 01/07/2022 23:09:00-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Membro 1

Documento assinado digitalmente
 LAZZARO SANTOS VILA VERDE COSTA
Data: 03/07/2022 12:43:17-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Aluno (a)

Documento assinado digitalmente
 JOSE DE OLIVEIRA CRUZ
Data: 02/07/2022 15:23:06-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Membro 2

Coordenação do Curso

Dedico este trabalho a todos os profissionais da Universidade do Estado da Bahia, Camus IX, e a todos que fizeram parte da minha vida ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, meu Senhor Jesus Cristo.

Agradeço ao meu orientador Dr. Alberto do Nascimento Silva por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa.

A todos os meus professores do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia pela excelência da qualidade técnica de cada um.

Aos meus pais Elcio Vila Verde e Adenilse Vila Verde que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

A minha esposa Gleibea Damaceno P. Vila Verde pela compreensão e paciência demonstrada durante o período do projeto e a minha amada filha Maria Júlia D. Vila Verde.

RESUMO

Com a iniciativa de conhecer melhor a realidade do sistema de irrigação e sua capacidade de exploração dos pequenos produtores do Perímetro Irrigado Barreiras Norte, tomou-se a iniciativa de avaliar tecnicamente o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e a eficiência de aplicação (Ea). Em cinco propriedades foram avaliadas as condições dos seus respectivos sistemas de irrigação, convencional e microaspersão. Utilizando o método dos pluviômetros ou coletores numa malha de avaliação quadricular, o sistema foi ligado para captação da lamina de água por uma hora. Os volumes foram medidos convertidos em mm de água. Os resultados baseou-se na metodologia apresentada por Mantovani (2001), os sistemas avaliados obtiveram classificações de CUC de inaceitável a excelente, e de CUD classificações de inaceitável a bom. Os fatores que colaboraram para as classes indicam principalmente a pressão e a vazão para os índices.

Palavras-chave. Aspersores, irrigação, uniformidade e eficiência de aplicação.

ABSTRACT

With the initiative to better understand the reality of the irrigation system and its ability to better the exploit small producers of Perímetro Irrigado Barreiras Norte, the initiative was taken to technically evaluate the Christiansen Uniformity Coefficient (CUC), the Distribution Uniformity Coefficient (CUD) and Application Efficiency (Ea). The conditions of their respective irrigation systems, conventional and micro sprinkler, were evaluated in five properties. Using the method of rain gauges or collectors in a grid evaluation grid, the system was turned on to capture the ground water table for one hour. The volumes were measured converted to mm of water. The results were based on the methodology presented by Mantovani (2001), the evaluated systems obtained CUC ratings from unacceptable to excellent, and CUD ratings from unacceptable to good. The factors that contributed to the classes mainly indicate the pressure and flow for each rate.

Key words. Sprinklers, irrigation, uniformity and application efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Fazenda Modelo P. Mizote P1 - Aspersão convencional. (Fonte: Google Earth).....	19
Figura 2: Sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Modelo P. Mizote (P1 - Aspersão convencional).....	20
Figura 3: Aspensor constituinte do sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Modelo P. Mizote (P1 - Aspersão convencional).....	20
Figura 4: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Fazenda Experimental Olindina Batista P3 - Aspersão convencional. (Fonte: Google Earth).	21
Figura 5: Aspensor constituinte do sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Experimental Olindina Batista (P3 - Aspersão convencional).	22
Figura 6: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Fazenda Estarcia Michelse P2 - Aspersão convencional.(Fonte: Google Earth).....	23
Figura 7: Sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Estarcia Michelse (P2 - Aspersão convencional).	23
Figura 8: Aspensor constituinte do sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Estarcia Michelse (P2 - Aspersão convencional).	24
Figura 9: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Fazenda Madredeus (Fonte: Google Earth).	25
Figura 10: Sistema de irrigação por Microaspersão avaliado na Fazenda Madredeus (P5 - Microaspersão).....	26
Figura 11: Sistema de irrigação por Microaspersão avaliado na Fazenda Estarcia Michelse (P6 - Microaspersão).....	27
Figura 12: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Sítio Nink, P4–Microaspersão. (Fonte: Google Earth).....	28
Figura 13: Sistema de irrigação por Microaspersão avaliado na Fazenda Sítio Nink (P4 - Microaspersão).....	28
Figura 14: Croqui de posicionamento dos pluviômetros.....	30
Figura 15: Avaliação da uniformidade em sistema de irrigação convencional.	30
Figura 16: Distribuição espacial das lâminas coletadas nas áreas de aspersão convencional, P1 – Aspersão convencional (Esquerda); P2 – Aspersão convencional (Centro); P3 – Aspersão convencional (Direita).	36

