

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
MICROASPERSÃO**

KÊNIO GONÇALVES DA SILVA

Montes Claros – MG

2020

Kênio Gonçalves da Silva

AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
MICROASPERSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves Oliveira

Montes Claros - MG

Kênio Gonçalves da Silva. AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof.^a Dr.^a. Irene Menegali - ICA/UFMG

Prof. Dr. Flávio Pimenta de Figueiredo - ICA/UFMG

Prof.^o Dr. Flávio Gonçalves Oliveira - Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 26 de outubro 2020.

AGRADECIMENTOS

Sou grato ao Senhor por todas as coisas boas e ruins que me aconteceram na vida, pois sei que se Deus colocou obstáculos em minha vida, é porque acreditou que eu podia ultrapassá-los e adquirir sabedoria com eles.

Ao meu orientador, Flávio Gonçalves Oliveira, que num curto tempo de convívio, foi de imensa importância não só para minha formação profissional, como também para minha formação pessoal.

A Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias por todo seu quadro de funcionários e estrutura, o qual foi responsável por minha formação acadêmica.

A todos os professores do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFMG, que contribuíram com a transmissão de todo valioso conhecimento.

A equipe técnica da EMATER – MG, em especial ao técnico José Carlo, sem a assistência do mesmo este trabalho não seria possível.

Aos colegas Pedro Pires e Marcelo Munis, pela ajuda na coleta dos dados, e a todos os amigos que fiz durante esse tempo e que de alguma forma ou outra ajudaram até este momento.

RESUMO

Este trabalho foi realizado em um Sítio situado na região do Planalto Rural Município de Montes Claros, Norte do Estado de Minas Gerais, com o objetivo de avaliar hidráulicamente o sistema de Irrigação Localizada instalado na propriedade, o sistema é constituído por dois emissores diferentes, sendo: Microaspersor Agropolo MC-20 bocal roxo e o Microaspersor Hidracamp bocal branco. No sistema foram avaliadas três áreas, que por sua vez foram denominadas de A1, A2 e A3. Para essa avaliação foram utilizadas duas metodologias, pelo método da malha de coletores proposta por Christiansen, (1942) e a radial proposta por Keller e Karmeli, (1975). O sistema de irrigação localizada apresentou índices ruins de uniformidade, abaixo de 80%, pelo método da malha de coletores. Para o método radial apresentou bons índices, ficando acima de 80%, o que não representa a realidade do sistema, visto que, observamos os gráficos e as variações de pressões e vazões que ocorreram durante o teste. A uniformidade do sistema foi classificada como ruim, e a eficiência classificada como inaceitável, mostrando que o mesmo necessita de correções para um melhor aproveitamento da água e melhora na produção em relação à produtividade e qualidade.

Palavras-chave: Microaspersão. Uniformidade de distribuição. Eficiência de Aplicação. Manejo de Irrigação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Mapa de localização do Sítio, obtido software Qgis.....	16
Figura 2 – Microaspersor Hidracamp.....	17
Figura 3 – Microaspersor Agropolo MC-20 Bocal Roxo.....	17
Figura 4 – Distribuição das áreas onde foram feitas as coletas de dados na propriedade, obtidas através do software Qgis.	18
Figura 5 – Esquema distribuição de coletores A1, desenho esquemático sem escala.....	19
Figura 6 – Distribuição dos coletores na área A1.....	20
Figura 7 – Esquema distribuição de coletores nas áreas A2 e A3, desenho esquemático sem escala.	20
Figura 8 – Distribuição dos coletores na área A2.....	21
Figura 9 – Distribuição dos coletores na área A3.....	21
Figura 10 - Metodologia radial proposta por Keller e Karmeli (1975).	22
Figura 11 – Coleta de lâmina para teste de vazão do emissor.....	22
Figura 12 – Aferindo pressão do emissor com auxílio de monômetro.....	23
Figura 13 – Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações coletadas no ensaio para área A1 no software Surfer.....	27
Figura 14 – Representação gráfica do perfil tridimensional de aplicação de água dos aspersores instalados na área A1, obtidas no software Surfer.....	27
Figura 15 – Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações coletadas no ensaio para área A2 no software Surfer.....	29
Figura 16 – Representação gráfica do perfil tridimensional de aplicação de água dos aspersores instalados na área A2, obtidas no software Surfer.....	29
Figura 17 – Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações coletadas no ensaio para área A3 no software Surfer.....	31
Figura 18 – Representação gráfica do perfil tridimensional de aplicação de água dos aspersores instalados na área A3, obtidas no software Surfer:.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Marcos históricos e intervenções governamentais na da agricultura irrigada	11
Tabela 2 – Classificação dos coeficientes de uniformidade e eficiência do sistema.....	25
Tabela 3 – Dados obtidos através dos métodos propostos por Christiansen, (1942), e Keller e Karmeli (1975) para área A1.	26
Tabela 4 – Dados obtidos através dos métodos propostos por Christiansen, (1942), e Keller e Karmeli (1975) para área A2.	28
Tabela 5 – Dados obtidos através dos métodos propostos por Christiansen, (1942), e Keller e Karmeli (1975) para área A3.	30
Tabela 6 – Indicadores de uniformidade e eficiência do sistema segundo a classificações propostas por Mantovani (2001) e Bralts (1986)	33
Tabela 7 – Indicadores de uniformidade e eficiência do sistema segundo a classificações propostas por Mantovani (2001) e Bralts (1986).	35

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de guas
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CUC	Coeficiente de Uniformidade de Christiansen
CUD	Coeficiente de Uniformidade de Distribuição
CUE	Coeficiente de Uniformidade Esttico
EA	Eficiência de Aplicação
EMATER	Empresa Mineira de Assistência Técnica e Extensão Rural
MCA	Metro de Coluna D'gua

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1. IRRIGAÇÃO NO BRASIL	11
2.2. SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO.....	13
2.3. AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE	16
3.2. PROCEDIMENTO DE CAMPO.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1. DADOS COLETADOS	26
4.2. INDICADORES DE UNIFORMIDADE	33
4.2.1. MÉTODO DOS COLETORES EM MALHA.....	33
4.2.2. MÉTODO RADIAL	34
5. CONCLUSÃO.....	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural e finito, sua utilização tem sido cada vez mais demandada pelos diversos setores dependentes, e, por outro lado, a sua oferta tem sido reduzida em razão de sua escassez e da deterioração no que diz respeito a sua qualidade.

Possivelmente a água é o único recurso natural que está de certa forma envolvido em todos os setores da civilização humana, desde a produção agrícola à industrial, aos apegos culturais e religiosos. É um recurso natural essencial, quer seja como elemento bioquímico dos seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais ou elemento representativo de valores sociais e culturais e até mesmo fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário.

No Norte de Minas Gerais a quantidade de chuva precipitada é mal distribuída, de modo que o uso dos sistemas de irrigação se faz necessário, uma vez que, os mesmos resultam em aumento da oferta de alimentos e preços menores em relação àqueles produzidos em áreas não irrigadas, devido ao aumento substancial da produtividade.

A técnica da irrigação é definida como sendo a aplicação artificial de água ao solo, visando fornecer a umidade adequada ao desenvolvimento normal das culturas nele cultivadas, a fim de suprir a falta ou a má distribuição das chuvas (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2013).

Compactuando os estudos de Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009) é importante aferir nos sistemas de irrigação, se as condições de projeto estão sendo atendidas em campo. Na avaliação deve se considerar parâmetros como pressão, vazão, lâminas d'água aplicadas e uniformidade de aplicação, entre outros parâmetros. No entanto, a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação ainda é pouco frequente na maioria das propriedades rurais.

Segundo a Agência Nacional de Águas (2018), atualmente o país passa por uma grave crise hídrica, em que um quarto dos municípios brasileiros tem sofrido com o racionamento de água e mais da metade dos sistemas de abastecimento público não terão como atender a demanda em 2025. Sendo assim, é cada vez mais importante a utilização de recursos que possam diminuir o desperdício de água.

Nas áreas irrigadas da região Norte mineira a disponibilidade hídrica tem sido bastante crítica e muitos produtores tem sido obrigados a reduzir área irrigada, além de ocorrer uma constante reclamação quanto ao alto custo da energia elétrica. Esses fatores têm influenciado na sustentabilidade da agricultura irrigada regional, o que influencia negativamente na geração de emprego e renda.

E ainda de acordo com estudo realizado pela companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), se a irrigação estiver sendo realizada de forma racional, possivelmente 20% da água e 30% da energia consumida poderiam ser economizados (REBOUÇAS, 2001).

A área de estudo escolhida para este trabalho faz parte de um conjunto de unidades assistidas pela Empresa Mineira de Assistência Técnica, situada na região do Norte de Minas Gerais, cidade de Montes Claros. E para a realização do mesmo, foi utilizado convênio de estágio curricular entre a Universidade e o órgão.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar hidráulicamente o sistema de irrigação em uma propriedade rural, por meio da uniformidade e da eficiência de aplicação, utilizando-se de coeficientes de uniformidade, no sistema operando em condições de campo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Irrigação no Brasil

A irrigação é uma técnica utilizada a milhares de anos para suprir a deficiência total ou parcial da água utilizada para a produção de alimentos, e que nos últimos anos tem se desenvolvido de maneira acentuada, apresentando equipamentos e sistemas para as mais distintas condições.

