

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
ASPERSSÃO CONVENCIONAL**

CRYSTYAN CARDOSO RODRIGUES



Crystyan Cardoso Rodrigues

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL**

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. Flavio Gonçalves Oliveira

Montes Claros

2020

Crystyan Cardoso Rodrigues

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
ASPERSSÃO CONVENCIONAL**

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Prof. Flávio Pimenta de Figueiredo - ICA/UFMG

Prof. Luiz Henrique de Souza - ICA/UFMG

Prof. Flavio Gonçalves Oliveira - Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 04 de novembro de 2020.

Dedico o presente trabalho aos meus pais José Geraldo Rodrigues e Maria Natália Cardoso Rodrigues por serem a base, inspiração e motivo para que eu pudesse chegar ao fim dessa jornada.

RESUMO

A avaliação hidráulica de um sistema de irrigação é de extrema importância, através dela pode-se obter informações cruciais para se fazer um manejo correto buscando maximizar o uso eficiente da água. Por meio de ensaio em campo em condições normais de funcionamento a avaliação nos fornece dados que permitem conhecer parâmetros ligados diretamente a uniformidade de aplicação de água e eficiência do sistema, sendo esses de suma importância para toda tomada de decisão referente ao manejo. O presente trabalho teve por objetivo, avaliar a uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação por aspersão convencional em uma propriedade rural particular no município de Francisco Sá - MG e propondo recomendações de manejo visando a melhoria do funcionamento do sistema. Os testes foram realizados nos dias 17 e 18 de junho de 2020, selecionou-se três áreas representativas dentro do sistema – setor 2 (área 1), setor 7 (área 2) e setor 12 (área 3). Para se realizar o ensaio de uniformidade do sistema de irrigação por aspersão foram instalados coletores/pluviômetros plásticos suspensos por hastes de alumínio da marca FABRIMAR em uma malha de 3 x 3 metros (m) em volta do aspersor escolhido, durante os ensaios foram aferidas as pressões dos aspersores, sentido do vento, amperagem de trabalho do motor, pressão na saída da bomba e as lâminas d'água coletadas. Quanto aos coeficientes que expressam a uniformidade de um sistema de irrigação por aspersão, neste trabalho foram utilizados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de uniformidade de Distribuição (CUD) e o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE). Os valores de uniformidade encontrados são classificados como bons e regulares seguindo os parâmetros de classificação estabelecido pelos autores Bernardo, Soares e Mantovani (2006), sendo os valores médios de CUC, CUD e CUE iguais a 85,3%, 75% e 82% respectivamente. Os resultados obtidos das avaliações do sistema de irrigação mostraram valores de uniformidade classificados como regular e bom para as áreas em estudo, sendo considerado como valores aceitáveis, porém, apontam que o sistema não está funcionando em sua melhor performance refletindo diretamente em maiores custos de produção e baixa produtividade. A realização das recomendações de manejo e manutenção no sistema se faz necessária para proporcionar uma melhoria na uniformidade e eficiência de aplicação de água.

Palavras-chave: Manejo de irrigação. Uniformidade de irrigação. Uso eficiente da água. Eficiência de aplicação de água.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Distribuição continental da área mundial irrigada no ano de 2017	15
Figura 02 – Área irrigada por unidade da federação IBGE (2006) e ANA (2015)	15
Figura 03 – Indicação das áreas escolhidas para testes	20
Figura 04 – Disposição dos coletores ao redor do aspersor selecionado	21
Figura 05 – Reservatório sem cobertura adequada	24
Figura 06 – Vazamento da tubulação após o sistema de bombeamento	24
Figura 07 – Deriva causada pela ação do vento	25
Figura 08 – Valores das lâminas (mm) coletadas na área 01, espaçamento 15x18m e indicação da direção do vento.....	28
Figura 09 – Valores das lâminas (mm) coletadas na área 02, espaçamento 18x18m e indicação da direção do vento	30
Figura 10 – Valores das lâminas (mm) coletadas na área 03, espaçamento de 18x18m e indicação da direção do vento.....	32
Gráfico 01 – Distribuição de precipitação: Área 01 (setor 02), lâmina média desejada 8,19mm/h	27
Gráfico 02 – Distribuição de precipitação: Área 02 (setor 07), lâmina média desejada 6,83mm/h	28
Gráfico 03 – Distribuição de precipitação: Área 03 (setor 12), lâmina média desejada 6,83mm/h	29
Gráfico 04 – dispersão das lâminas coletadas na área 01 em referência a lâmina desejada	30
Gráfico 05 – dispersão das lâminas coletadas na área 02 em referência a lâmina desejada	31