Figura 17: Distribuição espacial das lâminas coletadas nas áreas de microaspersão avaliadas, P4 – Microaspersão (Esquerda); P5 Microaspersão (Centro); P6- Microaspersão (Direita).36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Identificação das 6 utilizadas para avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação por aspersão convencional e microaspersão.	18
Tabela 2: Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Eficiência de aplicação (Ea).	32
Tabela 3: Vazão e pressão da água nos aspersores nas 6 áreas avaliadas.	33
Tabela 4: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Aplicação (EA) e as respectivas classificações, nas 6 áreas avaliadas.	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Perímetro irrigado Barreiras norte	15
2.2 Avaliação da Uniformidade de aplicação de água	16
2.3 Avaliação da Eficiência de aplicação de água	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização e caracterização das áreas de estudo	18
3.2 Áreas de estudo.....	18
3.2.1 P1 - Aspersão convencional.....	19
3.2.2 P2 - Aspersão convencional.....	20
3.2.3 P3 - Aspersão convencional.....	22
3.2.4 P4 – Microaspersão	24
3.2.5 P5 – Microaspersão	26
3.2.6 P6 – Microaspersão	27
3.3 Avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação	29
3.3.1 Uniformidade de aplicação	29
3.3.2 Eficiência de aplicação potencial (EA)	31
3.4 Interpretação dos resultados	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5. CONCLUSÃO.....	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

O perímetro irrigado Barreiras Norte, localizado no município de Barreiras, região Oeste da Bahia, possui grande importância econômica para a região, como grande polo produtor de banana, mandioca, uva, dentre outras culturas. No ano agrícola de 2019, a produção agrícola no perímetro gerou um valor bruto de produção (VBP) equivalente a R\$ 20.000.000, com destaque para as culturas da banana, mamão, mandioca e uva, as quais foram responsáveis por 77,0; 6,0; 4,0; e 4,0%, respectivamente, desse VBP (SILVA, 2021).

Entretanto, para que se obtenha essa produção, grande quantidade de água é consumida anualmente. No perímetro, há um consumo médio anual de 35.154.847 m³ ano⁻¹ (SILVA, 2021). A irrigação é considerada a principal atividade humana consumidora de água (SOUZA et al. 2017). A necessidade de conservação dos recursos hídricos e redução dos custos de produção, principalmente de energia e insumos, devem, por meio dos sistemas de irrigação e manejo, proporcionar aplicação de água de forma uniforme e eficiente (REZENDE et al. 2002; PAULINO, 2009).

Assim, para se obter melhor aproveitamento da água pelos sistemas de irrigação e maior produtividade das culturas, dois parâmetros são extremamente importantes: uniformidade de aplicação e eficiência de aplicação de água. Um sistema de irrigação eficiente, aliado a um manejo adequado, pode garantir o suprimento apropriado de água (SOUZA et al. 2017) e, simultaneamente, melhor aproveitamento da água.

Conforme Silva et al. (2005), a avaliação de sistemas de irrigação é um tema que os agricultores têm dado pouca importância, muitas vezes por falta de orientação e conhecimento. No Perímetro Irrigado Barreiras Norte não é diferente. Os pequenos agricultores ou agricultores familiares que estão inseridos neste projeto, apesar dos variados sistemas e tecnologias adotadas em cada propriedade, se deparam com um problema comum: a falta de assistência técnica. Portanto, com base no exposto, a avaliação a uniformidade e da eficiência de aplicação dos sistemas de irrigação é um procedimento

imprescindível para garantir redução nos custos com irrigação, maior produtividade das culturas e menor consumo de água no Perímetro Irrigado Barreiras Norte.

A preservação dos recursos hídricos é uma necessidade, visto que a tendência do pensamento sustentável proporciona a agricultura inovações e tecnologia para uma boa utilização da água. Os problemas enfrentados pelos agricultores do Perímetro Irrigado Barreiras Norte, não tão distante da realidade do Brasil, e principalmente por está inserido na região Nordeste, abrange um histórico de limitações no acesso ao conhecimento técnico.

Poder visualizar em seu sistema a uniformidade de aplicação e a eficiência de aplicação do sistema de irrigação é uma conjectura básica para qualquer unidade produtora. Neste sentido, o produtor observar a produtividade custos e benefícios gerados pelo seu sistema, assim evitando altos gastos com energia, água, tempo e outros fatores decorrentes da falta de especialização no manejo.

Atualmente, poucos são os trabalhos que envolvem a eficiência de irrigação na região do Oeste da Bahia, especialmente, quando envolve os pequenos agricultores ou agricultura familiar, para uma produção de subsistência, por isso se faz necessário esse estudo para o fortalecimento dessas unidades produtoras.

Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a uniformidade e eficiência de aplicação de sistemas de irrigação, convencional e por microaspersão de pequenos proprietários do perímetro irrigado Barreiras Norte.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Perímetro irrigado Barreiras norte

O Perímetro Irrigado Barreiras Norte, localizado no extremo oeste da Bahia iniciou seu funcionamento em 1999, conta com a fonte hídrica o Rio Grande, a área Irrigável sugere 1.613,21 ha de 2146,40 ha de infraestrutura, e se divide em 771,6 ha para lotes familiares, 966,36 ha para lotes empresariais 351,07 ha para remanescentes e 57,37 ha para concessões (SILVA, 2021).

Os principais sistemas de irrigação utilizados são a microaspersão e a aspersão. A vazão outorgada vigente é de 35.154.847 m³.ano⁻¹ os investimento até 2020 totalizaram R\$ 397.544.871,83. Na infraestrutura tem 46 km de adutoras, 18 km de drenos, 28 km de estradas e 1 estação de bombeamento. Calcula-se a geração de 1.110 empregos diretos e 1.665 empregos indiretos, 337 empregos induzidos, com uma produção de 16.542 t de produtos agrícolas em 2020 (SILVA, 2021).