No Brasil, o primeiro projeto implantado foi provavelmente o da Fazenda Santa Cruz, no Estado do Rio de Janeiro, pelos padres jesuítas, por volta de 1589 (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2013). Mas a irrigação começou a ganhar força no fim do século dezenove e no início do século vinte, no Rio Grande do Sul nas lavouras de arroz, desde então essa área tem se consolidado como importante campo de irrigação. Um marco importante da época foi o início do funcionamento do reservatório Cadro em 1903 que teve o início de sua obra em 1881 (BRASIL, 2008). Época marcada também com a ocorrência de iniciativas governamentais pontuais no setor de irrigação no Semiárido, em especial a construção de açudes públicos de usos múltiplos (ANA, 2017).

A agricultura irrigada se intensificou a partir das décadas de 1970 e 1980, quando se julgou necessária a expansão de áreas agricultáveis nas regiões com climas menos favoráveis em relação a períodos chuvosos, e com os benefícios que a prática poderia vir a agregar a essas regiões, para isso contou com importantes iniciativas governamentais, algumas das ações mais importantes estão na Tabela 1 abaixo (ANA, 2017).

Tabela 1 – Marcos históricos e intervenções governamentais na da agricultura irrigada

Tabela 1. Marcos históricos de desenvolvimento da agricultura irrigada	
Ano	Marcos
1903	Início da operação do reservatório Cadro para irrigação de arroz no Rio Grande do Sul
1909	Criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), denominada de Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) em 1919. Transformada no DNOCS em 1945
1926	Criação do Sindicato Arrozeiro do Rio Grande do Sul. Deu origem ao IRGA em 1940
1934	Aprovação do Código de Águas (Decreto Federal nº 24.643/1934)
1940	Criação do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA)
1945	Criação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS)
1948	Criação da Comissão do Vale do São Francisco, denominada Superintendência do Vale do São Francisco em 1967. Transformada na CODEVASF em 1975
1952	Criação do Banco do Nordeste
1959	Criação da Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE)
1968	Criação do Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola (GEIDA) no Ministério do Interior

1969	Criação do Programa Plurianual de Irrigação (PPI)
1970	Criação do Programa de Integração Nacional (PIN)
1975	Criação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF)
1979	Aprovação da primeira Política Nacional de Irrigação (Lei Federal nº 6.662/1979)
1979	Início da implementação do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER)
1981	Criação do Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS)
1982	Instituído o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (PROFIR)
1986	Criado o Programa Nacional de Irrigação (PRONI) e o Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE)
1988	Promulgada a Constituição da República Federativa do Brasil, que trata em alguns artigos sobre uso dos recursos hídricos e da irrigação
1997	Promulgação da Lei das Águas (Lei Federal nº 9.433/1997) – estabelecimento da Política Nacional de Recursos Hídricos
2000	Criação da Agência Nacional de Águas (ANA) – Lei Federal nº 9.984/2000
2001	Aprovada a Resolução CONAMA 284, de 30/08/01, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos de irrigação
2002	CODEVASF passa a atuar no vale do Parnaíba
2008	Criado o Fórum Permanente de Desenvolvimento da Agricultura Irrigada pela Portaria nº 1.869/2008, pelo Ministro de Estado da Integração Nacional
2013	Promulgada a nova Política Nacional de Irrigação (Lei Federal nº 12.787/2013). Dispositivos ainda não regulamentados

Fonte: ANA 2017.

De acordo com a Agência Nacional das Águas (2017), o país tem atualmente, cerca de 6,95 milhões de hectares equipados para irrigação, o crescimento tem sido forte e persistente nas últimas décadas, intensificando-se ainda mais nos últimos anos, porém a irrigação ainda é pequena em relação ao potencial estimado para o país.

De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção de cereais terá que crescer cerca de 1 bilhão de toneladas até o ano de 2030, isso em escala global, para que possa atender ao crescimento populacional e as novas demandas por alimentos. E para atender esta nova demanda por alimentos a disponibilidade hídrica é essencial, uma vez, que posteriormente precisará suprir as demandas de irrigação, que será responsável por atender cerca de 80% dessa produção, que ocorrerá entre 2001 e 2025 (BRUINSMA, 2003).

O Brasil tem cerca de 7 milhões de hectares irrigados, e é um dos únicos países do mundo, com capacidade para triplicar essa área com sustentabilidade, trazendo contribuições efetivas para o meio ambiente, bem como para o desenvolvimento social e econômico do país, com geração de empregos estáveis e duradouros (ANA, 2017; RODRIGUES, 2017).

2.2. Sistemas de Irrigação

É uma técnica que visa à aplicação de água ao solo, com o objetivo de atender às necessidades hídricas das culturas irrigadas, de forma racional e sustentável.

Alguns fatores importantes devem ser levados em consideração quanto à decisão de irrigar, como a quantidade de água disponível, custo-benefício da utilização do sistema e como são distribuídas as chuvas na região. O fator de maior importância na decisão de irrigar uma cultura é a distribuição das chuvas, pois durante a produção de determinada cultura há períodos de maior demanda de água e outros de menor demanda o que requer do produtor grande atenção (ANDRADE, 2001; BORGES, 2016).

A demanda sazonal de água, por exemplo, é a quantidade de água que uma cultura utiliza durante seu cultivo. Dentro do ciclo de cultivo, há um período crítico, cuja demanda por água é exigida em maior quantidade que o normal (CARVALHO *et al.*, 2013). Assim a irrigação aparece como uma alternativa para suprir as demandas do produtor. Pois é uma técnica empregada com o objetivo de equilibrar o déficit hídrico tanto nos períodos de demanda sazonal de água, bem como dos períodos críticos de demanda por água.

Os métodos de irrigação podem ser separados em duas classes, pressurizados e não pressurizados. Quando a irrigação é pressurizada a água é conduzida sob pressão por tubulações até o ponto de aplicação. Estão contidos nessa categoria métodos como irrigação por aspersão convencional e irrigação localizada. Nos métodos não pressurizados a água é conduzida por gravidade diretamente sobre a superfície do solo até o ponto de aplicação exigindo, portanto, áreas sistematizadas e com a declividade menor que 6%, de acordo com o tipo de irrigação (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2013).

A irrigação por superfície é um dos métodos mais antigos do mundo, também conhecida como irrigação por gravidade, pois nesta atividade os agricultores deixam a água escoar diretamente sobre a superfície do solo, cobrindo-o total ou parcialmente, utilizando a ação da gravidade e possibilitando a infiltração durante essa movimentação (TESTEZLAF, 2017).

A irrigação por aspersão é o método em que a água é aspergida sobre a superfície do solo, assemelhando-se a uma chuva por causa do fracionamento do jato de água em gotas, devido a sua passagem sob pressão, através de pequenos orifícios ou bocais (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2013). A água neste sistema é conduzida e aplicada por meio de equipamentos, como motobombas, tubulações e aspersores das mais diversas capacidades e características de fabricação. Quando a fonte de água estiver em um plano muito mais elevado do que a área a ser irrigada, não haverá necessidade de motobomba.

É um método que se adapta a quase todas as culturas, embora interfira nos tratamentos culturais, por lavar a parte aérea das plantas. Adapta-se às várias condições de solo e clima (BORGES, 2016).

A irrigação localizada envolve os sistemas nos quais a água é aplicada próxima à região radicular das plantas, permitindo o seu melhor aproveitamento. Este sistema se caracteriza pela aplicação de água em pequenas intensidades e à alta frequência, com isso a umidade do solo próximo à zona radicular ficara sempre próximo a capacidade de campo. Em geral os sistemas localizados são compreendidos por tubos perfurados com orifícios de diâmetros muito pequenos ou por meio de gotejadores e microaspersores denominados emissores, dos mais diferentes tipos, modelos e características (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2013).

2.3. Avaliação de sistemas de irrigação

O termo eficiência refere-se a um balanço entre os volumes de água envolvidos no processo de irrigação. Conforme afirmam Keller e Bliesner (1990), para se alcançar eficiência em irrigação deve-se ater a dois aspectos básicos, as perdas durante o processo de irrigação e a uniformidade de aplicação da água. Estes fatores estão fortemente ligados, quanto maior a uniformidade da lâmina, menor será as perdas do sistema (Keller e Bliesner, 1990).

Esses volumes representam à quantidade de água capitada na fonte, fornecida às parcelas, volume necessário para as plantas, armazenamento no solo à profundidade efetiva do sistema radicular das culturas e os volumes perdidos por deriva, escoamento superficial, evaporação e percolação profunda (BERNARDO, 1995).

De acordo com Lima *et al.* (2012) eficiência de aplicação é a relação entre a quantidade de água disponível para a cultura e o volume aplicado pelo emissor. Podem-se obter bons índices de eficiência quando o dimensionamento do sistema é feito de forma adequada e a utilização correta dos equipamentos é empregada, além de um manejo racional da água. Segundo Conceição (2005) se a eficiência for baixa haverá a necessidade de se aplicar um volume maior para compensar as perdas, significando um desperdício de água e energia.

A uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação é um parâmetro que detalha o funcionamento do sistema em função da diferença de volume aspergido na cultura ao longo das linhas laterais, tendo resultado direto no desempenho das culturas, por isso, é considerado como um dos fatores mais determinantes no dimensionamento e na execução de um sistema de irrigação (BARRETO *et al.*, 2000).

