

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO EM UM
SISTEMA DE ASPERSÃO CONVENCIONAL**

MARIA ISABEL FERREIRA MOURA



Maria Isabel Ferreira Moura

**AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO EM UM
SISTEMA DE ASPERSÃO CONVENCIONAL**

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

Orientador: Prof. Flávio Gonçalves Oliveira

Montes Claros,

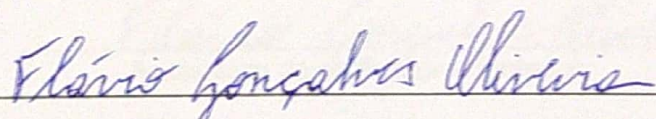
2021

Maria Isabel Ferreira Moura. AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO
EM UM SISTEMA DE ASPERSÃO CONVENCIONAL.

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Flávio Pimenta de Figueiredo – ICA/UFMG

Prof. Luiz Henrique de Souza ICA/UFMG



Prof.º Flávio Gonçalves Oliveira – Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 16 de março de 2021.

Dedico este trabalho à minha família, amigos e professores pelo apoio contínuo, companheirismo e contribuição durante toda minha trajetória. Gratidão!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela minha vida e pelas providências concedidas durante meu percurso acadêmico.

Ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, agradeço pela oportunidade oferecida e todo conhecimento adquirido através de seus membros, servidores e alunos.

Aos meus pais, Wilson e Solange pelo apoio contínuo, confiança e amor frente quaisquer circunstâncias. À minha irmã Anne Caroline, pelo companheirismo e carinho incondicional.

À minha grande amiga Karla Danielle, por todos os momentos difíceis vivenciados juntas, à nossa confiança e amizade contínua. Aos meus queridos amigos Igor e Sérgio pela união, amizade e afeto criado ao longo do curso.

Agradeço aos professores e colegas do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental que foram essenciais para o processo de aprendizagem e apoio constante durante toda graduação.

Em especial, agradeço ao meu orientador Flávio Gonçalves de Oliveira pelas oportunidades concedidas ao longo do curso e pelo grande apoio.

Aos grupos de estudos GEMISA - Grupo de Estudos em Manejo e Irrigação no Semiárido - e GERHISA - Grupo de Estudos em Recursos Hídricos no Semiárido - pela oportunidade de fazer parte das equipes e estudos de grande importância para o crescimento profissional. Em especial ao professor Edson de Oliveira Vieira, pela força, amizade e confiança.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente pelo desenvolvimento deste trabalho e pela minha formação acadêmica, meu muito obrigada!

*“Das habilidades que o mundo sabe, essa é a
que ele ainda faz melhor: dar voltas!”*

(José Saramago)

RESUMO

A avaliação de sistemas de irrigação visa analisar as condições de funcionamento da irrigação, e é importante para proporcionar melhor qualidade dos plantios e a preservação dos recursos hídricos e energéticos. Este trabalho tem como objetivo avaliar a uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação por aspersão convencional em uma área de pastagem, localizada em Francisco Sá, MG. Para obtenção dos dados, foram montadas e avaliadas malhas compostas por coletores em três diferentes locais da área de estudo. Os coeficientes de uniformidade CUC e CUD apresentaram média abaixo do recomendado, equivalentes a 74,71% e 65,08%, respectivamente, sendo classificados como “ruins”. Além disso, foi verificado o incorreto dimensionamento do sistema de bombeamento, ocasionando na variação de pressão e vazão ao longo da irrigação, e consequentemente falhas na distribuição de água. Sendo assim, foi constatada a necessidade de manutenção e acompanhamento do sistema de irrigação em estudo.

Palavras-chave: Coeficiente de uniformidade. Recursos hídricos. Manejo de irrigação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Tipos de sistemas de irrigação por aspersão convencional	16
FIGURA 2 – Localização da área do experimento e dos pontos avaliados.....	19
FIGURA 3 – Áreas de aplicação das avaliações.....	20
FIGURA 4 – Malha de distribuição dos coletores.....	20
FIGURA 5 – Disposição dos coletores na área.....	21
FIGURA 6 – Catálogo do aspersor projetado.....	22
FIGURA 7 – Dispersão das lâminas nos diferentes testes.....	23
FIGURA 8 – Sistema de bombeamento da área em estudo.....	25
FIGURA 9 – Informações do catálogo da motobomba.....	29
GRÁFICO 1 - Relação de incremento anual de área irrigada em seus diferentes sistemas	15

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação dos valores de CUD e CUC.....	17
TABELA 2 – Especificações técnicas do aspersor projetado.....	22
TABELA 3 – Resultados encontrados nas diferentes avaliações.....	23
TABELA 4 – Coeficientes calculados.....	24
TABELA 5 – Especificações da motobomba projetada e instalada.....	26
TABELA 6 – Parâmetros avaliados e aferidos no sistema de bombeamento.....	26
TABELA 7 – Resultados de corrente e potência elétrica verificados.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANA – Agência Nacional das Águas
- CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen
- CUD – Coeficiente de Distribuição
- ABIMAQ – Associação Brasileira de Indústria de Maquinas e Equipamentos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Objetivos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Irrigação no Brasil	14
2.2	Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional	15
2.3	Uniformidade e Eficiência de Aplicação da Água.....	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1	Sistema de Aspersão	22
4.2	Sistema de Bombeamento.....	25
5	CONCLUSÃO	28
6	RECOMENDAÇÕES	28
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível para a sobrevivência de todos os seres vivos e considerada um bem público. Segundo ANA (2020), é possível estimar que o Brasil possui cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta. Apesar do grande volume, os recursos hídricos não são bem distribuídos ao longo do País, e nos últimos anos tem sido verificada uma grande pressão quanto ao seu uso; deste modo, cada vez mais devem ser adotadas práticas de otimização e controle do seu consumo.