No local, os pequenos produtores obtêm 111 lotes, correspondendo uma área total de 771,6 ha, onde nestes 682,72 ha são de área irrigada, e os outros 88,88 ha é de área de sequeiro (SILVA, 2021). Empresários detêm a quantidade de lotes equivalente a 45, que totalizam uma área de 966,36 ha, e nestes 797,42 ha é irrigada e 168,94 ha são destinadas ao sequeiro (SILVA, 2021).

Além dos lotes que se destinam a empresas e pequenos produtores, 12 lotes são remanescentes que totalizam 351,07 ha, e desse total 124,07 ha é de área irrigada e 227,00 ha é de sequeiro (SILVA, 2021). Os lotes concessionários correspondem a 8 lotes, desses 9 ha é área irrigada e 48,37 ha são de área de sequeiro totalizando assim 57,37 ha dessa categoria (SILVA, 2021).

O VBP em 2020 foi de R\$ 21.459.835, com uma produção de 16.542 t de produtos agrícolas. Deste, a exploração de fruticultura ganha destaque para banana que contribui com 77% do Valor Bruto de Produção (VBP), seguida pela cultura mamão que representa 6%, uva com 4% mandioca com 4% e demais culturas que juntas representam 9% do VBP do projeto.

Silva (2021), mostra que em 2020 os lotes empresariais tiveram VBP superior aos lotes familiares, diferente do que ocorreu em 2019, quando os lotes familiares obtiveram melhor resultado em termos de produtividade do que os empresariais. Bons patamares foram alcançados em 2020 onde o aumento do VBP (19%) de 2019 representando R\$ 18 milhões passou para R\$ 21,4 milhões. As culturas temporárias tiveram uma maior representatividade nos lotes familiares do projeto em 2020 e ocuparam 34% da área cultivada, enquanto nos lotes empresariais esta porcentagem continuou bem baixa, se restringindo a 1% da área deste tipo de lote, entretanto a participação destas culturas no VBP total continuou baixa, cerca de 6% ao todo (SILVA, 2021).

2.2 Avaliação da Uniformidade de aplicação de água

É de extrema importância a avaliação da uniformidade de aplicação de água, tanto na fase de projeto como no acompanhamento do desempenho após a implantação, pois reduz gastos da irrigação, assim como o bom desempenho da cultura no campo (SOUZA, 2017).

A baixa uniformidade de distribuição pode apresentar um desenvolvimento espacial diferente da cultura. Essa desordem ocorre, principalmente, por causa da localização de água na zona radicular das culturas, em pequenas intensidades, porém com alta frequência (SOUZA, 2017).

Pereira et al. (2016), indica que os valores que expressam uma excelente desempenho o coeficiente de uniformidade de distribuição CUC (%) deve ser superior a 90, o bom pode variar entre 80 a 90 (%), razoável entre 70 a 80 (%), ruim gira em torno de 60 a 70 (%), e o inaceitável é abaixo de 60 (%).

Já o Coeficiente de uniformidade de distribuição CUD (%) mostram que os valores igual ou superior a 90 expressam um excelente desempenho, o bom pode variar entre 68 a 84, razoável entre 52 a 68, ruim gira em torno de 36 a 52, e o inaceitável é abaixo de 36 (PEREIRA et al., 2016).

Para se evitar o baixo rendimento das culturas, devido aos problemas na uniformidade de aplicação da água, é preciso verificar periodicamente o sistema de irrigação, buscando manter as condições recomendadas no projeto.

Isso só é possível a partir da associação das medidas de uniformidade e conceitos de eficiência (SOUZA, 2017).

Souza et al. (2014) explica que o queda na uniformidade de aplicação é ocasionado geralmente por uma má manutenção do sistema de irrigação, proporcionando assim perdas de aproximadamente 60% da uniformidade. Além disso que diversos fatores influenciam na uniformidade de distribuição, desde o projeto do sistema até os fatores climáticos, sendo que, na irrigação por aspersão, um dos mais importantes é a velocidade do vento.

2.3 Avaliação da Eficiência de aplicação de água

Souza (2017) observa que a baixa eficiência do sistema pode afetar diretamente a produtividade agrícola, visto disso a Eficiência de aplicação (E_a) razão entre a água absorvida pelo sistema radicular e a água aplicada é um fator fundamental no manejo de irrigação.

Coelho et. al (2005), implica que o aumento da eficiência de aplicação ocorrerá à medida que o agricultor irrigante tomar consciência da necessidade de usar racionalmente a água, o que não ocorrerá por si. Diz ainda que, a outorga de água condicionada ao uso de sistemas de irrigação mais eficientes e taxaço do insumo água, bem como a orientação e capacitação dos irrigantes, podem contribuir muito para a percepção do agricultor.

A irrigação por aspersão convencional tem como vantagem maior eficiência de aplicação de água comparada aos métodos por superfície. Porém, tem como desvantagem sofrer influência climática, como umidade relativa e velocidade do vento (PAULINO, 2009).

Alem disso, pressão e vazão inferiores ao recomendado pelo fabricante dos aspersores podem diretamente influenciar na baixa eficiência de aplicação (PAULINO, 2009).