De acordo com Boman (1989), a uniformidade é um identificador de igualdade ou desigualdade das taxas de aplicação dentro do diâmetro molhado de um emissor. Em terras arenosas faz-se necessário uma alta taxa de uniformidade, devido à baixa redistribuição lateral da água comum nesse tipo de solo. Excesso de aplicação de água em solos arenosos procede em lâmina percolada e lixiviação de nutrientes para baixo da zona radicular. Para fertirrigação ou quimigação, sua uniformidade será de acordo com a uniformidade de distribuição de água do sistema.

A uniformidade de distribuição de água é essencial em qualquer método de irrigação, pois está diretamente relacionada à eficiência do uso da água e como consequência, a quantidade e a qualidade da produção assim como o custo da irrigação (SANTOS *et al.*, 2012).

Para se determinar o nível de eficiência de um sistema de irrigação é vital que se realize avaliações sistemáticas, e para que essa seja completa, esta análise deve conter fatores como superfície molhada e a avaliação do funcionamento de acessórios como, emissores, filtros, reguladores de pressão e válvulas volumétricas. Caso seja necessário, após o resultado da avaliação fazem-se ajustes na operação e principalmente no manejo de irrigação (SOUSA, 2003).

Segundo Moura (2005), as avaliações de irrigação têm com finalidade verificar a qualidade da aplicação de água dos sistemas de irrigação, com o intuito de indicar possíveis problemas de manejo e aplicação do sistema. Essa prática visa avaliar se as condições de projeto estão sendo atendidas, baseadas em ensaios em nível de campo. Em condições reais de funcionamento, procura-se identificar e solucionar os problemas que possam constar no sistema. A partir desse levantamento é possível obter economia de água, energia, mão de obra e gerar um aumento no rendimento dos cultivos.

Segundo o mesmo autor as modificações sugeridas muitas vezes podem ser simples. Como por exemplo, o funcionamento de um sistema pode ser melhorado, variando pressão de serviço dos emissores, troca de bocais e o tempo de trabalho do sistema e até mesmo substituindo tubulações muito antigas que se danificam com facilidade e ocasionam muitos vazamentos.

Franco, (2008) diz que é de grande importância em projetos de irrigação, logo após sua implantação, fazer uma avaliação de uniformidade a fim de se calibrar o sistema e melhorar sua distribuição de água. Por esta prática não ser geralmente realizada após a implementação dos sistemas de irrigação, este pode ser um dos motivos para muitos sistemas não apresentarem melhores resultados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização e Caracterização da Propriedade

Este trabalho foi realizado em um Sítio, localizado na região do Planalto Rural município de Montes Claros, Norte do Estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas de latitude $16^{\circ} 53.170'S$, longitude $43^{\circ} 51.848'O$ e altitude 990 m Figura 1. O clima da região é Aw, segundo classificação de Koppen, apresentando verão chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1029 mm e temperatura média anual de $22,7^{\circ}C$. Na propriedade se cultiva hortaliças, e é gerida na forma de meeiro, onde o proprietário entra com a terra, pesticida, adubo e o sistema de irrigação, o colaborador com a mão de obra, o lucro da produção é dividido meio a meio.

Figura 1 – Mapa de localização do Sítio, obtido software Qgis.



Fonte: Do autor, 2020.

O sistema instalado da propriedade é classificado como irrigação localizada, e é constituído por dois tipos de emissores, microaspersor Hidracamp bocal branco instalados em malha de 2×2 m e microaspersor Agropolo MC-20 bocal roxo instalados em malha de 6×6 m, com vazões e pressões de trabalho conforme os valores relacionados nas tabelas das Figuras 2 e 3 respectivamente.

Figura 2 – Microaspersor Hidracamp

Microaspersor completo



CARACTERÍSTICAS DO MICROASPERSOR
 Lançamento feito com Poliacetal;
 De fácil montagem, devido às rosca externa (no arco) e interna (na base), o que permite um encaixe perfeito das duas peças, facilitando o manuseio no campo;
 Arco duplo, garantindo maior resistência a possíveis dilatações.

Arco duplo com rosca externa

BOCAIS: TABELA DE DESEMPENHO

COR	BOCAL	Pressão (mca)					
		10	15	20	25	30	
		Pressão (kgf/cm ²)					
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
AMARELO		Vazão (l/h)	45	55	66	70	82
		Diâmetro de irrigação (m)	4,80	5,80	6,20	6,70	6,90
PRETO		Vazão (l/h)	63	78	84	90	110
		Diâmetro de irrigação (m)	5,70	6,30	7,20	7,60	8,00
BRANCO		Vazão (l/h)	78	93	105	120	140
		Diâmetro de irrigação (m)	7,60	8,00	8,40	8,80	9,40
VERDE		Vazão (l/h)	115	142	171	192	205
		Diâmetro de irrigação (m)	8,00	9,00	9,20	9,30	9,5

Para irrigação de horticultura e plantas em estágio inicial (mudas).

Fonte: Catalogo Hidracamp, 2020.

Figura 3 – Microaspersor Agropolo MC-20 Bocal Roxo
Microaspersores MC-20



- Ensaios realizados com tubo de subida o 1/2 x 0,3 m
- Pressão de serviço = 20 (MCA)

Diâmetro do Bocal

Diâmetro do Bocal		10	15	20	25	30	35
Roxo	9892-1/2"	2,8	299,7				
			367,4				
			425,2	7,2			
			475,9				
			521,3				
			563,1				

Fonte: Catalogo Agropolo, 2020.

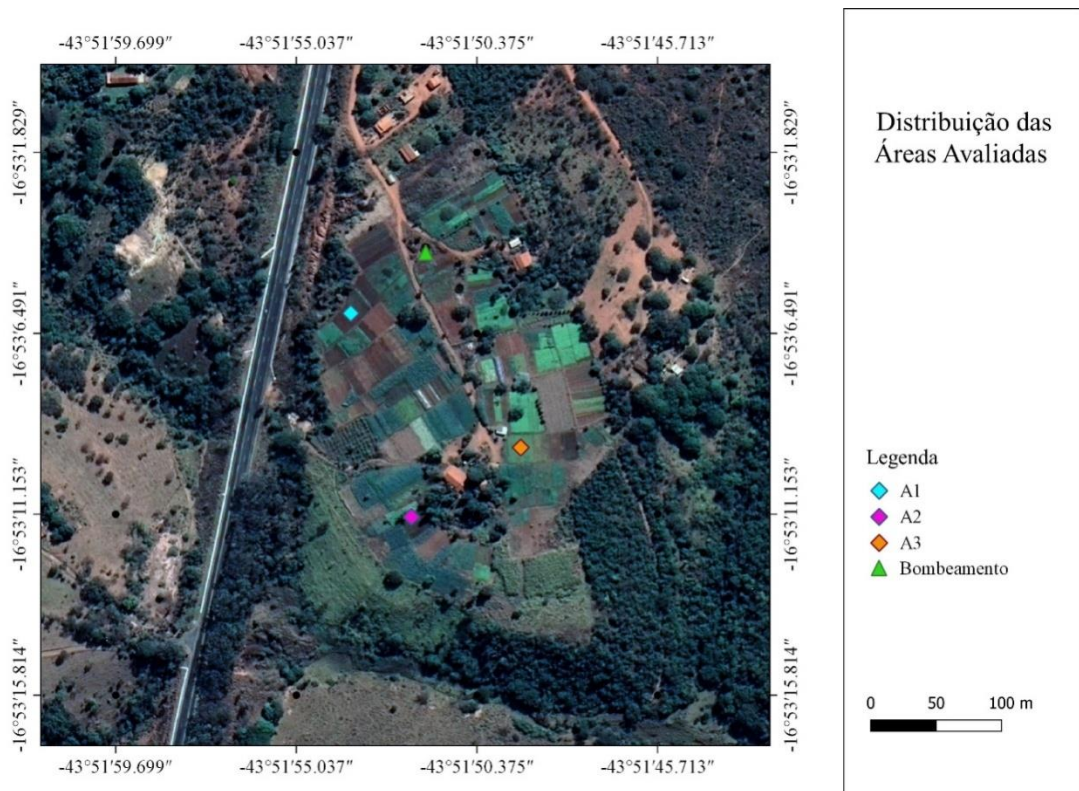
3.2. Procedimento de Campo

Primeiramente foi feito um estudo do sistema com intuito de escolher as áreas que seriam analisadas, devido ao sistema ser constituído por dois conjuntos de emissores diferentes e díspares características em relação a captação e ao terreno, foram escolhidas três áreas para estudo dentro da propriedade, que foram denominadas de A1, A2 e A3, conforme a Figura 4.

De acordo com Conceição (2002), a microaspersão ainda sendo um sistema de irrigação localizada apresenta características hidráulicas de operação muito semelhantes ao de um sistema por aspersão convencional. Com isso, podemos utilizar dos mesmos procedimentos para avaliar os sistemas por aspersão convencional para aferir os sistemas por microaspersão.

A avaliação do sistema foi realizada utilizando-se de duas metodologias, teste de uniformidade com auxílio de pluviômetros em malha segundo Christiansen (1942), e citada por Bernardo, Soares e Mantovani (2009). A outra metodologia utilizada foi proposta por Keller e Karmeli (1975), onde a vazão real dos emissores foi medida de forma radial para avaliar distribuição de aplicação de água do projeto.

Figura 4 – Distribuição das áreas onde foram feitas as coletas de dados na propriedade, obtidas através do software Qgis.