Responsável pela maior parte do consumo hídrico do País, a irrigação é uma técnica que consiste em disponibilizar água de forma artificial e em quantidade adequada para as plantas. Segundo Lima (1999), o uso da irrigação é considerado essencial principalmente em regiões áridas e semiáridas, pois complementa a necessidade hídrica das culturas, e conseqüentemente garante a produtividade agrícola durante todo o ano.

Baseado na necessidade de conservação da água e redução dos custos para produção agrícola, entre eles, os gastos com insumos e energia, os sistemas de irrigação e atividades de manejo devem proporcionar uma aplicação uniforme e eficiente da água (REZENDE et al., 2002). Para isso, são utilizadas técnicas de avaliação do sistema de irrigação, que consistem na medição de alguns fatores importantes como a vazão, pressão, uniformidade de aplicação da água e tempo de irrigação.

No entanto, é verificado que a prática de avaliação de sistemas de irrigação não é muito valorizada pelos agricultores, que mesmo possuindo acesso à informação e tecnologia, em sua grande maioria não a realizam, fato este justificado pela falta de orientação e auxílio técnico (SILVA; SILVA, 2005).

Na irrigação por aspersão convencional, a água é distribuída sobre as plantas por meio de aspersores que funcionam simultaneamente em uma linha lateral. Segundo Rocha et al. (1999), esse sistema deve ser avaliado logo após a implantação do projeto, para verificar se as condições de campo condizem com as do projeto, e também periodicamente, observando a qualidade da manutenção e manejo do sistema.

A partir da avaliação técnica dos sistemas de irrigação, torna-se possível conhecer as condições com que a irrigação está sendo realizada, e diante de diversos coeficientes de uniformidade de distribuição da água que expressam a qualidade do sistema, é realizado o planejamento e controle das operações da área.

Dentre os coeficientes utilizados para avaliar a variabilidade de distribuição de água, os mais indicados para o sistema de irrigação por aspersão são o Coeficiente de

Uniformidade de Christiansen (CUC), estabelecido por Christiansen (1942) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) proposto por Criddle et al. (1956), que permitem a compreensão do funcionamento do sistema e a tomada de decisão quanto as possíveis soluções.

A irrigação por aspersão convencional normalmente apresenta grande eficiência de aplicação da água, porém alguns fatores climáticos, como a velocidade do vento e temperatura podem interferir no bom funcionamento do sistema. Segundo Bernardo et al. (2006), a partir dos parâmetros de avaliação, os sistemas de irrigação podem ser classificados como excelente, quando o coeficiente está acima de 90%, bom de 80% a 90%, ruim de 60% a 70% e inaceitável quando está abaixo de 60%.

Essa eficiência afeta diretamente a produtividade do sistema, principalmente em áreas de pastagem, que necessitam da quantidade adequada de água no solo durante todo manejo, para garantir viabilidade das áreas plantadas e elevada rentabilidade financeira. De modo geral, a avaliação dos sistemas de irrigação é de extrema importância não só para proporcionar boa qualidade dos sistemas de plantio, mas também para garantir a preservação dos recursos hídricos e energéticos.

1.1. Objetivos

1.2.1 Geral

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por aspersão convencional em uma área de pastagem no município de Francisco Sá/MG.

1.2.2 Específicos

- Realizar o levantamento de dados da área em estudo;
- Calcular os coeficientes de uniformidade e distribuição de aplicação da água;
- Propor medidas de solução de possíveis problemas identificados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Irrigação no Brasil

A técnica de irrigação foi implantada desde as antigas civilizações, mais diretamente em regiões mais secas, como o Egito. Definida como uma prática agrícola que utiliza de técnicas e equipamentos para suprir as necessidades hídricas das plantas; a irrigação se desenvolveu no Brasil por volta de 1900, direcionada para a produção de arroz no sul do País, e em seguida se estendeu para as demais regiões (ANA, 2017).

Atualmente a aplicação das práticas de irrigação se faz necessária para o desenvolvimento e viabilização da agricultura, principalmente na região do Semiárido brasileiro, onde as chuvas não são bem distribuídas ao longo do ano, e são enfrentados grandes problemas de escassez hídrica.