Bernardo et al. (2019), descreve que os valores de E_a em porcentagem (%) devem ser maiores que noventa e cinco, para serem considerados ideal, $E_a \geq 95$; e que entre oitenta a noventa e cinco, $80 \leq E_a < 95$ são considerados como aceitável, e que abaixo de oitenta $E_a < 80$ são considerados como inaceitável.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização das áreas de estudo

O trabalho foi conduzido no Perímetro Irrigado Barreiras Norte, localizado no município de Barreiras, extremo Oeste da Bahia, entre as coordenadas 12° 09' 10" de latitude Sul e 44° 59' 24" de longitude Oeste, com altitude de 452 m.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Bw, tropical sub úmido com chuvas de outubro a abril e período seco de maio a setembro. Tendo uma média de temperatura que varia em torno de 34° C e 18° C (INMET, 2010). A precipitação anual é superior a 1.000 mm e a evapotranspiração anual se situa entre 1.400 mm e 1.600 mm. Na região, os solos predominantes são classificados como Latossolos Amarelos, sendo profundos, bastante intemperizados, pobres em saturação por bases e matéria orgânica (EMBRAPA, 2018).

3.2 Áreas de estudo

As avaliações de desempenho dos sistemas foram realizadas em seis lotes do Perímetro Irrigado Barreiras Norte, sendo três com sistema de irrigação por aspersão convencional e três com sistema de irrigação por microaspersão, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1: Identificação das 6 utilizadas para avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação por aspersão convencional e microaspersão.

Identificação	Sistema de irrigação	Nome adotado
Fazenda modelo Paulo Mizote	Aspersão convencional	P1 - Aspersão convencional
Fazenda Olindina Batista	Aspersão convencional	P2 - Aspersão convencional
Fazenda Estarcia Michelse	Aspersão convencional	P3 - Aspersão convencional
Fazenda Madredeus	Microaspersão	P4 - Microaspersão
Fazenda Estarcia Michelse	Microaspersão	P5 - Microaspersão
Sítio Nink	Microaspersão	P6 - Microaspersão

3.2.1 P1 - Aspersão convencional

A Fazenda Modelo Paulo Mizote está situada no Barreiras Norte, localizada à margem esquerda da Rodovia BA 447, sentido de Barreiras para Angical, Km 08, Perímetro Irrigado Barreiras Norte, município de Barreiras - BA. Faz frente para rodovia asfaltada, tendo acesso direto por esta. O acesso principal é de estrada asfaltada com condições de tráfego em qualquer época do ano. O imóvel está distante 10 Km da Cidade de Barreiras sob a Coordenada geodésica da sede $12^{\circ}05'19.38''$ S $44^{\circ}55'17,26''$ O, e a 476 m de altitude (Figura1).



Figura 1: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Fazenda Modelo P. Mizote P1 - Aspersão convencional. (Fonte: Google Earth).

O sistema de irrigação avaliado na Fazenda Modelo foi o de aspersão convencional, com espaçamento 12 x 12 metros (Figura 2). Os aspersores são da marca Fabrimar modelo A232 (Figura 3). No momento da avaliação, a área estava sem cultura implantada.



Figura 2: Sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Modelo P. Mizote (P1 - Aspersão convencional).



Figura 3: Aspensor constituinte do sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Modelo P. Mizote (P1 - Aspersão convencional).

3.2.2 P2 - Aspersão convencional

A Fazenda Experimental Olindina Batista está localizada à esquerda da Rodovia BR 135, sentido de Barreiras para Riachão das Neves, Km 08, sob a

Coordenada geodésica da sede S 11° 58' 48"; W 44° 57' 49", e a 454 m de altitude (Figura 4).



Figura 4: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Fazenda Experimental Olindina Batista P3 - Aspersão convencional. (Fonte: Google Earth).

O sistema de irrigação avaliado na Fazenda Experimental Olindina Batista, foi o convencional, com espaçamento fora dos parâmetros indicados de 15 x 15 metros, aspersores da marca Rain Bird modelo LF2400 (Figura 5), com pastagem implantada.



Figura 5: Aspersor constituinte do sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Experimental Olindina Batista (P3 - Aspersão convencional).

3.2.3 P3 - Aspersão convencional

A Fazenda Estarcia Michelse está situada no Barreiras Norte, localizada à esquerda da Rodovia BA 447, sentido de Barreiras para Angical, Km 08, sob a Coordenada geodésica da sede $12^{\circ} 4'31.21''S$ $44^{\circ}56'34.32''O$, e altitude 454 m (Figura 6).



Figura 6: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Fazenda Estarcia Michelse P2 - Aspersão convencional.(Fonte: Google Earth).

Os sistemas de irrigação avaliados na Fazenda Estarcia Michelse foi o convencional, com espaçamento 12 x 12 metros, aspersores da marca Fabrimar modelo A232 (Figura 6), com a cultura da mandioca implantada (Figura 7), e microaspersão com espaçamento de 2 x 2 metros, microaspersores da marca Netafim, com a cultura da banana implantada (Figura 8).



Figura 7: Sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Estarcia Michelse (P2 - Aspersão convencional).



Figura 8: Aspensor constituinte do sistema de irrigação por aspersão convencional avaliado na Fazenda Estarcia Michelse (P2 - Aspersão convencional).