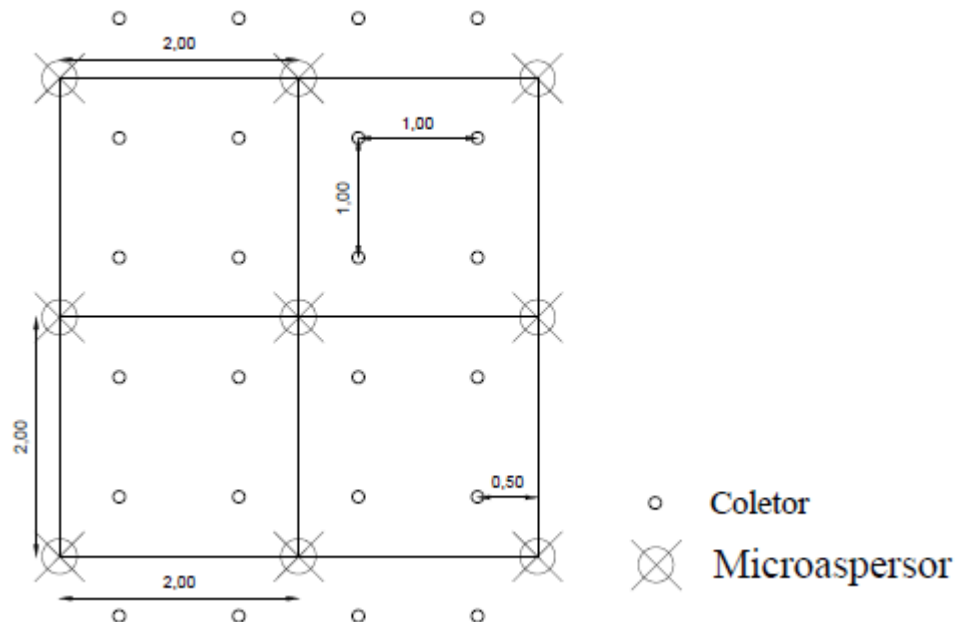


Fonte: Do autor, 2020.

Para metodologia proposta por Christiansen (1942), para o teste de uniformidade do sistema, foi necessário distribuir os pluviômetros em uma malha de pontos em volta do aspersor. A área em torno do aspersor foi dividida em subáreas quadradas, e os pluviômetros foram colocados no meio de cada subárea, de forma que a malha de coletores cobrisse alcance igual ou superior ao alcance do jato dos aspersores. Assim a quantidade de água coletada em cada pluviômetro representa a precipitação em cada subárea. O tempo de funcionamento de cada teste foi igual ao tempo utilizado pelo produtor, como indicado pelo autor, que este deve ser igual ou metade do tempo de funcionamento do sistema em dias comuns.

Primeiramente foi medido o espaçamento dos aspersores com auxílio de uma trena, para tanto foi medido a distância entre os aspersores na linha lateral, e a distância entre linhas laterais, com isso constatou-se que o espaçamento é 2x2 metros na área A1, após obter o espaçamento dos emissores, os coletores foram arranjados em torno do emissor a ser testado em uma malha de 1x1 metro, (FIGURAS 5 e 6). O tempo de funcionamento do bloco em dias comuns é de 20 minutos, e foi este tempo utilizado para o teste.

Figura 5 – Esquema distribuição de coletores A1.



Fonte: Do autor, 2020. Desenho esquemático sem escala.

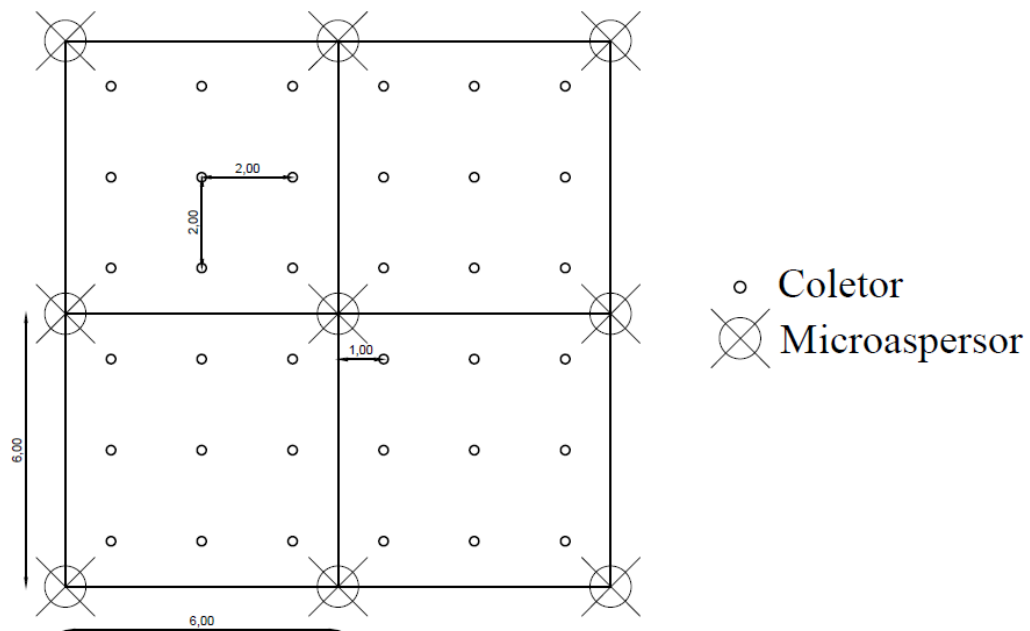
Figura 6 – Distribuição dos coletores na área A1



Fonte: Do autor, 2019.

Nas áreas A2 e A3o espaçamento entre aspersores e linhas laterais foi de 6x6 metros, a malha de coletores distribuída no entorno dos aspersores testados nessas áreas foi de 2x2 metros, (FIGURAS 7, 8 e 9). O tempo de funcionamento nessas áreas para os testes foi de 15 minutos, tempo este que é utilizado em dias comuns como relatado pelo representante da área.

Figura 7 – Esquema distribuição de coletores nas áreas A2 e A3.



Fonte: Do autor, 2020. Desenho esquemático sem escala.

Figura 8 – Distribuição dos coletores na área A2



Fonte: Do autor, 2019.

Figura 9– Distribuição dos coletores na área A3

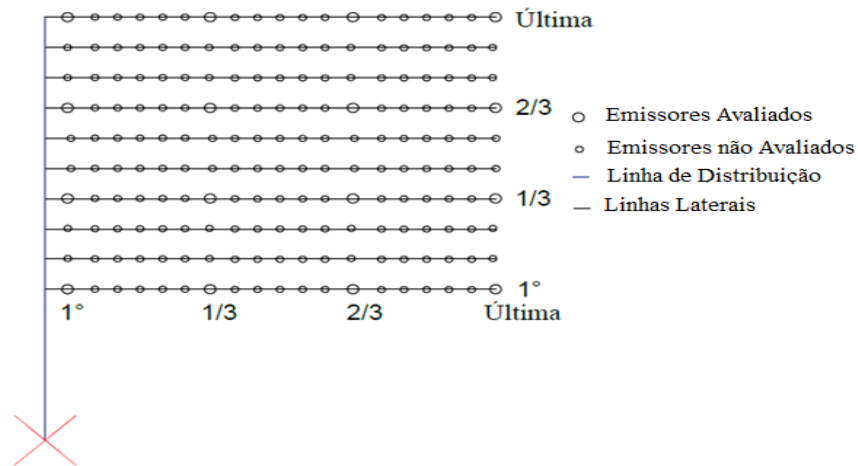


Fontes: Do Autor, 2019.

Para metodologia radial proposta por Keller e Karmeli (1975), foram selecionadas quatro linhas laterais sobre a linha de derivação em funcionamento, as quais se encontravam nas posições, início, a 1/3 da linha de derivação, a 2/3 da linha derivação e última. Depois foram selecionados quatro pontos ao longo da linha lateral, nas seguintes disposições: primeiro emissor, emissor a 1/3 do comprimento, emissor a 2/3 do comprimento e o último

emissor, Figura (10). Durante o teste, foram medidas a pressão e a vazão dos aspersores selecionados e, no final do teste, o volume ou lâmina d'água coletada nos pluviômetros (SILVA e SILVA 2005).

Figura 10 - Metodologia radial proposta por Keller e Karmeli (1975).



Fonte: Adaptado de Keller e Karmeli, 1975.

Para o teste de vazão foi coletado o volume de água aplicado no período de tempo determinado com cronômetro, tempo este que foi de um minuto, para coleta de lâmina foi utilizado um balde de 20 litros e para aferição uma proveta graduada de um litro, Figura (11).

Figura 11– Coleta de lâmina para teste de vazão do emissor



Fonte: Do autor, 2019.



A pressão de serviço dos emissores foi avaliada com o auxílio de um manômetro com tubo Pitot, instalado nos emissores em pleno funcionamento, Figura 12.

Figura 12– Aferindo pressão do emissor com auxílio de monômetro



Fonte: Do autor, 2019.

Existem diferentes coeficientes para expressar a uniformidade de um sistema de irrigação por aspersão, neste trabalho foram utilizados os coeficientes, Christiansen, o coeficiente de uniformidade proposto pelo serviço de Conservação de Solos do Estados Unidos, o coeficiente de uniformidade de distribuição e o coeficiente de uniformidade estatístico, proposto por Wilcox e Swailes (BERNARDO; SOARES; MANTOVANE, 2013), segundo as equações de 1 a 4.

Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N (L_i - L_m)}{N * L_m} \right) * 100 \quad \text{equação (1)}$$

Sendo:

N: número de coletores ou pluviômetros;

L_i : lâmina de água aplicada no i -ésimo ponto sobre a superfície do solo;

L_m : lâmina média aplicada.

Coefficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

$$CUD = 100 * \frac{Im}{Lm} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

Im: é a média de 25% das precipitações com menores valores, ou seja, média da menor mediana.

Coefficiente de Uniformidade Estatístico (CUE)

$$CUE = 100 * \left(1 - \frac{S}{Lm}\right) \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

A variável (S) é o desvio-padrão dos dados de precipitação, sendo determinado pela seguinte equação:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Li - Lm)^2}{N}} \quad \text{equação (4)}$$

Para o cálculo da eficiência de aplicação é necessário obter a vazão de captação do motobomba inserido no sistema, para obter a relação do que é captado pelo sistema e o que realmente é disponibilizado para cultura. E para isso o motobomba deveria ser desconectado do sistema para o teste de vazão. Mas como o sistema é utilizado por vários colaboradores, e a demanda do tempo utilização de cada um é bem curta, não foi possível essa pausa para o teste de vazão. Com isso foi decidido que a eficiência de aplicação do sistema seria estimada.

E para a estimativa da eficiência de aplicação do sistema de irrigação, seguiu-se recomendação de Vermeiren (1997), para sistema de irrigação localizada utilizando-se a equação 5.

$$Ea = CUD \times Ks \quad \text{equação (05)}$$

Onde:

Ea: Eficiência de Aplicação

Ks: é o coeficiente de transmissividade.

Para este trabalho, o valor de Ks empregado foi de 90%, (onde o Ks desejável segundo o Manual 36 da FAO está em torno de 85 a 95%).

A eficiência de aplicação (Ea), ideal e aceitável para os diferentes métodos de irrigação, mostra que a do tipo localizada “microaspersão” deve ser: Ea ideal $\geq 95\%$ e Ea aceitável $\geq 80\%$ (BERNARDO, 1995).

Para a classificação dos dados de CUC, CUD e CUE foram utilizadas as propostas por Mantovani (2001) e para avaliar a eficiência foi utilizada a proposta por Bralts (1986), conforme a Tabela 2.

Tabela 2– Classificação dos coeficientes de uniformidade e eficiência do sistema

Classificação	CUC	CUE	CUD	EA
Excelente/ Ideal	90% ou maior	90% ou maior	84% ou maior	95% ou maior
Bom / aceitável	80% - 90%	80% até 90%	68% - 84%	80% até 95%
Regular / inaceitável	70% - 80%	70% até 80%	52% - 68%	Menor 80%
Ruim	60% - 70%	60% até 70%	36% – 52%	---
Inaceitável	Menor que 60%	Menor que 60%	Menor 36%	---

Fonte: adaptado de Mantovani (2001) e Bralts (1986)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dados Coletados

Um fator observado em campo em relação aos emissores na área A1, é que os mesmos estão funcionando com pressões menores que as recomendadas pelo fabricante. Onde o Microaspersor Hidracamp está com pressão média de 7 mca, e a mínima recomendada pelo fabricante é de 10 mca (FIGURA 2). Na mesma área nota-se variação dentro do bloco para as vazões e pressões coletadas pelo método Keller e Karmeli (1975), onde a variação da vazão foi de 40% e pressão de 30,01%. Valores que contribuíram diretamente na lâmina coletada nos coletores pelo método de Christiansen, (1942), que obteve uma variação de 75,41%.

Em relação a vazão média da área, a mesma ficou próxima da mínima recomendada pelo fabricante entorno de 80 l/h, mas os extremos, vazão mínima e máxima mostram que o sistema está com a distribuição defasada (TABELA 3).

Tabela 3 – Dados obtidos através dos métodos propostos por Christiansen, (1942), e Keller e Karmeli, (1975) para área A1.

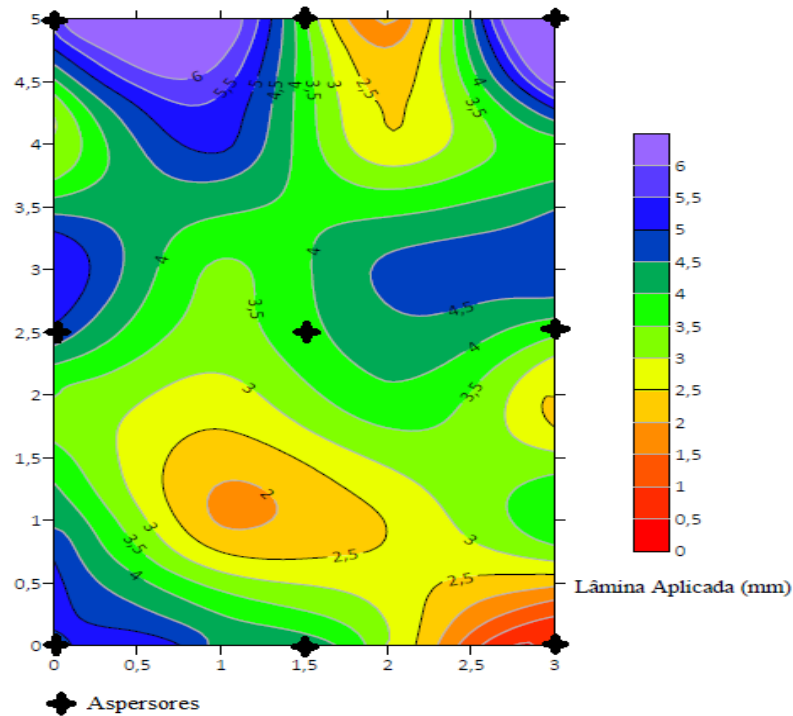
Lâminas dos coletores A1(mm)					
5,9	3,8	4,5	2,6	3,6	1,5
2,5	2,6	4,6	3,9	2,5	3
6,1	5,1	3,4	2,8	1,9	4
5,5	3,5	5,2	3,6	4,2	4,1
Emissores	Área A1 Vazões (l/min)				
	1°	1/3	2/3	Último	
1°	1,3	1,35	1,48	1,1	
1/3	1,55	1,7	1,49	1,05	
2/3	1,7	1,75	1,48	1,72	
Último	1,35	1,5	1,3	1,35	
Emissores	Área A1 Pressões (bar)				
	1°	1/3	2/3	Último	
1°	0,6	0,58	0,57	0,55	
1/3	0,7	0,69	0,69	0,65	
2/3	0,81	0,8	0,79	0,78	
Último	0,7	0,69	0,65	0,68	

Fonte: Do autor, 2020.

Com as lâminas obtidas (TABELA 03), foi possível a confecção das Figuras 13 e 14 das quais pode ser notado visualmente amplitude das lâminas coletadas. Com auxílio da imagem tridimensional notamos que a concentração maior da lâmina para esta área encontrar-se próximo aos emissores, fato que indica um mau funcionamento do sistema em relação a

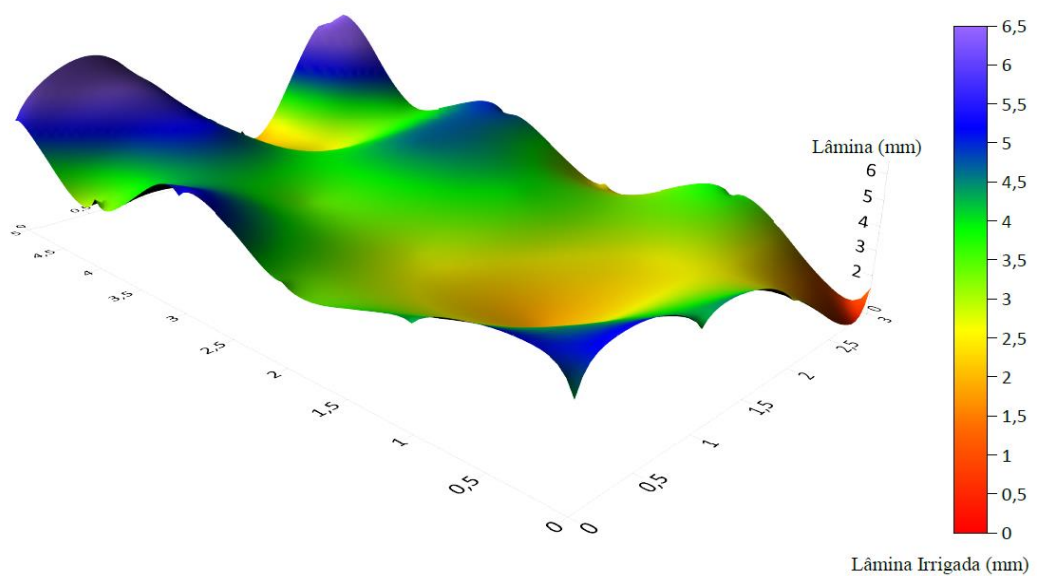
uniformidade que pode estar sendo influenciado pelas variações das vazões e pressões de serviço dos emissores.

Figura 13 – Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações coletadas no ensaio para área A1 no software Surfer



Fonte: Do autor, 2020.

Figura 14 – Representação gráfica do perfil tridimensional de aplicação de água dos aspersores instalados na área A1, obtidas no software Surfer



Fonte: do autor, 2020.