Gráfico 06 – dispersão das lâminas coletadas na área 03 em referência a lâmina desejada	
.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Valores das Pressões (bar) obtidas nas áreas em estudo	26
Tabela 02 – Resultados da uniformidade de irrigação: Área 01 (setor 02)	29
Tabela 03 – Resultados da uniformidade de irrigação: Área 02 (setor 07)	31
Tabela 04 – Resultados da uniformidade de irrigação: Área 03 (setor 12)	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C – Antes de Cristo

AGRO – Agronegócio

ANA – Agência Nacional de Águas

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen

CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição

CUE – Coeficiente de uniformidade Estatístico

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

GEIDA – Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola

GWh/ano – Giga Whats por hora ao ano

Ha – hectares

Mha – Milhões de Hectares

m – Metros

mm – Milímetro

mm/h – Milímetro por hora

PRODECER – Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados

PROFIR – Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação

PROINE – Programa de Irrigação do Nordeste

PRONI – Programa Nacional de Irrigação

PROVÁRZEAS – Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis

SUDENE – Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Irrigação.....	12
2.2 História da irrigação.....	14
2.2 Métodos de Irrigação.....	17
2.3 Avaliação e manejo de Sistemas de Irrigação.....	18
2.4 Fatores que interferem na uniformidade e eficiência de irrigação.....	19
3 METODOLOGIA.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
Avaliação – área 01.....	29
Avaliação – área 02.....	31
Avaliação – área 03.....	33
5 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

No decorrer dos tempos com o alto crescimento populacional a demanda por alimentos é cada vez maior, atrelado a isso vem também o aumento significativo no uso de recursos naturais principalmente a água. O setor da agropecuária é responsável pela produção de alimentos e matérias-primas para satisfazer essa crescente demanda buscando sempre aprimorar técnicas de cultivos, produção, genética e escoamento de forma a obter o auge da produtividade, tornando assim, o setor do “AGRO” o ícone para satisfazer a constante demanda da população mundial.

Contudo, tem-se um fator limitante e de extrema importância no processo de produção agrícola, a água. Essa que é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997). A irregularidade de distribuição das águas tanto das chuvas quanto de reservatórios superficiais naturais de água doce torna inviável a prática da agricultura em regiões que sofrem com um regime hídrico desfavorável.

Em locais em que predominam essas características como é o caso da Região Norte de Minas Gerais, a alta produtividade agrícola vem atrelada ao uso das técnicas de irrigação, se realizadas de maneira correta, com manejo adequado, buscando sempre a máxima eficiência e uniformidade na aplicação de água, geram resultados surpreendentes quanto a produtividade nas regiões de clima árido – semiárido.

Segundo Oliveira *et al.* (2010), 40% da produção mundial de alimentos são oriundas da prática da agricultura irrigada. Entretanto, para se obter um sistema de irrigação com alta uniformidade de aplicação e eficiência depende de diversos fatores, como: dimensionamento correto do sistema, implantação do sistema seguindo todas as especificações e materiais descritos no projeto, manutenção e conservação do sistema como um todo, qualidade da água de irrigação, incidência de ventos no momento da irrigação e não menos importante, a avaliação periódica do sistema de irrigação.

A avaliação dos sistemas de irrigação é de extrema importância, pois através dela obtém-se informações cruciais para se fazer um manejo correto, buscando maximizar o uso eficiente da água. Por meio de ensaio em campo, em condições normais de funcionamento a avaliação nos fornece dados que permitem conhecer parâmetros ligados diretamente a uniformidade de aplicação de água e eficiência do sistema.