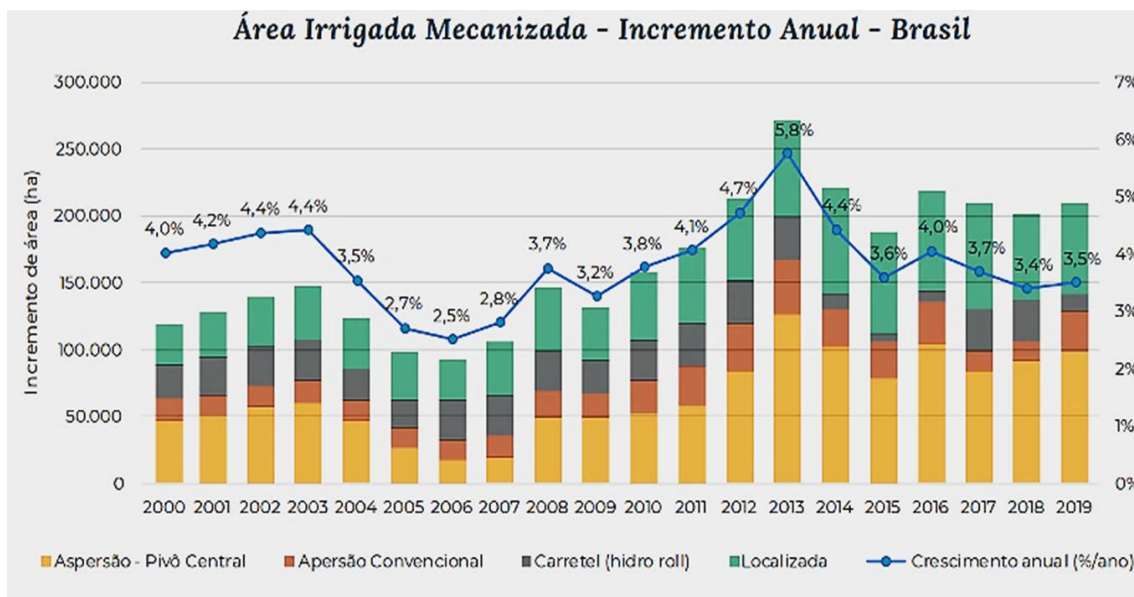
Segundo Lima (1999), a intensificação da prática da irrigação é considerada uma saída estratégica que proporciona o aumento da oferta de produtos destinados ao mercado, melhora os níveis de produção, oferece maior rentabilidade e gera emprego no meio rural e nos setores urbano-industriais vinculados à agricultura irrigada. Deste modo, é verificada uma grande intensificação do uso da irrigação no Brasil.

De acordo com os resultados da “Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada”, realizada pela Abimaq (2021), o Brasil possui cerca de 6,482 milhões de hectares irrigados. Além disso, os dados apontam que a taxa de crescimento foi de 18,96% no ano de 2020, concentrando principalmente nas regiões do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Bahia.

De modo geral, a irrigação é dividida em três tipos: irrigação por aspersão, caracterizado pelos sistemas de pivô central, o autopropelido e a aspersão convencional; a irrigação localizada, com os sistemas de microaspersão e gotejamento, e a irrigação superficial, através dos sistemas de inundação e sulcos. Todos esses sistemas possuem grande abrangência no Brasil, e variam de acordo com a região e sua viabilidade.

O Gráfico 1 representado a seguir, apresenta o incremento anual dos principais tipos de irrigação no País, e sua taxa de desenvolvimento verificado entre os anos de 2000 e 2019.

Gráfico 1 – Relação de incremento anual de área irrigada em seus diferentes sistemas



Fonte: ABIMAQ, 2021.

Dados mais recentes apontam que a área irrigada passou a aumentar em cerca de 100 mil ha/ano; constatando que na década de 2000 uma mudança para 150 mil ha/ano e, de 2010 a 2020, houve incremento aproximado de 250 mil hectares a cada ano (ABIMAQ, 2021).

É verificado que a prática da irrigação tem se elevado ao longo dos últimos anos, e se tornou uma técnica imprescindível para a economia brasileira, trazendo grandes vantagens aos produtores rurais, e deste modo, a tendência é que ocorra maior expansão durante os próximos anos.

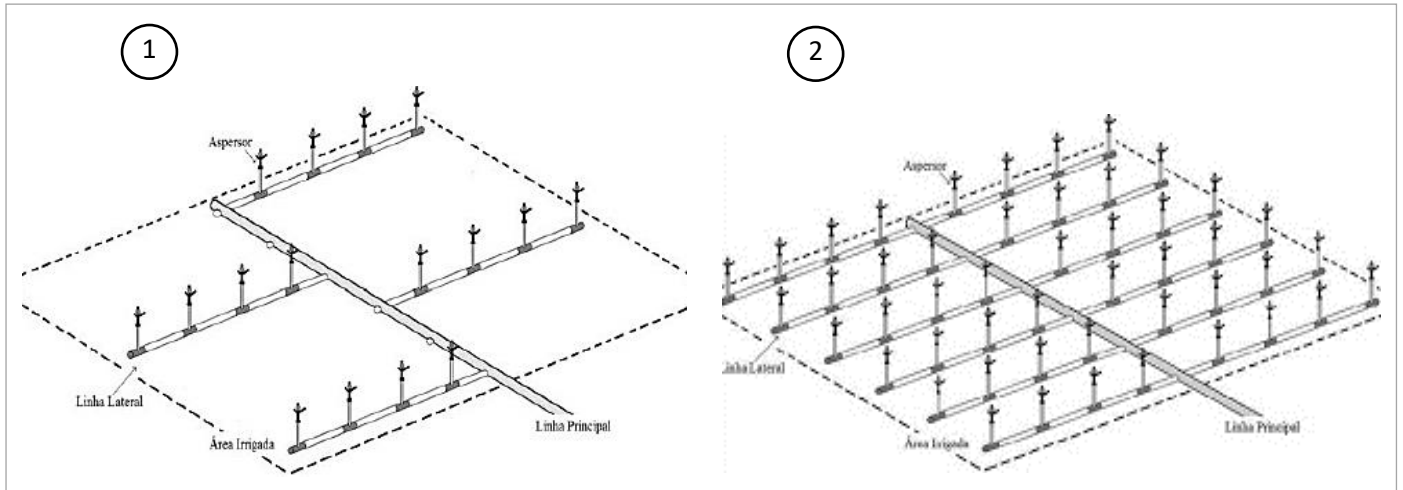
2.2 Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional

Dentre os sistemas observados, a irrigação por aspersão convencional é comumente implantada para o manejo das culturas pois possibilita um melhor controle da lâmina de água aplicada e disponibilidade de maior área cultivada. Além disso, o método apresenta boa eficiência de aplicação e possibilita instalações em áreas mais declivosas. (AGEITEC, 2021).