3.2.4 P4 – Microaspersão

A Fazenda Madredeus está situada no Barreiras Norte, localizada à direita da Rodovia BA 447, sentido de Barreiras para Angical, Km 08, sob a Coordenada geodésica da sede $12^{\circ} 6'37.10''S$ $44^{\circ}55'39.86''O$, e a 466 m de altitude (Figura 9).



Figura 9: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Fazenda Madreus (Fonte: Google Earth).

O sistema de irrigação avaliado na Fazenda Madreus, foi o de microaspersão, com espaçamento de 2 x 2 metros, microaspersores da marca Netafim com a cultura da banana implantada (Figura 10).



Figura 10: Sistema de irrigação por Microaspersão avaliado na Fazenda Madreus (P5 - Microaspersão).

3.2.5 P5 – Microaspersão

A Fazenda Estarcia Michelse, também foi utilizada para avaliar o sistema de irrigação por microaspersão, com espaçamento de 2 x 2 metros, microaspersores da marca Netafim com a cultura da banana implantada (Figura 11).



Figura 11: Sistema de irrigação por Microaspersão avaliado na Fazenda Estarcia Michelse (P6 - Microaspersão).

3.2.6 P6 – Microaspersão

O Sítio Nink está localizado à esquerda da Rodovia BA 447, sentido de Barreiras para Angical, Km 08, sob a Coordenada geodésica da sede 12° 5'7.50"S 44°56'33.45"O, a 443 m de altitude (Figura 12).



Figura 12: Localização do Imóvel objeto de Avaliação, Sítio Nink, P4– Microaspersão. (Fonte: Google Earth).

O sistema de irrigação avaliado no Sítio Nink, foi o de microaspersão, com espaçamento de 2 x 2 metros, microaspersores da marca Netafim, com a cultura da banana implantada (Figura 13).



Figura 13: Sistema de irrigação por Microaspersão avaliado na Fazenda Sítio Nink (P4 - Microaspersão).

3.3 Avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação

Para avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação por microaspersão e aspersão convencional foram avaliadas a uniformidade e a eficiência de aplicação. Também foi determinada a vazão e pressão nos sistemas.

3.3.1 Uniformidade de aplicação

A uniformidade de aplicação de água nos sistemas de irrigação por aspersão foi avaliada conforme metodologia proposta por Christiansen (1942) e citada por Bernardo et al. (2019). Para tal, foi realizada a coleta das precipitações por meio da instalação de coletores alocados na área de influência entre quatro aspersores, formando uma malha na área irrigada com subáreas iguais e quadradas de 4,0 m².

Os coletores foram acomodados em uma malha de pontos em torno do aspersor (Figura 14). Quando se utiliza somente um aspersor no teste, os espaçamentos entre aspersores e laterais são simulados, sobrepondo os dados convenientes (BERNARDO et. al., 2019).

A área em torno do aspersor foi dividida em subáreas quadradas. Os coletores de precipitação foram colocados no centro de cada subárea (Figura 15). O número mínimo de coletores a ser instalado por teste geralmente varia com raio de alcance do aspersor e com espaçamento dos coletores (BERNARDO et. al., 2019).

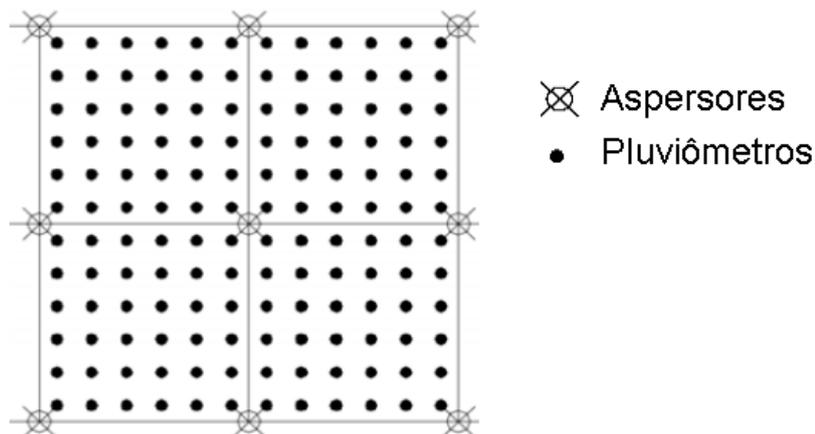


Figura 14: Croqui de posicionamento dos pluviômetros.



Figura 15: Avaliação da uniformidade em sistema de irrigação convencional.

Todos os dados da cultura foram anotados para avaliação completa do sistema, anotou-se todas as características do aspersor, tal como marca, diâmetro de bocais e condições de operação como a altura de elevação, pressão de operação, vazão, duração e hora que foi feito o teste e velocidade e direção do vento conforme metodologia feita por Bernardo et. al., (2019).

O sistema de microaspersão embora seja um tipo de sistema de irrigação localizado, apresenta características hidráulicas e de operação muito próximas da aspersão convencional (SILVA, 2005). Por isso foram tomados os mesmos parâmetros.

Com os dados coletados foram calculados: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), empregando se as Equações 1 e 2 respectivamente.