A nível mundial a agricultura irrigada consome cerca de 69% de toda a água derivada das fontes (rios, lagos e aquíferos subterrâneos) e os outros 31% são consumidos pelas indústrias e uso doméstico (CHRISTOFIDIS, 1997). No Brasil a agricultura irrigada é responsável por 52% das retiradas de água, seguida pelo abastecimento urbano (23,8%), indústria de transformação (9,1%) e dessedentação animal (8%) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019). Estima-se que de toda a água captada para fins de irrigação apenas 50% seja utilizada pelas plantas, e em sistemas de irrigação por superfície as perdas podem ultrapassar 75% (SOUSA *et al.*, 2011).

Paz *et al.*, (2000) afirmam que em avaliações de projetos de irrigação realizadas em todo o mundo, indicaram que mais da metade da água derivada para irrigação se perde antes de alcançar a zona radicular dos cultivos. Essas afirmações comprovam quão importante se faz a avaliação e manejo adequado dos sistemas de irrigação para se obter melhores resultados no uso da água.

O presente trabalho teve por objetivo, avaliar a uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação por aspersão convencional localizado em uma propriedade rural particular no município de Francisco Sá - MG e propor recomendações de manejo visando a melhoria do funcionamento do sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Irrigação

A técnica da irrigação consiste em complementar as necessidades hídricas das culturas por meio da aplicação racional e sustentável de água, visando minimizar os impactos do clima sobre as culturas de maneira a atingir produtividades que sejam economicamente viáveis.

A irrigação consiste basicamente em definir como, quanto e quando irrigar, essas decisões devem ser tomadas diariamente e geralmente consideram a área irrigada como uma unidade homogênea (RODRIGUES, 2017), ou ainda, segundo Lima (2014), pode ser denominada como o conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo ou no espaço para modificar, favorecer as possibilidades agrícolas de cada região, visando corrigir e/ou complementar a distribuição natural das chuvas proporcionando alcançar a máxima produção, em complementação às demais práticas agrícolas.

Sob uma ótica restrita a irrigação é vista simplesmente pela aplicação de água para planta, mas com um olhar mais realista, constata-se que ela é a base de uma economia e de um modo de vida (RODRIGUES, 2020).

A intensificação da prática da irrigação configura uma opção estratégica de grande alcance para aumentar a oferta de produtos destinados ao mercado, consolidar a afirmação comercial do Brasil em um mercado internacional altamente competitivo e melhorar os níveis de produção, produtividade, renda e emprego no meio rural e nos setores urbano-industriais que se vinculem direta ou indiretamente ao complexo de atividades da agricultura irrigada (LIMA, 2014).

Essa prática é extremamente benéfica na agricultura mundial, garante a produção independente do regime hídrico e reduz os riscos de quebra de safra pela seca, Testezlaf, (2017) enfatiza que, quando se utilizam as técnicas de irrigação para suprir as demandas ou necessidades hídricas das plantas mesmo que falte chuva, o risco de quebra de safra é minimizado com maior garantia de produção. Proporciona aumento da produtividade, já que, a irrigação permite que o solo fique com umidade ideal para o pleno desenvolvimento das culturas; melhora a qualidade do produto final.

Pascual *et al.*, (2000) citado por Testezlaf (2017) constataram que a aplicação correta de água pela irrigação na cultura do tomate é capaz de controlar o aparecimento de rachaduras e proporcionar um aumento do tamanho do fruto. Permite o aumento no número de safras agrícolas e entressafras se comparadas ao número de colheitas realizadas nos cultivos tradicionais de sequeiro. A prática da irrigação também permite melhorias no âmbito social e econômico criando novos empregos, aumentando a renda familiar e criando possibilidades e oportunidades para movimentação do mercado regional.

Contudo, deve-se salientar que o uso da irrigação de maneira errônea sem manejo adequado pode trazer diversos danos ao meio ambiente. Os principais impactos ambientais possíveis devido ao uso da irrigação são: consumo exagerado da disponibilidade hídrica da região, conflitos pelo uso da água, contaminação dos recursos hídricos, salinização do solo nas regiões áridas e semiáridas, erosão dos solos e lixiviação de compostos químicos advindos de aplicações nas áreas cultivadas (LIMA, 2014). Esses fatores negativos enfatizam ainda mais o quão importante se faz o uso adequado das técnicas de irrigação.