Na aspersão convencional, o sistema pode ser classificado como portátil, onde os equipamentos podem ser movidos de um local para outro, e as linhas dispostas de acordo com o terreno; e permanente, onde as tubulações permanecem fixas em um único local e

as linhas podem ser divididas em parcelas. (BISCARO, 2009). A Figura 1 abaixo apresenta a disposição e arranjo do sistema nos diferentes modos.

Figura 1 – Tipos de sistemas de irrigação por aspersão convencional



As numerações 1 e 2 representam o sistema portátil e fixo, respectivamente.

Fonte: Biscaro, 2009.

Caracterizado pela instalação e funcionamento simultâneo de aspersores em linhas laterais, o sistema convencional apresenta algumas desvantagens, tais como interferências climáticas causadas pelo vento e temperatura, que podem afetar a aplicação uniforme da água e causar elevadas perdas por evapotranspiração, respectivamente. Tais aspectos podem ser controlados e remediados durante o dimensionamento do projeto (AGEITEC, 2021).

Tendo em vista a grande aplicabilidade do sistema convencional em diferentes áreas, e a importância do seu bom funcionamento para garantia da qualidade e economia do sistema, é verificada a relevância de se implantar técnicas de avaliação e acompanhamento da irrigação (PAZ, 2002).

2.3 Uniformidade de Aplicação da Água

A uniformidade do sistema diz respeito à distribuição da lâmina de água sob a área molhada, e pode ser expressa através de coeficientes que indicam a qualidade da irrigação. A partir de sua aplicação é possível determinar a qualidade de aplicação da água sobre as plantas, e deste modo, verificar se a cultura está recebendo a quantidade hídrica adequada.

Segundo Bernardo (1995), o mais utilizado dos índices de uniformidade é o Coeficiente de Christiansen (CUC), que considera o desvio médio absoluto como medida de dispersão para avaliação da área, como descrito pela Equação 1 a seguir.

$$CUC = 100 * \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - \bar{X}|}{N * \bar{X}} \right) \quad (1)$$

Onde:

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %;

X_i – Precipitação coletada, em mm

\bar{X} - Média geral dos valores de precipitação, em mm

N – Número de coletores

Além disso, utiliza-se o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) que adota a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada. (PAULINO et al. 2009), demonstrado através da Equação 2.

$$CUD = 100 * \frac{x_{25}}{\bar{X}} \quad (2)$$

Em que:

x_{25} - Média de precipitação do menor quartil, em mm

\bar{X} - Média geral dos valores de precipitação, em mm

Proposto por Merriam & Keller (1978) e Mantovani (2001), os dados para interpretação dos valores de CUD e CUC, respectivamente, podem ser realizados através da Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos valores de CUD e CUC

Classificação	CUD	CUC
Excelente	90% a 100%	90% a 100%
Bom	80% a 90%	80% a 90%
Regular	70% a 80%	70% a 80%
Ruim	Menor que 70%	60% a 70%
Inaceitável		Menor que 60%

Fonte: Merriam & Keller, 1978 e Mantovani, 2001.

Alguns fatores afetam a uniformidade de irrigação, tais como: pressão de serviço, espaçamento entre aspersores, diâmetro dos bocais e das tubulações, velocidade e direção do vento. Além disso, é necessária a conferência regular do funcionamento do sistema de bombeamento, pois o mesmo deve satisfazer as demandas de vazão e pressão do projeto (SILVA; SILVA, 2005).

De acordo com Biscaro (2009), quando há pressão excessiva, o aspersor gera uma grande pulverização, implicando na perda de alcance da água; já quando a pressão é deficiente, são geradas gotas muito grandes, o que ocasiona numa deposição em excesso nas extremidades da área.

A eficiência pode ser compreendida como o balanço entre os volumes de água do sistema de irrigação, desde sua captação na fonte, até seu armazenamento no solo, considerando todas as perdas envolvidas no processo (BERNARDO, 1995).

Essas perdas estão associadas à diversos fatores, como o conjunto de equipamentos, acessórios e tubulações utilizados e até mesmo fatores climáticos que promovem perdas por evapotranspiração, deriva do vento e percolação.

Sendo assim, é possível observar que diversos fatores podem comprometer o funcionamento eficiente do sistema e a avaliação da irrigação é imprescindível para prevenir e conter danos que possam gerar prejuízos futuros.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em Setembro de 2020, em uma área localizada na zona rural do município de Francisco Sá, MG. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é considerado Aw', definido por estações mais secas no inverno e chuvas concentradas no verão. Além disso, o município é caracterizado por apresentar altos índices de velocidade do vento e evapotranspiração.

O local do trabalho se constitui em uma área de 11 ha de irrigação por aspersão convencional com espaçamento de 18 x 18 m implantados com a cultura do capim brachiaria.

Para avaliação do sistema de irrigação, realizou-se a análise técnica e visual dos componentes da área. Sendo assim, inicialmente foram verificadas as informações técnicas do poço tubular e do sistema de bombeamento da propriedade. Além disso, foi analisado o tipo de aspersor utilizado, juntamente com o bocal e defletor do mesmo.