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |L_i - L_m|}{n \cdot L_m} \right] \cdot 100 \text{ Equação (1)}$$

Em que:

CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

L_i = Lâmina obtida no coletor i em (mm);

L_m = Lâmina média de todas as observações (mm);

n = Número de coletores.

$$CUD = \left[\frac{L_{q^{25\%}}}{L_m} \right] \cdot 100 \text{ Equação (2)}$$

Em que:

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em %;

$L_{q^{25\%}}$ = Média de 25% do total de coletores com as menores vazões, em (mm);

L_m = Média das vazões coletadas nos coletores na subárea, em (mm).

3.3.2 Eficiência de aplicação potencial (EA)

A perda por evaporação e arrastamento pelo vento aumenta com a temperatura do ar, com a velocidade do vento, com o fracionamento do jato de água e, conseqüentemente, com a pressão de operação do aspersor e com a redução da umidade relativa (BERNARDO et. al., 2019). Um parâmetro que reflete essa perda é a eficiência de aplicação em potencial determinada pela equação (3):

$$Ea = \frac{V_s}{V_{asp}} = \frac{a \cdot \sum_{i=1}^n X_i}{T_d \cdot qa} = \frac{A_i \cdot \bar{X}}{T_d \cdot qa} = \frac{n \cdot a \cdot \bar{X}}{T_d \cdot qa} \text{ Equação (3)}$$

Em que:

V_s = volume de água que cai no solo ou no dossel dos cultivos em m^3 ;

V_{asp} = volume de água que sai do aspersor em m^3 ;

a = área de cada quadrícula em m^2 ;

A_i = Área irrigada em m^2 correspondente ao espaçamento entre aspersores;

Td = tempo de duração do teste em horas;

3.4 Interpretação dos resultados

A interpretação dos resultados baseou-se na metodologia apresentada por Mantovani (2001) (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Eficiência de aplicação (Ea).

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

Bernardo et. al. (2019), determina que a eficiência de aplicação (Ea) para sistema de irrigação convencional o parâmetro aceitável deva está entre 75 a 85%, e acima de 85% ideal.

No gotejamento a eficiência de aplicação (Ea) é sempre 1 ou 100%. Na micro-aspersão pode haver uma pequena perda de água até que a mesma cai no solo, no entanto as perdas por arrastamento e evaporação na micro-aspersão são muito menores que as perdas que ocorrem na grande aspersão. Devido a isso os projetistas considerarem a eficiência de aplicação igual a 100% na micro-aspersão. Essas considerações implicam, tanto no gotejamento quanto na micro-aspersão que a eficiência de irrigação nesses métodos, caso não haja vazamento, ser igual à eficiência de distribuição (BERNARDO et. al., 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas avaliações dos sistemas foram constatados que a pressão nos aspersores de algumas áreas excedeu o recomendável pela fabricante para o tipo de aspersor, e em outros a pressão foi inferior ao recomendado ela fabricante (Tabela 3), o que influencia nos sistemas. Meneses et al. (2015), considera que diferenças nas vazões devem levar ao aumento da lâmina de água, enquanto Bernardo et al. (2019), fala que a alta pressão pode promover perdas por evaporação e deriva.

Tabela 3: Vazão e pressão da água nos aspersores nas 6 ares avaliadas.

Propriedades	Vazão do Aspersor (m ³ .h ⁻¹)	Pressão (mca)
P1 - Aspersão convencional	2,701	35
P2 - Aspersão convencional	0,562	19
P3 - Aspersão convencional	2,553	50
P4 - Microaspersão	0,047	9
P5 - Microaspersão	0,079	17
P6 - Microaspersão	0,090	26

Pereira et al. (2016) descreve que o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) é utilizado para medir a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema. E Neto et al. (2013), detalha que o (CUC) pondera a média da lâmina coletada em todos os coletores.

Nas áreas de irrigação convencional apenas (P2 - Aspersão convencional), mostrou 45,22%, P1 - Aspersão convencional 73,69 e P3 - Aspersão convencional com 70,75%, organizados na Tabela 4. Observa-se também que as áreas de irrigação convencional o CUC em 33,33% das áreas avaliadas foram Inaceitável, enquanto 66,66% foram razoáveis. Os resultados para CUC em 66,66% das áreas de irrigação convencional assemelha-se aos dados encontrados por Pereira et al. (2016), sendo divergente no entanto com o CUD.

Outro parâmetro utilizado para avaliação da uniformidade o (CUD) de forma mais restritiva, da maior atenção as plantas que recebem menos água, pois consideram a média das 25% menores lâminas coletadas (NETO et al., 2013).

Para o (CUD) dos sistemas de irrigação convencionais avaliados P1 - Aspersão convencional 41,89%, P2 - Aspersão convencional 32,65 e P3 - Aspersão convencional 46,40. O CUD das áreas de irrigação convencional 33,33% das áreas avaliadas foram Inaceitáveis, e classificou-se 66,66% das áreas como ruins. Resultados para CUD em 66,66% das áreas de irrigação convencional assemelha-se aos dados encontrados por Borges et al. (2015), sendo divergente no entanto com o CUC.

A eficiência de aplicação que se refere à relação que há entre o volume de água que cai no solo ou no dossel dos cultivos em m^3 e o volume de água que sai do aspersor em m^3 (BERNARDO et. al., 2019).