2.2 História da irrigação

A história da irrigação não deve ser confundida com a história da agricultura, já que se deram em tempos distintos. Estudos comprovam que 4.500 a.C. a prática da irrigação era utilizada por diversos povos no continente asiático, e também nos grandes povoados que se desenvolviam nas margens dos rios Huang Ho e Iang-Tse-Kiang, na China (ano 2.000 a.C.), do Rio Nilo, no Egito; do Rio Tigre e do Eufrates, na Mesopotâmia e do Ganges, na Índia (ano 1.000 a.C.) (NETO, 2003)

No Brasil, a irrigação teve seus princípios evidentes entre o fim do século XIX e o início do século XX, se comparada com o início das atividades a nível mundial a chegada da irrigação no Brasil foi tardia, tendo registros dos primeiros projetos voltados para essa prática no início da construção do Reservatório Cadro – RS em 1881, porém sua operação só começou no ano de 1903, utilizado para suprir o cultivo irrigado de arroz (BRASIL, 2008).

Durante toda a história da irrigação no país foram criados vários marcos jurídicos legais que de maneira direta ou indireta interferiam na implantação de novas áreas irrigadas, já que esses regiam o uso da água e do solo. Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2017), impulsionada pela expansão da agricultura para regiões de características físico climáticas menos favoráveis e pelos próprios benefícios observados nessa prática, a irrigação se intensificou no Brasil a partir das décadas de 1970 e 1980, contando com importantes iniciativas governamentais, tais como:

A criação do Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola-GEIDA (1968); o Programa Plurianual de Irrigação (1969); o Programa de Integração Nacional (1970); o Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis – PROVÁRZEAS (1981), o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação – PROFIR (1982), o Programa Nacional de Irrigação – PRONI (1986) e o Programa de Irrigação do Nordeste – PROINE (1986). No Centro-Oeste, um dos programas mais importantes para a chegada da irrigação foi o PRODECER (Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados), assinado em 1974 e implementado a partir de 1979. O Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), criado em 1953, a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), criada em 1954, e a Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), criada em 1959, foram algumas das principais instituições responsáveis pela implementação de ações elencadas nos programas governamentais, não obstante a grande relevância de instituições financeiras como o Banco do Nordeste, criado em 1952, e recursos de acordos de empréstimos com organismos internacionais (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2017).

Na região do Norte de Minas Gerais a implantação de alguns perímetros irrigados marcou a história da irrigação nessa mesorregião, tendo como principais o Distrito de irrigação Jaíba, Gortuba e Pirapora.

Na década de 60 o governo federal realizou um levantamento do potencial irrigável da Bacia do rio São Francisco em Minas Gerais, por meio desse estudo foi identificado uma área de 100 mil hectares com grande potencial para irrigação no município de Jaíba.

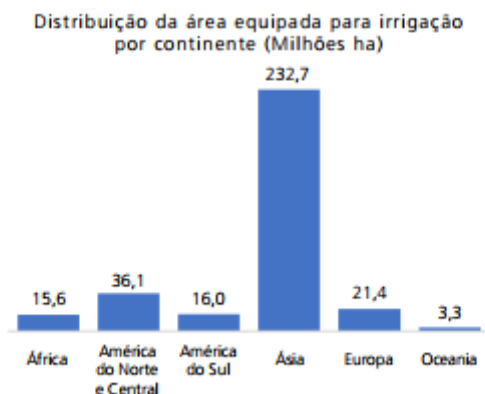
O início das obras de infraestrutura se deu em meados do ano de 1979 com intuito de criar o maior perímetro irrigado da América Latina, a realização do projeto foi dividida em 4 etapas e atualmente então em funcionamento as etapas I com aproximadamente 24.600 ha e a etapa II com aproximadamente 19.200 ha de área irrigável, utilizando da água do Rio São Francisco como fonte de abastecimento de todo o projeto onde a água é conduzida por canais até os irrigantes. (FELÍCIO e REYDON, 2018; MINAS GERAIS, 2010)

Segundo dados do Distrito de Irrigação do Perímetro Gortuba – DIG, o Perímetro Irrigado Gortuba situa-se no município de Nova Porteirinha, possuindo área, total de 11.280 ha, utiliza como fonte hídrica o reservatório da Barragem Bico da Pedra que represa água do Rio Gortuba. Teve o início do seu projeto em 1978 e foi concluído no final de 1978 embora sua emancipação só se deu em maio de 1986.