Para melhor compreensão do experimento, a área em estudo foi dividida em duas faces, justificado pelo funcionamento de duas motobombas distintas em cada uma delas. A Figura 2 a seguir representa a área onde o trabalho foi realizado, a divisão das faces em questão e a localização dos testes de uniformidade aplicados.

Figura 2– Localização da área do experimento e dos pontos avaliados



Fonte: Do autor, 2021

Como representado na Figura 2, foram realizadas três avaliações ao longo da área. A avaliação 1 caracteriza-se por ser uma região que apresenta boa produtividade, localizada próximo à bomba, na face A. As regiões das avaliações 2 e 3 apresentam falhas

no desenvolvimento da cultura, e estão localizados em pontos mais acidentados e distantes da bomba; situados um na face A e outro na face B, respectivamente. A partir da Figura 3 abaixo, é possível observar as áreas onde foram realizadas as avaliações, e a situação de desenvolvimento da cultura em cada área.

Figura 3 – Áreas de aplicação das avaliações

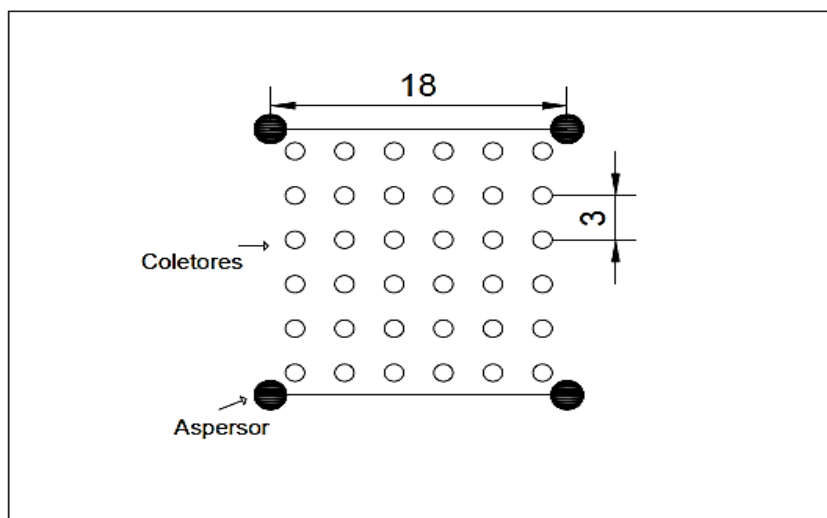


As numerações 1, 2 e 3 representam as respectivas áreas analisadas.

Fonte: Do autor, 2020

Em cada uma das avaliações foram coletados os dados de vazão, pressão e lâmina de irrigação dos aspersores. Para isso, utilizando a metodologia estabelecida por Bernardo et al. (2006), montou-se uma malha em meio a quatro aspersores, onde foram distribuídos 36 coletores, com espaçamento de 3 m entre si. Foi adotado um tempo de 45min para realização do teste, correspondente a cerca de metade do tempo de funcionamento do setor, e em seguida, as lâminas foram coletadas e tabeladas. As Figuras 4 e 5 a seguir detalham a distribuição dos coletores sobre a área.

Figura 4 – Malha de distribuição dos coletores



Fonte: Do autor, 2021

Figura 5 – Disposição dos coletores na área



Fonte: Do autor, 2021

Os dados de vazão foram aferidos pelo método volumétrico, onde em um recipiente com volume conhecido, cronometrou-se o tempo gasto para o preenchimento do mesmo. O procedimento foi realizado com três repetições para assegurar a veracidade dos resultados. Para avaliar a pressão, um manômetro foi acoplado às saídas do aspersor em funcionamento. Os testes foram realizados analisando o primeiro e último aspersor de cada bloco. Vale ressaltar que para cada avaliação, foram aferidos os dados de corrente elétrica e pressão na saída do conjunto motobomba, com o auxílio do alicate amperímetro e manômetro, respectivamente.

Após as coletas realizadas em campo, os dados foram computados, e em seguida foram aplicadas equações matemáticas 1 e 2 para CUC e CUD, avaliando a uniformidade da aplicação de água do sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados aferidos em campo e das informações coletadas no projeto instalado, foram obtidos os resultados apresentados a seguir.

4.1 Sistema de Aspersão

Constatou-se que no projeto dimensionado para o sistema de irrigação em estudo os setores são constituídos por grupos de aspersores do modelo 9575, marca Netafim, como especificado na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Especificações técnicas do aspersor projetado

Aspersor Modelo 9575 - Netafim			
Vazão (m³/h)	Pressão (mca)	Diâmetro Molhado (m)	Altura do Emissor (m)
1,6	28	26	3

Fonte: Do autor, 2020

Entretanto, foi verificado que o modelo de aspersor recomendado no projeto não condiz com as informações de catálogo do fabricante, conforme representado abaixo. (Figura 6)

Figura 6 – Catálogo do aspersor projetado

TAMANHO DO BOCAL (MM)	CÓDIGO DE COR	PRESSÃO DE TRABALHO (BAR)	VAZÃO (L/H)	DIÂMETRO MOLHADO* (M)	PRECIPITAÇÃO (MM/H)								
					ESPAÇAMENTO (M X M)								
					12 x 15	12 x 16	12 X 17	12 x 18	15 x 15	15 x 16	15 x 17	15 x 18	
5.10 + 2.5	Preto + amarelo	2.0	1632	22.0	9.1	8.5							
		2.5	1825	25.0	10.1	9.5	8.9	8.5	8.1	7.6	7.2		
		3.0	2000	27.0	11.1	10.4	9.8	9.2	8.9	8.3	7.8	7.4	
		3.5	2160	28.0	11.9	11.2	10.5	10.0	9.6	9.0	8.4	8.0	
		4.0	2310	29.0	11.9	11.2	10.5	10.0	9.6	9.0	8.4	8.0	

Fonte: Netafim, 2018

Como observado, o modelo não é indicado para o espaçamento de 18x18m e as especificações emitidas no projeto não são identificadas no catálogo, configurando irregularidades no dimensionamento do projeto. A partir das avaliações do sistema de irrigação realizadas em campo foram verificados os resultados a seguir (TABELA 3).