Os resultados obtidos de pressões e vazões medidos na área A2 analisada encontram-se na Tabela 4. Observaram-se baixas pressões em todos os emissores avaliados, ficando abaixo da pressão mínima recomendada pelo fabricante para o sistema de microaspersão, onde a recomendada varia de 10 a 35 mca (FIGURA 3).

O sistema nessa área também apresentou certa variação dos valores obtidos para as lâminas coletadas nos pluviômetros e para as pressões e vazões dos emissores avaliados, que foram de 91,67%, 39,02% e 20,05% respectivamente.

Como a pressão de serviço a vazão média ficou abaixo da mínima recomendada, entorno de 224 l/h.

Tabela 4 – Dados obtidos através dos métodos propostos por Christiansen, (1942), e Keller e Karmeli, (1975) para área A2.

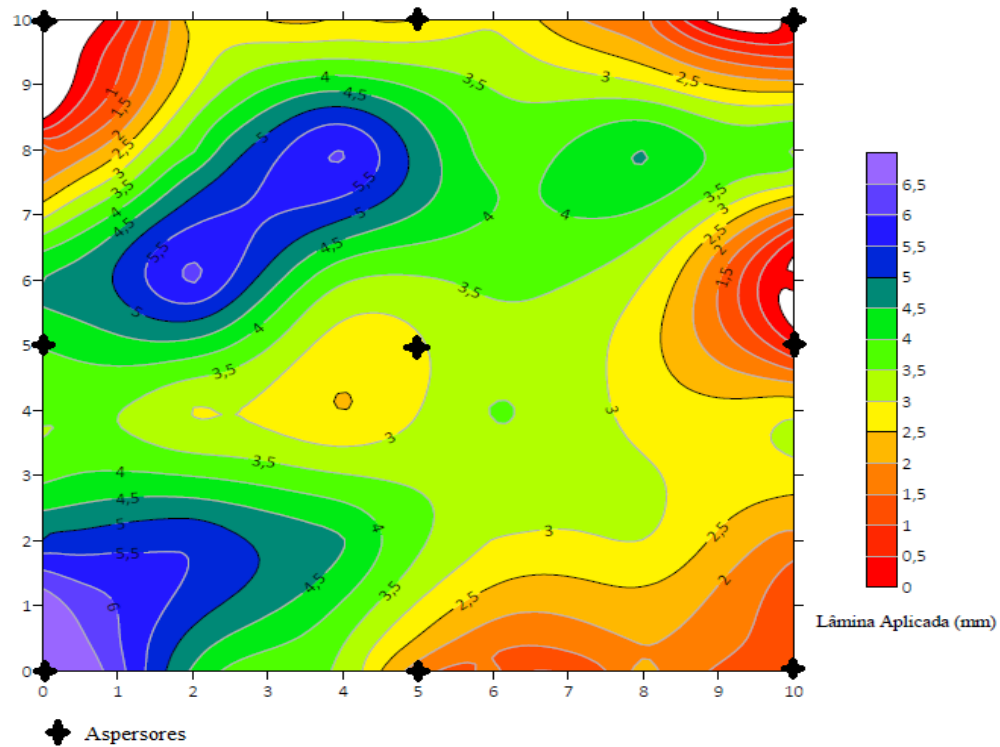
Lâminas dos Coletores A2 (mm)					
2	2,9	2,8	2,9	1,8	1
2,2	4	6	3,8	4,5	3,3
4,5	6	3,5	3,6	3	0,5
3,8	3	2,5	3,5	2,8	2,7
5	5,4	4,5	3	3	2
5,8	4,4	3,5	2	2,3	2
Emissores	Área A2 Vazões (l/mm)				
	1°	1/3	2/3	Último	
1°	3,81	3,52	3,88	4,24	
1/3	3,76	3,43	3,88	3,72	
2/3	3,93	3,65	3,68	3,69	
Último	3,55	3,71	3,94	3,37	
Emissores	Área A2 Pressões (bar)				
	1°	1/3	2/3	Último	
1°	0,5	0,61	0,7	0,8	
1/3	0,55	0,61	0,7	0,82	
2/3	0,58	0,61	0,68	0,7	
Último	0,6	0,6	0,62	0,75	

Fonte: Do autor, 2020.

Através das lâminas coletadas (TABELA 04), foi possível a confecção das imagens 15 e 16, das quais nos ajudam a ter uma melhor orientação do que está acontecendo nesse bloco. É possível notar certa amplitude em relação às lâminas coletadas, e que as menores lâminas estão alocadas nas áreas mais próximas aos aspersores, fato que comprova

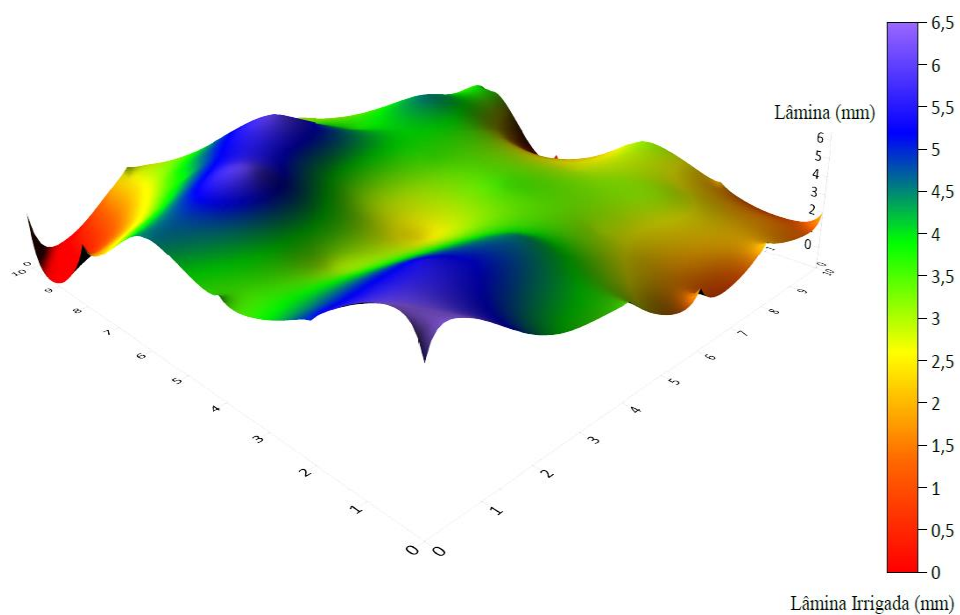
que o sistema não tem pressão suficiente para tocar o emissor da maneira correta, a lâmina não está tendo o alcance necessário para o espaçamento em que está instalado.

Figura 15 – Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações coletadas no ensaio para área A2 no software Surfer.



Fonte: Do autor, 2020.

Figura 16 – Representação gráfica do perfil tridimensional de aplicação de água dos aspersores instalados na área A2, obtidas no software Surfer



Fonte: Do autor, 2020.

As lâminas, pressões e vazões coletadas na área A3 pelas metodologias propostas, estão apresentadas na Tabela 5, onde pode ser notada ampla variação entre os valores medidos para os três parâmetros, e que ocorreram da seguinte forma, para as lâminas dos coletores a variação foi de 89,36%, para pressão foi de 45,98% e para vazão foi de 41,49%.

Tanto as pressões como as vazões estão abaixo da recomendada pelo fabricante, pressões abaixo de 10 mca, e vazão média de 219 l/h.

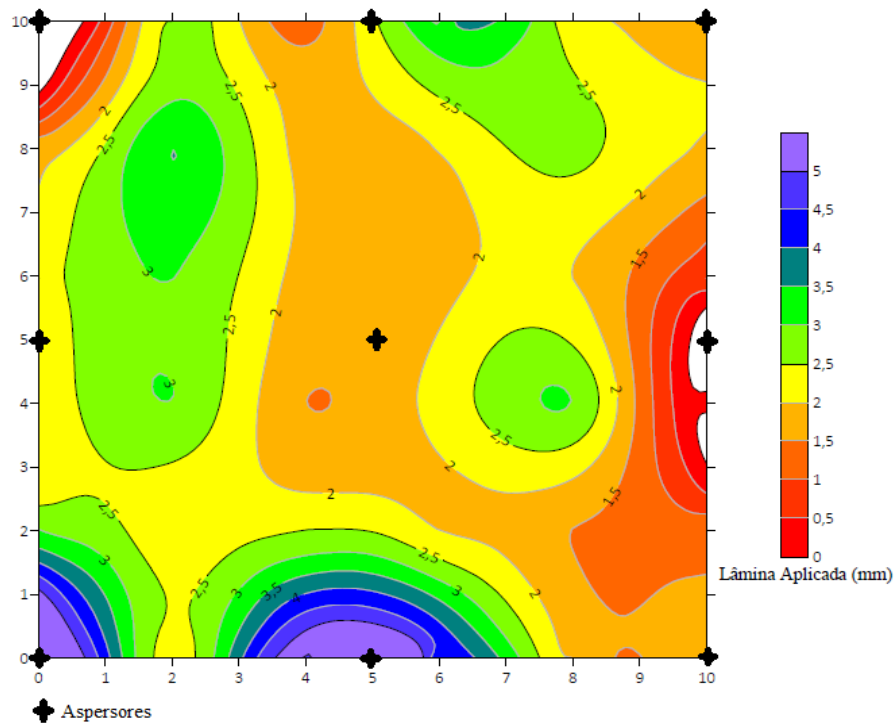
Tabela 5 – Dados obtidos através dos métodos propostos por Christiansen, (1942), e Keller e Karmeli, (1975) para área A3.