Já o Perímetro de Irrigação de Pirapora se comparado aos dois já citados é considerado de pequeno porte, porém o mesmo é referência nacional na produção de uva de mesa. As obras de construção foram iniciadas no ano de 1975 pela SUVALE, que posteriormente seria comandada pela CODEVASF, inaugurado em 24 de novembro de 1978 o projeto conta com aproximadamente 1.236 hectares de área irrigável (REIS *et al.*, 2008).

Segundo dados da FAO (2013), a área total mundial equipada para irrigação se aproxima dos 310,541,892 hectares. O Brasil fica entre os dez países com a maior área irrigada do mundo, os líderes mundiais são a China e a Índia (FIGURA 01) com cerca de 70 milhões de hectares (Mha) cada, seguidos dos EUA (26,7 Mha), do Paquistão (20,0 Mha) e do Irã (8,7 Mha).

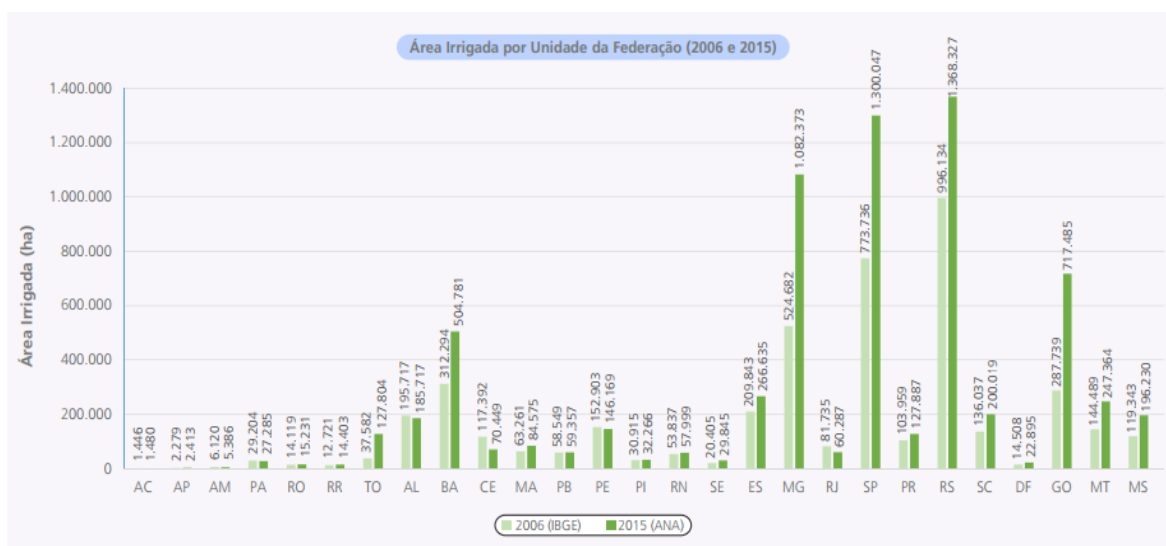
Figura 01 – Distribuição continental da área mundial irrigada no ano de 2017.



Fonte: ANA, 2017.