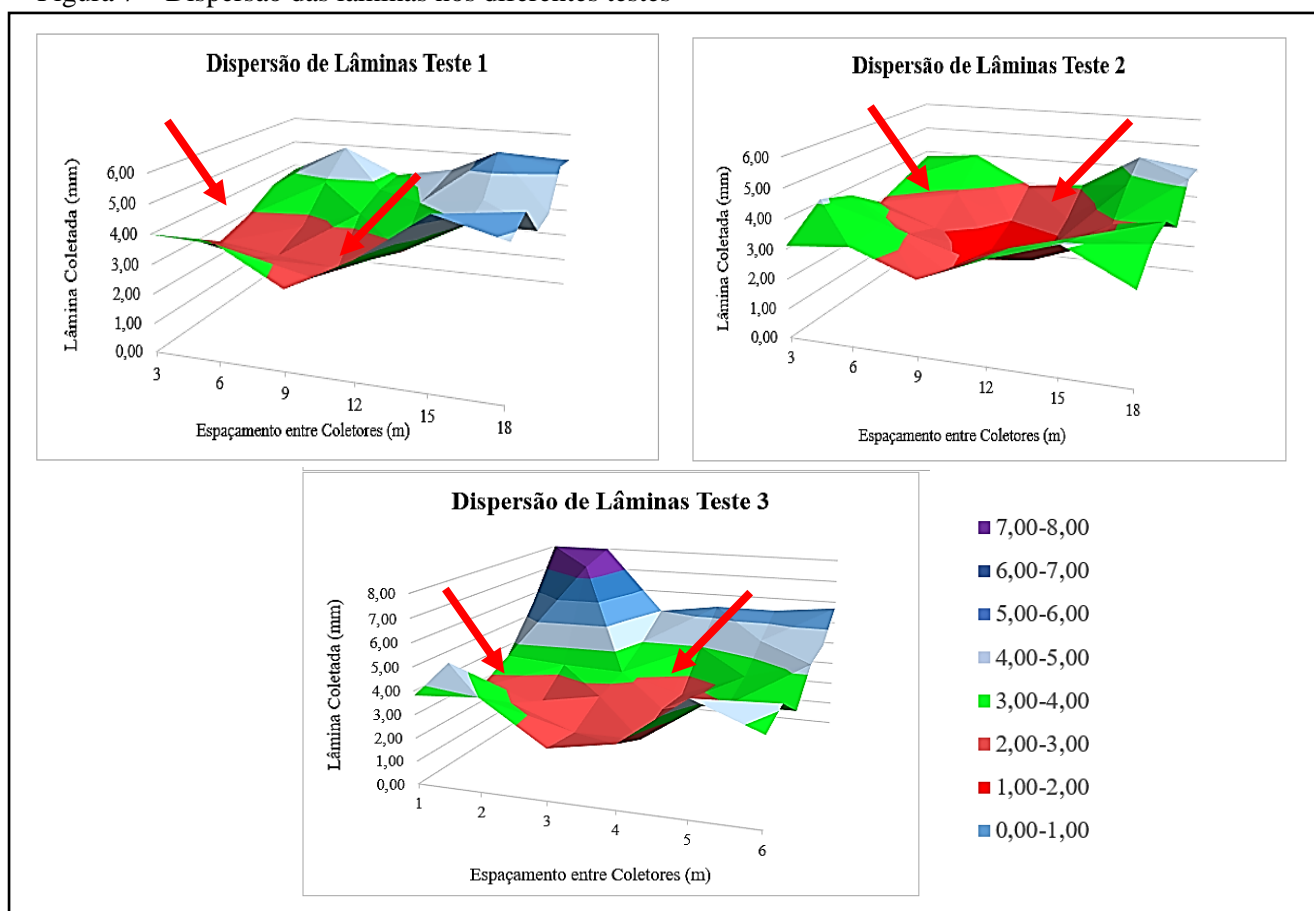
Tabela 3 – Resultados encontrados nas diferentes avaliações

Face	Teste	Lâmina média (mm/h)	Vazão (m³/h)	Pressão Aferida (mca)		Pressão Média (mca)
				Primeiro Aspensor	Último Aspensor	
A	1	4,77	1,55	28	25	26,5
	2	3,86	1,25	24	20	22
B	3	5,02	1,63	25	22	23,5
Média		4,55	1,47	25,67	22,33	24

Fonte: Do autor, 2020

Por meio dos dados coletados em campo foi possível observar que a área 1 apresentou resultados mais similares em comparação com os dados do projeto. Entretanto, o mesmo não ocorreu com as demais áreas, que sofreram grande variação de pressão e vazão. De modo geral, a lâmina média se encontrou abaixo da lâmina de projeto. Para melhor compressão da distribuição da água nas áreas, tem-se a Figura 7 a seguir.