Lâminas de coletores A3 (mm)					
1	2,5	1,5	2,85	2	1,5
2	3,5	1,8	2	2,65	1,8
2,5	3	1,8	1,8	2	1
2,5	3	1,5	2,2	3	0,5
3	2,2	2,5	2	1,5	1,5
4,5	2,5	4,7	4	2	2
Emissores	Área A3 Vazões (l/min)				
	1°	1/3	2/3	Último	
1°	3	3,3	3,2	3,85	
1/3	3,2	3,25	3,49	3,5	
2/3	3,25	3,5	2,75	3,95	
Último	4,23	4,05	4,25	4,7	
Emissores	Área A3 Pressões (bar)				
	1°	1/3	2/3	Último	
1°	0,5	0,52	0,51	0,78	
1/3	0,49	0,47	0,52	0,57	
2/3	0,5	0,5	0,55	0,52	
Último	0,75	0,78	0,8	0,87	

Fonte: Do autor, 2020.

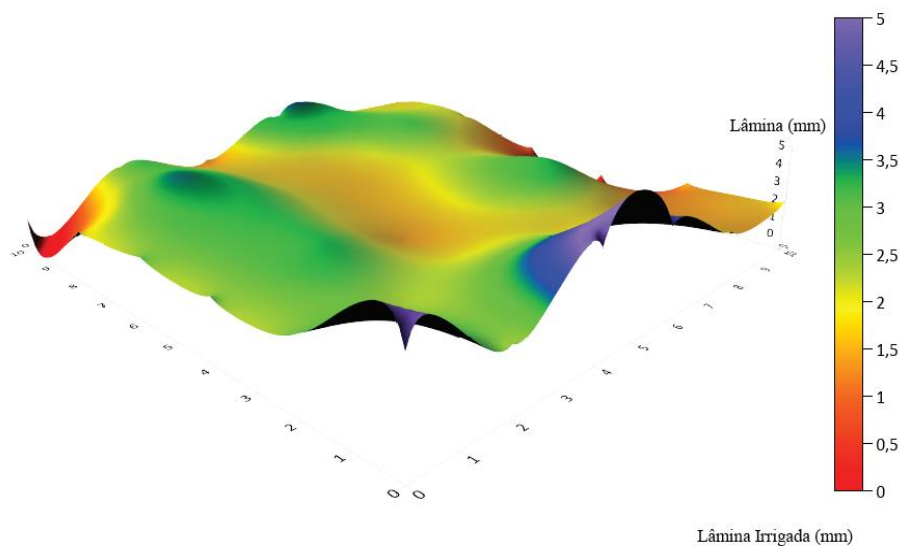
Por meio das lâminas coletadas (TABELA 05), foi possível a confecção das imagens 17 e 18, as quais nos ajudam a ter uma melhor orientação do que está acontecendo nessa área. É possível notar que a variação das laminas coletadas está alta, e que as menores lâminas em sua maioria estão restritas nas áreas próximas aos aspersores, fato que comprova que o sistema não tem pressão suficiente, para tocar o emissor da maneira correta, e que a lâmina não está tendo o alcance necessário para o espaçamento em que está instalado.

Figura 17 – Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações coletadas no ensaio para área A3 no software Surfer.



Fonte: Do autor, 2020.

Figura 18 – Representação gráfica do perfil tridimensional de aplicação de água dos aspersores instalados na área A3, obtida no software Surfer.



Fonte: Do autor, 2020.

Quando um sistema de irrigação apresenta aspersores trabalhando com diferentes pressões de serviço, conseqüentemente a uniformidade do sistema está com deficiência, devido as diferentes vazões que os emissores estão aplicando (ALENCAR *et al.*, 2009). Como no trabalho em questão as pressões dos emissores avaliados estão com ampla variação, essa por sua vez tem influência na variação das vazões do sistema.

Keller e Karmeli (1975) recomendam que a variação máxima para pressão dentro do bloco de irrigação deve ser de 20%, e que a variação máxima dentro da linha lateral deve ser de 11%. Com os dados coletados em campo podemos dizer que o sistema em questão não está “obedecendo” esses parâmetros para nenhuma das três áreas avaliadas.

Em um trabalho realizado por Borges (2016), avaliando um sistema de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim braquiária e tifton, o mesmo encontrou valores para pressões de serviço dos aspersores variando da menor para maior pressão 55,2%, o que influenciou na vazão dos emissores e por fim nos indicadores de uniformidade do sistema.

Alguns fatores podem interferir na qualidade da distribuição de água pelos aspersores conforme o modelo testado e suas características de trabalho, tais como, pressão, vazão, altura de instalação, diâmetro molhado, diâmetro dos bocais, inclinação do jato de saída e velocidade de rotação, além das condições climáticas como vento e temperatura durante seu funcionamento (KING *et al.*, 2011).

Os microaspersores devem trabalhar dentro da faixa de pressão recomendada pelo fabricante, pois pressão muito alta provoca excessiva pulverização do jato, o que diminui o raio de alcance e causa excessiva precipitação próxima ao emissor. Pressões abaixo da especificada também procede em má distribuição de água (BERNARDO, 1995).

Paes, (1985) e Silva e Silva, (2005) ressaltam que as características hidráulicas dos microaspersores são influenciadas pela geometria, pelo material, processo de fabricação e método de distribuição do emissor no bloco.

Mesmo os aspersores estando como a malha adensada, devido à baixa pressão de serviço dos emissores a lâmina de água não está tendo alcance suficiente para irrigar as áreas mais a face dos emissores nas áreas A2 e A3, causando desuniformidade e baixa precipitação próximo aos emissores.

4.2. Indicadores de Uniformidade

4.2.1. Método dos coletores em malha

De acordo com Mantovani (2001), os coeficientes obtidos na avaliação do desempenho do sistema de irrigação implantado nas três áreas avaliadas apresentaram valores regulares e ruins, demonstrando um desempenho ruim do sistema de irrigação, conforme classificação mencionada na Tabela 2.

A eficiência para as três áreas é considerada inaceitável segundo a classificação proposta por Bralts, (1986) Tabela 6.

Tabela 6 – Indicadores de uniformidade e eficiência do sistema segundo as classificações propostas por Mantovani, (2001) e Bralts, (1986).

Indicadores de Uniformidade e Eficiência Área A1		
	RESULTADO %	CLASSIFICAÇÃO
CUC	74	Regular
CUE	68	Ruim
CUD	60	Regular
Ea	54	Inaceitável

Indicadores de Uniformidade e Eficiência Área A2		
	RESULTADO %	CLASSIFICAÇÃO
CUC	69	Ruim
CUE	61	Ruim
CUD	53	Regular
Ea	48	Inaceitável

Indicadores de Uniformidade e Eficiência Área A3		
	RESULTADO %	CLASSIFICAÇÃO
CUC	70	Regular
CUE	61	Ruim
CUD	57	Regular
Ea	52	Inaceitável

Fonte: Do autor, 2020.

Segundo Zocoler (2005), culturas com sistema radicular presentes nas primeiras camadas do solo como as hortaliças, de costume carecem de valores de CUC mais altos que culturas com sistema radicular mais profundo, como por exemplo, algumas frutíferas e árvores de porte maior.

Borges (2016), avaliando um sistema de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim braquiária e tifton, encontrou resultados razoáveis e ruins para o

conjunto, onde o autor avaliou quatro piquetes do sistema e encontrou resultados de baixo desempenho para três dos quatro piquetes avaliados para os coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e a Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estático (CUE).

Soares e Nascimento (1998), encontraram resultados semelhantes avaliando um sistema de irrigação por aspersão do Perímetro Irrigado Barreira, constituído por aspersores da marca Naan, modelo 233, com dois bocais de 3,9mm x 2,5mm e vazão de 1,31m³/h sob pressão de serviço de 250 kPa, no espaçamento de 15m x 15m, constaram que conforme a pressão de serviço do emissor variava para valores maiores e menores que os recomendadas pelo fabricante, a uniformidade do sistema como a eficiência oscilavam. Através dos testes verificou-se que a melhor eficiência de aplicação (78,89%) foi obtida sob a pressão de serviço de 293 kPa; quando a pressão caiu para 243 kPa, a eficiência de aplicação também caiu para 47,28% e quando a pressão aumentou para 362 kPa, a eficiência caiu para 71,28%.

Martins *et al.*, (2013), avaliando uniformidade de sistemas de irrigação no Sul do Estado do Espírito Santo, encontrou resultados parecidos para os sistemas de irrigação por aspersão, o mesmo verificou quatro sistemas, aspersão móvel; aspersão fixa; localizada por microaspersão e localizada por micro spray. As classificações ficaram como inaceitável, regular, excelente e excelente respectivamente. Mas o sistema de irrigação localizada mesmo apresentando boa uniformidade de aplicação de água a lâmina aplicada foi excessiva, superior a lâmina real necessária às plantas. Por outro lado, os sistemas de irrigação por aspersão apresentou baixa uniformidade de aplicação de água, no entanto, a lâmina média aplicada foi mais próxima da adequada.