Em 2014 um levantamento feito pela ANA, (2016) o Brasil apresentava uma área equipada para irrigação de 6,1 Mha. Contudo, foram feitos estudos com maior refinamento de dados com uso de mapeamentos georreferenciados de pivôs centrais no país (ANA & Embrapa, 2016) e contou com fornecimento de dados da rizicultura irrigada no país fornecidos pela (Conab), concluindo que no ano de 2015 o Brasil contava com uma área total irrigada de 6,95 milhões de hectares, com destaque para os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul com maiores áreas irrigadas no país (FIGURA 02)

Figura 02 – Área irrigada por unidade da federação IBGE (2006) e ANA (2015)



Fonte: ANA (2016) e IBGE (2009)

2.2 Métodos de Irrigação

Hoje em dia contamos com uma diversidade de métodos de irrigação, desde os mais simples com pouco uso de tecnologia até os mais automatizados com alta taxa de aplicação e baixa frequência, assim como aqueles com alta frequência de aplicação e baixo volume de água. Contudo não existe um método melhor ou pior, deve-se levar em consideração diversas variáveis para se fazer a escolha do sistema a ser implantado, portanto, existe o método mais indicado a depender das situações de campo, disponibilidade hídrica, questões financeiras e sociais.

A irrigação superficial é o método mais antigo e representa a maior porcentagem de área irrigada no mundo em relação aos sistemas pressurizados. Deve-se a isso o seu baixo custo de implantação (a depender da topografia) e ausência de mão de obra qualificada por sua simplicidade de operação. Esse método consiste em aplicar a água diretamente sobre a superfície do solo a partir de uma extremidade da área, onde o próprio solo faz a distribuição gradual da água no terreno pela força da gravidade, por isso essas técnicas são denominadas de irrigação por gravidade (SENAR,2019).

Um dos principais problemas da irrigação por superfície é a baixa eficiência de aplicação, traduzida nos valores de perdas de água por escoamento superficial e percolação, na maioria das vezes superior a 40%. Essa baixa eficiência se deve principalmente à inadequação do projeto hidráulico, sistematização do terreno e do manejo da irrigação (COSTA e ARAUJO; 2006). Coelho (1986) verificou em distritos irrigados no estado da Bahia a eficiência de aplicação de 32% em áreas que utilizam o método de irrigação por superfície.

No método por aspersão, a água é aspergida sobre a superfície do solo, ocorre o fracionamento do jato de água por resistência aerodinâmica com o ar, assemelhando-se ao efeito da chuva (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, 2006). Este método adapta-se a quase todos os tipos de cultura, embora em determinadas regiões para culturas específicas podem causar aumento da incidência de doenças e redução da uniformidade de aplicação (PAULINHO *et al.*, 2009). Os sistemas mais utilizados são: a aspersão convencional, pivô-central e autopropelido.

Mesmo com o custo de implantação relativamente alto se comparar com a irrigação por superfície, esse método é bastante difundido, pois, é aceito pela maioria das culturas, pode ser implantado em terrenos com desníveis topográficos e garante alta

eficiência de aplicação de água comparada aos métodos por superfície. Tendo como desvantagens o fato de sofrer grandes influências climáticas, como umidade relativa e velocidade do vento (ANDRADE; BRITO,2006), porém se negligenciado o manejo ocorre grande perda dessa eficiência como constatado por Campêlo *et al.*, (2014) onde encontraram Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Distribuição (CUD) abaixo de 50% em piquete de capim-braquiária e eficiência de aplicação bem abaixo do recomendado onde melhor valor encontrado foi de 17,65%, com isso os autores concluíram que houve perdas de distribuição de água em torno de 82,3 a 86,77%.

Os métodos de irrigação localizada, geralmente são os mais onerosos pelo grau de automação e tecnologia exigido, são os que oferece maior eficiência e menores aplicação de volume de água, são eles o gotejamento, micro aspersão e gotejamento subsuperficial. Entre as tecnologias de produção, o método de irrigação localizada tem ganhado destaque devido sua característica de possibilitar o uso mais consciente da água, além de proporcionar a utilização de técnicas de fertilização das plantas (OLIVEIRA, 2014).

Esses têm como maiores características o fornecimento de água para as culturas em baixo volume e alta frequência, reduzindo as perdas hídricas no sistema de cultivo, consumo reduzido de água devido a menor taxa evaporativa, aumento do rendimento da cultura, redução das perdas por evaporação, maior uniformidade de aplicação e aumento da produtividade de água (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI,2006).