Figura 7 – Dispersão das lâminas nos diferentes testes



Fonte: Do autor, 2020.

De modo geral, as zonas centrais entre quatro ou dois aspersores, de cada avaliação apresentaram os menores valores de lâmina precipitada. Tal constatação é atribuída ao diâmetro de alcance dos aspersores, insuficiente para a sobreposição do perímetro irrigado, ao alto índice de deriva pelas condições climáticas e topográficas da região e pela baixa pressão nos aspersores.

Para Azevedo et al. (1983), como os aspersores aplicam maior quantidade de água em suas proximidades e menor na zona central de sua área molhada, a distância entre eles deve ser proporcional e bem dimensionada de tal forma que ocorra uma correta superposição entre os jatos de um e de outros adjacentes, resultando numa melhor uniformidade.

O teste 3 apresentou os valores mais extremos de lâminas coletadas, variando de 2 a 8mm, devido ao entupimento promovido pelo acúmulo de calcário verificado, e por sua localização, visto que tal área possui maior altitude.

Tendo em vista as lâminas coletadas em cada malha, realizou-se os cálculos dos coeficientes de distribuição e da eficiência, dispostos na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Coeficientes calculados

	CUC (%)	CUD (%)
Teste 1	80,81	66,76
Teste 2	74,71	65,08
Teste 3	71,02	59,24
Média	74,71	65,08

Fonte: Do autor, 2021.

É possível observar que a primeira avaliação apresentou melhor resultado para o CUC, sendo classificada como “bom”. As demais avaliações apresentaram menores valores para CUC, sendo classificadas como “razoável”. (MANTOVANI, BERNARDO, PALARETTI, 2001).

Para os resultados do coeficiente de distribuição (CUD), todas as avaliações apresentaram baixos resultados, classificadas como “ruins”, segundo Bernardo et. Al (2006). Os baixos valores podem ser explicados pela má distribuição de lâmina irrigada na área, atrelados à problemas de alta variação de pressão e vazão dos aspersores avaliados.

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2009) a baixa eficiência é resultante da baixa uniformidade de distribuição da água, e além disso, está relacionada com as perdas d'água por evaporação e por arraste pelo vento, justificadas pela velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar.

De modo geral, os valores dos coeficientes e de eficiência de aplicação da água são identificados em resposta às propriedades hidráulicas do sistema de irrigação, como pressão e vazão inferiores ao recomendado pelo fabricante (PAULINO et al. 2009).

4.2 Sistema de Bombeamento

Após as medições e análises técnicas do sistema de bombeamento da área, os dados foram recolhidos para estudo. A Figura 8 a seguir apresenta os equipamentos de bombeamento instalados na área do projeto.

Figura 8 – Sistema de bombeamento da área em estudo



Fonte: Do autor, 2020.

Como observado, as duas motobombas são do mesmo modelo ME32125 A160, marca Schneider, e ambas são utilizadas para alimentar cada face do projeto (face A e face B). A Tabela 5 a seguir consta as especificações da motobomba solicitada para o projeto em comparação com a bomba instalada na área.

Tabela 5 – Especificações da motobomba projetada e instalada

	Vazão (m³/h)	Altura Man. (mca)	Potência (cv)
Projetada	30	66	12,50
Instalado	26,5	78	12,50

Fonte: Do autor, 2021.

Conforme apresentado, a bomba instalada não condiz com o modelo solicitado no dimensionamento do projeto, e deste modo não é adequada para o sistema de irrigação, uma vez que não comporta as demandas do sistema. A Figura 9 representada abaixo, evidencia as informações do catálogo da motobomba instalada.

Figura 9 – Informações do catálogo da motobomba

MODELO (ME-3)	Potência (cv)	Estágios	Monofásico	Trifásico	Ø Sucção (pol)	Ø Recalque (pol)	Pressão máxima sem vazão (m. c.a.)	Altura máxima de sucção (m. c.a.)	Ø Rotor (mm)								
										60	66	72	78	83	89	95	101
ME-32125 A155	12,5	2	x	x	3	2 1/2	84	8	155	32,6	29,9	26,6	21,6				
ME-32125 A160	12,5	2	x	x	3	2 1/2	93	8	160	*	*	*	26,5	22,5	15,1		
ME-32150 A167	15	2	x	x	3	2 1/2	104	8	167	*	*	*	31,0	28,9	25,7	20,2	
ME-33200 A160	20	3		x	3	2 1/2	140	8	160	*	*	*	*	*	*	33,2	31,7
ME-33250 A168	25	3		x	3	2 1/2	156	8	168	*	*	*	*	*	*	*	*
ME-34300 A165	30	4		x	3	2 1/2	197	8	165	*	*	*	*	*	*	*	*
ME-34400 A178	40	4		x	3	2 1/2	233	8	178	*	*	*	*	*	*	*	*

Fonte: Catálogo Schneider, 2010

De acordo com as especificações constadas, é possível observar que a motobomba selecionada não atende às demandas de altura manométrica e vazão requeridas pelo projeto, mostrando-se inadequada para a área em questão.

A Tabela 6 apresenta os dados constados em projeto e aferidos em campo. A partir das informações coletadas, foram calculadas variáveis a fim de possibilitar a comparação entre os dados esperados com os dados reais.