Para a eficiência de aplicação 100% das áreas de sistema de irrigação convencional foram consideradas aceitáveis segundo a faixa percentual expressa por Bernardo et. al. (2019). P1 com 89,19%, P2 com 84,13 e P3 com 87,59% de Eficiência de aplicação.

Nos sistemas localizados de microaspersão os dados do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) apresentados na (Tabela 4) obtiveram, P4 - Microaspersão 79,82%, P5 – Microaspersão 95,46 e P6 - Microaspersão e 93,28%. Fazendo com que 33,33% das áreas classificassem como razoável e 66,66% como excelente. Meneses et al. (2015), avaliando diferentes lotes de microaspersão que variou de 74 a 96 (%), observou semelhantes classificações para o (CUC) em sistemas de irrigação de microaspersão.

O (CUD) nos sistemas de irrigação de microaspersão observou-se, P4 - Microaspersão 66,60%, P5 – Microaspersão 84,30 e P6 – Microaspersão com 78,15% (Tabela 4).

Para a eficiência de aplicação 100% das áreas de sistema de irrigação por microaspersão foram consideradas ideal segundo a faixa percentual

expressa por Bernardo et. al. (2019). P4, P5 e P6 obtendo 100% o que compreende o esperado em sistemas de irrigação localizados.

Tabela 4: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Aplicação (EA) e as respectivas classificações, nas 6 áreas avaliadas.

Áreas	CUC (%)	CUD (%)	Ea (%)	Classificação		
				CUC	CUD	Ea
P1 - Aspersão convencional	73,69	41,89	89,19	Razoável	Ruim	Aceitável
P2 - Aspersão convencional	45,22	32,65	84,13	Inaceitável	Inaceitável	Aceitável
P3 - Aspersão convencional	70,75	46,40	87,59	Razoável	Ruim	Aceitável
P4 - Microaspersão	79,82	66,60	100	Razoável	Razoável	Ideal
P5 - Microaspersão	95,46	84,30	100	Excelente	Excelente	Ideal
P6 - Microaspersão	93,28	78,15	100	Excelente	Razoável	Ideal

É notável como nos dois tipos de sistemas de irrigação houve diferenças em classificação que apontam a microaspersão superior a aspersão convencional tanto no CUC quanto no CUD. Bernardo et al. (2019) cita que por se tratar de um sistema de irrigação localizado, as perdas por deriva e evaporação serão mínimas, colaborando assim para uma maior uniformidade.

Nas áreas de aspersão convencional P1 – Aspersão convencional, P2 – Aspersão convencional e P3 – Aspersão convencional podem-se observar na vista de distribuição espacial das lâminas coletadas (Figura 15), as regiões da malha de coletores em cada análise onde os aspersores jogaram pouca ou zero quantidade água representada na cor salmão (Figura 15), os pontos que receberam mais água representada na cor azul na tonalidade mais escura. Na coloração azul mais claro encontra-se a região média de aplicação da água, o que interessa alcançar a maior uniformidade nessa faixa de aplicação.

Pode-se analisar ainda na Figura 15, como há uma forte deficiência de aplicação em P2 – Aspersão convencional, tornando necessária manutenção no sistema urgente.

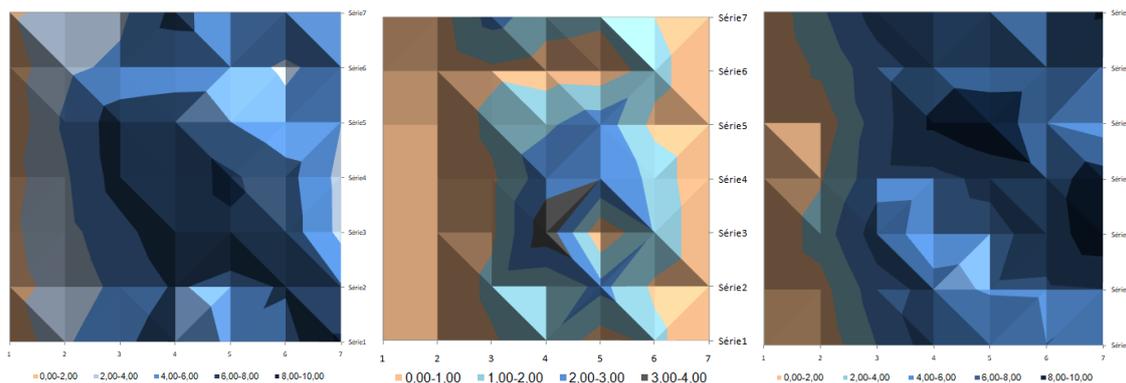


Figura 16: Distribuição espacial das lâminas coletadas nas áreas de aspersão convencional, P1 – Aspersão convencional (Esquerda); P2 – Aspersão convencional (Centro); P3 – Aspersão convencional (Direita).

Nas áreas de irrigação por microaspersão P4 – Microaspersão, P5 Microaspersão e P6-Microaspersão pode-se observar na distribuição espacial das lâminas (Figura 16), as regiões da malha de coletores onde o microaspersor esta distribuindo mais água representada numa coloração azul na tonalidade escura, e os locais onde recebeu pouco ou zero água de cor salmão. Na coloração azul claro encontra-se a região média e mais uniforme de aplicação da água, o que interessa alcançar no sistema.