2.3 Avaliação e manejo de Sistemas de Irrigação

A avaliação da operação dos sistemas de irrigação está ligada a diversos parâmetros no desempenho do sistema como um todo, como, vazão, tempo de irrigação eficiência de aplicação e uniformidade de aplicação de água, nos quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao dia gnóstico do sistema.

Ao se fazer a avaliação dos sistemas de irrigação tem-se o conhecimento da qualidade com que a irrigação está sendo realizada, a partir de uma gama de coeficientes de uniformidade de aplicação e eficiência é possível verificar a variação de distribuição de água do sistema de irrigação (PAULINHO, 2009). Porém, aos produtores é considerada uma tarefa de pouca importância, mesmo quando

disponibilizam de tecnologia, mas falta orientação e conhecimento (SILVA; SILVA, 2005), em maioria dos casos os irrigantes não têm dado importância à prática da avaliação do desempenho de sistemas de irrigação (MARTINS *et al.*, 2013).

Segundo estudo realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG (1993), se a irrigação fosse utilizada de forma racional, teria uma economia equivalente a aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumidas nas áreas de irrigação; sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados nos sistemas (LIMA, 2014). Caso esses sistemas fossem conduzidos da maneira correta, segundo CEMIG (1993) *apud* Lima (2014), acarretaria a economia ao país a ordem de 6.755.459.400 m³/ano de água e cerca de 2.336 GWh/ano de energia elétrica, o que iria reduzir drasticamente as tensões e disputas sobre esses dois recursos de fundamental importância para o país.

O manejo racional consiste basicamente em repor a água no solo tendo como premissas o momento correto de se fazer a aplicação e o volume/lâmina correta a se aplicar, para tanto, leva-se em consideração fatores relacionados ao clima, planta, solo e parâmetros hidráulicos do funcionamento do sistema.

No manejo racional de qualquer projeto de irrigação, devem-se considerar os aspectos sociais e ecológicos da região e procurar maximizar a produtividade e a eficiência do uso da água e minimizar os custos, quer de mão-de-obra, quer de capital, mantendo as condições de umidade do solo e de fitossanidade favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura irrigada. É necessário também ter em mente a necessidade de melhorar ou, no mínimo, manter as condições físicas, químicas e biológicas do solo, pois isso afetará muito a vida útil do projeto. Têm-se de considerar, no manejo da irrigação, parâmetros que dependem do tipo de sistema de irrigação e do próprio projeto em si, como: grau de automação, reuso da água que escoar no final da parcela, necessidade de sistematização, medição de vazão, custo e disponibilidade de água e de mão-de-obra, características da cultura irrigada etc., e parâmetros comuns a todos os sistemas de irrigação, ou seja, quando irrigar, quando aplicar por irrigação, uniformidade de aplicação, eficiência de irrigação, benefício da irrigação etc. (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, 2006)

2.4 Fatores que interferem na uniformidade e eficiência de irrigação

Uma série de fatores pode interferir no bom funcionamento de um sistema de irrigação, desde a elaboração do projeto até sua manutenção no campo, Bernardo, Soares e Mantovani (2006) citam como principais interferentes na uniformidade de

sistemas de irrigação o vento, pois afeta a aplicação de água dos emissores e, juntamente com a temperatura e a umidade relativa do ar, influencia a perda de água por evaporação e arraste de partículas, efeito conhecido como deriva. De se modo, em regiões sujeitas a ventos constantes e fortes, a baixa umidade relativa do ar e a temperaturas elevadas, recomenda-se irrigação por gotejamento ou por superfície.

De forma geral, a uniformidade de distribuição e aplicação de água, expressa o grau de uniformização das lâminas de irrigação, ou seja, indica como a água está sendo distribuída na área, também indica se as plantas estão recebendo as mesmas quantidades equivalentes de água (OLIVEIRA, 2014). A inadequada uniformidade e baixa eficiência de aplicação em sistemas de irrigação proporciona excesso de água em parte da área de cultivo e falta em outra, diminuindo a disponibilidade de água à cultura e aumentando o custo de produção (PAULINHO *et al.*, 2009), e isso se agrava ainda mais quando se realiza a aplicação de fertilizantes juntamente na irrigação, técnica conhecida como fertirrigação ou quimirrigação, Oliveira (2014) afirma que, para sistemas gotejo, quando se utiliza a fertirrigação, uma boa uniformidade de distribuição é fundamental, pois é a garantia de que todas as plantas receberão aproximadamente a mesma quantidade da solução aplicada.