Tabela 6 – Parâmetros avaliados e aferidos no sistema de bombeamento

		Dados do Projeto		Dados Aferidos em Campo		Dados Calculados	
Face	Teste	Vazão (m³/h)	Altura Manométrica (mca)	Vazão (m³/h)	Pressão na saída da MB (mca)	Altura Manométrica do Projeto (mca) **	Nec. energética encontrada no campo (mca)***
A	1		53	27,84	48	47,37	42,21
	2	30	53	22,53	52	52,01	42,00
B	3		66	29,26	65	64,33	50,87

** Energia requerida desde o sistema de bombeamento até o aspersor, com os dados de projeto.

*** Somatória da pressão na entrada do bloco, altura do aspersor, desnível, perda de carga nas válvulas, adutora, sucção e linha principal; com base nos dados aferidos em campo

Fonte: Do autor, 2021.

Em conformidade com os resultados da tabela acima, é possível observar que a vazão projetada é superior às vazões aferidas em campo. Nota-se que a vazão da avaliação 2 é consideravelmente inferior às demais. Apesar da pressão de saída na motobomba aferida em campo ter atingido resultados próximos ao esperado, a necessidade energética no sistema foi expressivamente inferior. Tal diferença pode ser atribuída pelo funcionamento baixa pressão de serviço dos aspersores da área (conforme Tabela 3) e possível entupimento das tubulações.

A seguir estão apresentados os dados de corrente e potência observados e calculados no sistema em estudo (TABELA 7).

Tabela 7 – Resultados de corrente e potência elétrica verificados

Face	Teste	Dados do Projeto		Dados Aferidos em Campo	
		Faixa de Corrente (A)	Potência Elétrica (Kw)	Corrente Aferida (A)	Potência Elétrica (Kw)
A	1	51	6,64	47,4	4,91
	2	51	6,64	47,4	3,95
B	3	51	8,27	46,9	6,22

Fonte: Do autor, 2021.

Os valores de corrente elétrica aferidos em campo mostraram-se próximos aos especificados pela motobomba, a pequena variação verificada encontra-se dentro da faixa permissível (25,5 – 51 A). Entretanto, a potência elétrica calculada com os dados reais de campo, foi menor que o constado em projeto, em decorrência da baixa pressão e vazão das áreas.

De modo geral, foi verificado que os dados especificados no dimensionamento do projeto não estão de acordo com o que foi observado em campo. Deste modo, é sinalizada a necessidade da realização do acompanhamento e manutenção nos sistemas de irrigação, visando a melhoria da eficiência de aplicação, e conseqüentemente, a redução dos custos de produção e consumo hídrico (PAULINO et al. 2009).

5 CONCLUSÃO

- As bombas instaladas no projeto de irrigação não atendem às necessidades do sistema;
- Devido ao mau dimensionamento do sistema de bombeamento, o projeto apresenta problemas de baixa pressão e vazão na saída dos aspersores;
- Os aspersores instalados não são recomendados para o sistema de irrigação, visto que apresentam baixo alcance do diâmetro molhado;
- De modo geral, o sistema de irrigação apresenta baixa uniformidade de aplicação e distribuição das lâminas.

6 RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se a troca das motobombas do sistema de bombeamento do projeto de irrigação, para que sejam atendidas as demandas de pressão e vazão do sistema;
- Recomenda-se a troca dos aspersores, por modelos que atendam a sobreposição necessária para o espaçamento do projeto;
- Caso não haja a troca do sistema de bombeamento, deve ser estudada a possibilidade de redução dos setores de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMAQ, Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos. **Agricultura Irrigada**. São Paulo, 2020. 12p. Disponível em: <<http://www.abimaq.org.br/>>. Acesso em: 26 de jan. 2021.

AGEITEC , Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Irrigação por aspersão. **Embrapa** Brasília – DF, [s.n]. Disponível em:<>. Acesso em: 12 de fev. 2021.

ANA, Agência Nacional das Águas - **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília - DF, 2017. 86p. Disponível em: < <https://arquivos.ana.gov.br/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrrigada>>. Acesso em: 26 de jan. 2021.

ANA, Agência Nacional das Águas. Quantidade de água. **Agência Nacional de Águas**. Brasília. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 25 de jan. 2020.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária. 1995. 5 ed. 596p.

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

BISCARO, G. A. Sistemas de irrigação por aspersão. **Editora da Universidade Federal da Grande Dourados**. Dourados – MS. UFGD, 2009. 134 p.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. O estado das águas no Brasil. **Agência Nacional de Energia Elétrica. CD-ROM**, 1999.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2001. 318 p.

MERRIAM, J. L. et al. **Avaliação do sistema de irrigação agrícola: um guia para a gestão**. departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Politécnica da Califórnia, EUA.1978. 345 p.

NETAFIM, Produtos e Soluções. **Catálogo de Produtos para Irrigação: Irrigação por Aspersão**. 5. ed. 2020. 421 p.

PAULINO, M. A. D. O., et al. Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, Fortaleza, CE. v.3, n.2, p.48-54, ago. 2009.

PAZ, P. D. S. et al. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 404-408, 2002.

REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A.; TORMENA, C. A.; BERTONHA, A. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p. 1553-1559, 2002.

ROCHA, E. M. D. M et al. Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 3, n. 2, p. 154-160, 1999.

SCHNEIDER, Motobombas. **Catálogo de Motobombas**. Bombas centrífugas. 3. ed. 2018. 58 p.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça-SP, v. 2, n.8, p. 1-17, 2005. Disponível em: Acesso em: 24 jan. 2021.