4.2.2. Método radial

Utilizando o método radial proposto por Keller e Karmeli (1975), para avaliar o sistema na área A1, os coeficientes de uniformidade obtidos são classificados de bom a excelente conforme a tabela (02), apresentando valores de 96%, 86% e 82%, para CUC, CUE e CUD, respectivamente. O valor encontrado para eficiência do sistema para este método foi de 74% e é considerado inaceitável, mas próximo do valor considerado como aceitável.

Os valores encontrados na área A2 para CUC, CUE e CUD pelo método radial foram de 96%, 94% e 93% respectivamente classificando a uniformidade do sistema no bloco como excelente. A eficiência encontrada foi classificada como boa, aceitável para os parâmetros estabelecidos por Bralts (1986).

Na área A3 a classificação dos indicadores de uniformidade do sistema, ficou classificada como boa, onde os coeficientes de CUC, CUE e CUD tiveram seus valores na faixa de 80 a 90%. O valor encontrado para eficiência do sistema para este método foi de 75% e é considerado inaceitável, mas próximo do valor considerado como aceitável pela classificação de Bralts (1986). Os valores obtidos nas três áreas estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7 – Indicadores de uniformidade e eficiência do sistema segundo as classificações propostas por Mantovani, (2001) e Bralts, (1986).

Vazões A1		
	RESULTADO %	CLASSIFICAÇÃO
CUC	96	Excelente
CUE	86	Bom
CUD	82	Bom
EA	74	Inaceitável
Vazões A2		
	RESULTADO %	CLASSIFICAÇÃO
CUC	96	Excelente
CUE	94	Excelente
CUD	93	Excelente
EA	84	Aceitável
Vazões A3		
	RESULTADO %	CLASSIFICAÇÃO
CUC	87	Bom
CUE	85	Bom
CUD	83	Bom
EA	75	Inaceitável

Fonte: Do autor, 2020.

São notáveis que os valores encontrados nas áreas para os coeficientes de uniformidade, tiveram diferença entre si consideravelmente amplas; quando comparados os métodos. Essa diferença para os indicadores de uniformidade ocorreu devido à variação das lâminas dos coletores, que são maiores que a variação das vazões encontradas.

Por mais que os valores de pressão e vazão estavam baixos, a variação que ocorreu dentre esses valores não foi o suficiente para que interferisse nos parâmetros pelo método radial. Como é um método estatístico e os valores estavam com as mesmas baixas pressões, a variação das lâminas foi baixa em relação aos testes, causando um falso efeito de

boa uniformidade. Ademais, no método radial, não são considerados fatores como as perdas por evaporação, deriva pelo vento e nem espaçamento dos emissores.

Alves *et al.* (2015), avaliando um sistema por microaspersão na cultura do maracujá, obteve resultados semelhantes, do qual os autores encontraram uma lâmina média de 33 l/h, essa por sua vez inferior a especificada pelo fabricante. E embora tenha ocorrido uma variação na vazão dos microaspersores, os coeficientes de uniformidade obtidos foram classificados como excelentes, apresentando valores de 94,7; 92,6; 93,2 %, para CUC, CUD e CUE, respectivamente.

Silva (2002), obteve ao utilizar a amostragem em malha, valores de CUC e CUE iguais a 76% e 68%, respectivamente. Na amostragem radial, os valores de CUC e CUE foram: 75,6% e 73%, respectivamente, demonstrando que praticamente não há diferença na determinação do CUC ao utilizar qualquer um dos dois métodos, quando o sistema está funcionando conforme o projeto.

5. CONCLUSÃO

A pressão e vazão dos emissores testados estão trabalhando abaixo da recomendada pelo fabricante, fato que influenciou diretamente na uniformidade e eficiência do sistema.

A variação absoluta de pressão e de vazão nos extremos das subáreas irrigadas avaliadas apresentou-se elevada.

Os resultados obtidos nos testes mostram que o sistema avaliado apresentou baixa uniformidade, de acordo com os valores dos coeficientes de uniformidade e de eficiência de aplicação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Especialistas apontam desperdício de água na irrigação agrícola**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/especialistas-apontam-desperdicio-de-a-gua-na.2019-03-15.9733709296>>. Acesso em: 25 de mai. de 2019.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas de Irrigação Uso da Água na Agricultura Irrigada**. Brasília – DF, 2017. 86p.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica**. Disponível em:<<https://www.ana.gov.br/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>>. Acesso em: 03 mar 2019.

ALENCAR, C. A. B. et al. **Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo**. R. Bras. Zootec., Viçosa, v. 38, 2009

ALVES, C. F. G. et al. **Avaliação de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura do maracujá (*passiflora sp.*)**. Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2015. UFS São Cristóvão/SE

ANDRADE, C. L. **Seleção do Sistema de Irrigação. Circular Técnica**, n.14. Minas Gerais: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001. Disponível em:<<http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circul14.pdf>>. Acesso em 04 jun. 2019.

BARRETO FILHO, A. de A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A. de; GOMES, E. M.; Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.309-314, 2000.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. 5ª Reimpressão. Viçosa: UFV, 2013. 625 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. 2ª Reimpressão. Viçosa: UFV, 2009. 596 p.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6ª ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1995. 657p.:il.

BOMAN, B.J. Distribution patterns of microirrigation spinner and spray emitters. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph v.5, n.2, p.50-56. 1989.

BORGES, R.C. **Avaliação de sistema de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim braquiária e tifton**: uma revisão de literatura. 2016. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza, 2016.

BRALTS, V. F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240. (Development in Agricultural Engineering, 9).

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **A irrigação no Brasil: situação e diretrizes**. Brasília: IICA, 2008, 132 p.

Bruinsma, j. (Ed.). **World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective**. London: FAO; Earthscan Publications, 2003. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/Y4252E/y4252e00.htm#TopOfPage>>. Acesso 05 setembro 2020.

CARVALHO, I. R.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D. e ROSA, G. M. **Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of Califórnia, 1942. 124 p.

CONCEICAO, M. A. F. **Irrigação: sistemas e manejo**. Embrapa Uva e Vinho. Serviço de Produção de Informação, 8. Versão Eletrônica. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasSemSementes/irrigacao.htm>> Acesso em: 18 junho 2020.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Simulação da distribuição de água em microaspersores sob condição de vento**. 2002, 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Piracicaba: ESALQ/USP, 2002.

FRANCO, D. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento no município de Cacequi**. 2008. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Instituto Federal Farroupilha, São Vicente do Sul, 2008.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990.649p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

KING, B.A.; TARKALSON, D.D.; BJORNEBERG, D.L.; TABERNA, J.P. **Planting System Effect on Yield Response of Russet Norkotah to Irrigation and Nitrogen under High Intensity Sprinkler Irrigation**. American Journal of Potato Research, v. 88, n. 2, p. 121-134, 2011.

LIMA, L. O.; OLIVEIRA, J.P.; ALMEIDA, R.R.; DINIZ, M.R.M.; MIRANDA, M.S.; SOUZA, J.S.C. **Estimativa da eficiência de um sistema de irrigação por microaspersão**. 5º Congresso norte nordeste de pesquisa e inovação. Palmas. Tocantins. 2012.

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

MANTOVANI, E. C. **Avalia: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARTINS, C. L. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação no Sul do Estado do Espírito Santo**. Revista Agro@ambiente on-line-line, v. 7, n. 2, p. 236-241, maio-agosto, 2013 Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR.

MOURA, E. N. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação pressurizados em fruticultura**. Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais, Curitiba, v.3, n.1, p. 67-74, jan./mar. 2005.

PAES, L. A. D. **Características hidráulicas dos microaspersores Dantas MA120 e Irtec e das linhas laterais em sistemas de irrigação por microaspersão**. 1985. 85 p. Tese (Dissertação Mestrado). UFV, Viçosa, 1985.

REBOUÇAS, A. C. **Água e desenvolvimento rural**. Estudos Avançados. 2001. 15 (43)
MOURA.E.N.**Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação pressurizados em fruticultura**.Revista Acadêmica Ciências Agrarias e Ambientais, Curitiba, v. 3, n.1, p. 67-74, jan/mar. 2005.

RODRIGUES, L. N. **Água para produção de alimento**. Minas Gerais: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42157533/artigo-agua-para-producao-de-alimento>>. Acesso em 04 mai. 2019.

SANTOS.D. A. O; FREIRE.F.G.C; SANTOS.F.S.S. dos; SANTOS. M.M.S. dos; LIMA.R.M de S; SANTOS.W.O. **Avaliação da uniformidade de aplicação de água na irrigação por microaspersão na cultura da banana em São João do Jaguaribe-CE**. Inovagri International Meeting, Fortaleza-CE 2012.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de Irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica De Agronomia**, Garça, n.8, dez. 2005.

SILVA, C. A. Teste de uniformidade em microaspersor. Urutaí, GO: CEFET, 2002.

SOARES, J. M. NASCIMENTO, T. **Avaliação técnica do sistema de irrigação por aspersão do perímetro irrigado Barreiras**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.2, p.136-141, 1998 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

SOUSA, A. E. C. **Avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da manga (*mangifera indica* L.)**. Sobral: CENTEC/CE, 2003. 21p. (Monografia).

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. 1. Ed. Campinas: UNICAMP, 2017. 213 p.

VERMEIREN, L. **Irrigação Localizada**. Campina Grande: UFPB– Universidade Federal da Paraíba (Estudos da FAO 36), 1997.

ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. Ilha Solteira – SP: UNESP. Disponível em<<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.html>>. Acesso em 27 jun. 2020.