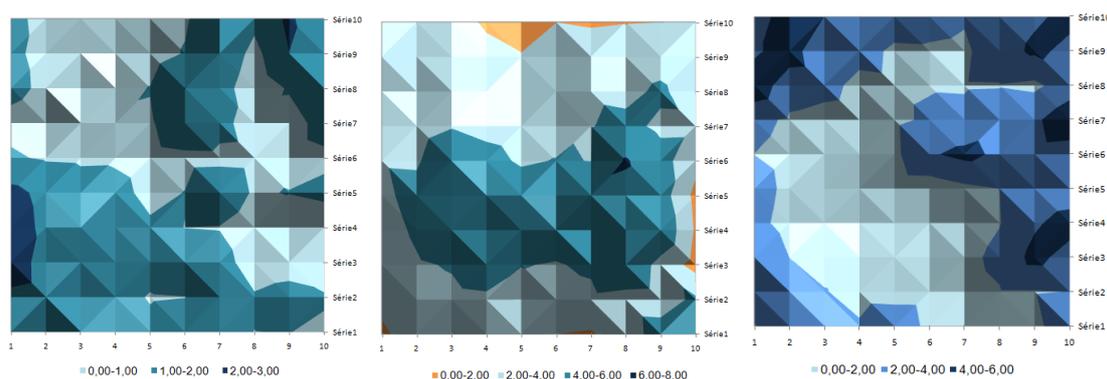


Figura 17: Distribuição espacial das lâminas coletadas nas áreas de microaspersão avaliadas, P4 – Microaspersão (Esquerda); P5 Microaspersão (Centro); P6-Microaspersão (Direita).

5. CONCLUSÃO

Os sistemas convencionais avaliados P1 e P3 obtiveram classificações de CUC de razoável enquanto P2 inaceitável necessitando uma manutenção em todos os sistemas, e de CUD classificação inaceitável em P2 e ruim em P1 e P3. Nos sistemas de microaspersão concluiu-se que o CUC em P4 foi razoável enquanto P5 e P6 foram excelentes e o CUD em P4 e P6 razoável e P5 excelente, onde apenas área P5 - Microaspersão operou em boas condições. O desempenho dos sistemas de irrigação avaliados 83,33% estão operando abaixo do recomendado pela literatura. Os fatores que colaboraram para as classes indicam principalmente a pressão fora do recomendável pela fabricante e a vazão para os índices.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S. et al. Manual de Irrigação. 9ª Edição. **Universidade Federal de Viçosa**, MG: Editora UFV, 2019.

BORGES, R. C. et al. AVALIAÇÃO DE UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NO MUNICÍPIO DE PENTECOSTE-CE. **XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**, São Cristóvão/SE, ano 2015, p. 1663-1669, 8 nov. 2015.

COELHO, E. f. et al. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 57 - 60, 15 set. 2005.

MARTIN et al. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 192 - 205, 2012.

MELLO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. Irrigação. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ: Abril de 2007.

MENESES, T. M. et al. DESEMPENHO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO, NO PERÍMETRO IRRIGADO JACARÉ CURITUBA- SE. **III INOVAGRI INTERNACIONAL MEETING**, Fortaleza, CE, ano 2015, p. 1768-1776, 3 set. 2015.

NETO, J. D. et al. Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento em áreas de pequenos produtores do semiárido paraibano. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v.9, n.16, p. 679-688, 2013.

PAULINO, M. A. O. et al. AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, CE, ano 2009, v. 3, n. 2, p. 48-54, 15 set. 2009.

PEREIRA, L. R. et al. UNIFORMIDADE E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM PASTAGEM. **Revista Agrarian**, Alegre, ES, ano 2016, v. 9, ed. 32, p. 156-161, 10 ago. 2016.

SANTOS et al. Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam.). **Ciência Agrícola**, Rio Largo - AL, v. 13, n. 1, p. 7-13, 2015.

SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Solos**, Brasília - DF, ano 2018, n. 5ª, p. 1-355, 17 jan. 2018.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. AVALIAÇÃO DE UNIFORMIDADE EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA. **REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE AGRONOMIA**, Garça-SP, ano 2005, n. 8, p. 1-17, dez. 2005.

SILVA, A. L. O. C. PLANO OPERATIVO ANUAL DA APROBAN. *In: ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DO BARREIRAS NORTE ANO 2021*. Barreiras - BA: CODEVASF, 18 fev. 2021. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/barreiras-do-norte>. Acesso em: 9 abr. 2021.

SOUZA, J. M. *et al.* Desempenho de um sistema de irrigação por aspersão durante os períodos diurno e noturno na região sul do Espírito Santo. **Revista Agro@ambiente On-line**, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, ano 2014, v. 8, n. 3, p. 416-423, 14 out. 2014.

SOUZA, L. O. C. *et al.* Avaliação de Sistemas de Irrigação por Gotejamento, Utilizados na Cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.3, p.541–548. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. 2005.

SOUZA, M. H. C. *et al.* AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO. *In: SOUZA, M. H. C. et al. IV INOVAGRI International Meeting*: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. FORTALEZA - CE: EMBRAPA, 2 out. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1078949/avaliacao-da-uniformidade-de-um-sistema-de-irrigacao-por-gotejamento>. Acesso em: 10 abr. 2021.