A uniformidade de distribuição varia de acordo com os diferentes métodos e sistemas de irrigação, pesquisas têm demonstrado que a aspersão convencional apresenta menor uniformidade de distribuição quando comparado com os métodos de irrigação localizada. Avaliações realizadas em campo encontraram CUD para aspersão convencional variando entre 68,97 a 27,78 %, essa baixa uniformidade pode ser atribuída a vazamentos nas tubulações, dimensionamento inadequado dos sistemas, pressão e vazão fora dos padrões aceitáveis (SILVA *et al.*, 2012; PAULINHO *et al.*, 2009).

Entre os fatores que afetam a uniformidade de distribuição de água dos sistemas de irrigação localizada, Wu (1997) aponta como principais fatores, o projeto hidráulico, entupimento, variação de fabricação do emissor, e o espaçamento entre emissores. Ao contrário da irrigação localizada, na aspersão, muitos fatores podem interferir no nível de uniformidade de distribuição da água, como espaçamento e disposição entre aspersores, velocidade e direção do vento, pressão de operação dos aspersores, velocidade e uniformidade de rotação dos aspersores além das perdas por evaporação (AZEVEDO *et al.*, 2000; BESKOW *et al.*, 2011; GUIRRA *et al.*, 2013).

Mantovani *et al.*, (2006) afirma que a velocidade do vento pode proporcionar perdas de até 5%, pois a força dos ventos proporciona carregamento das gotículas aspergidas pelo emissor. Enquanto a pressão do aspersor com valores acima do recomendado, poderá ocasionar fracionamento das gotas, aumentando o potencial de evaporação e arraste das gotículas.

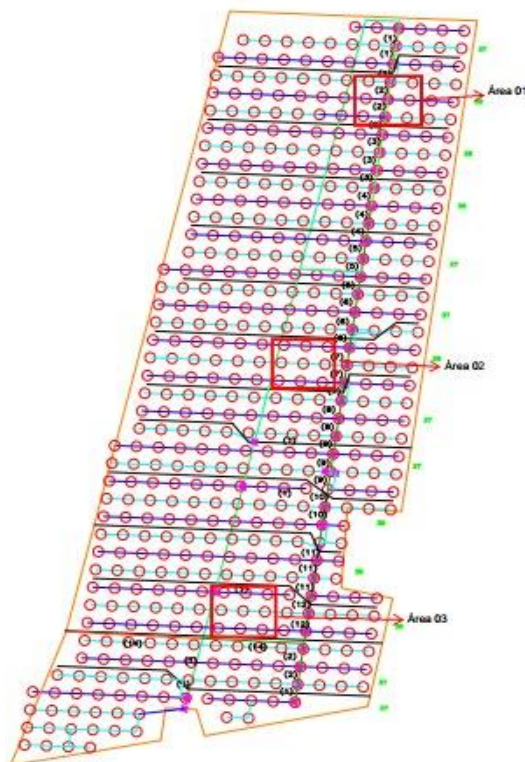
3 METODOLOGIA

Metodologia

O trabalho foi realizado em uma propriedade particular localizada no município de Francisco Sá, no norte de Minas Gerais, altitude 652,63m. Clima classificado como tropical de savana (Aw) segundo a classificação de Köppen, caracterizando clima tropical de inverno seco e verão chuvoso. O estudo foi realizado em uma área de 14,6 hectares (ha) equipada com sistema de irrigação por aspersão convencional destinada ao cultivo de milho.

Os testes foram realizados nos dias 17 e 18 de junho de 2020, selecionou-se três áreas representativas dentro do sistema – setor 2, setor 7 e setor 12; representando as áreas 01, 02 e 03 respectivamente, como pode ser visto na Figura 03, com intuito de caracterizar o sistema da melhor forma em suas diferentes situações em relação a declividade, distância do sistema de bombeamento, espaçamento e quantidade de aspersores.

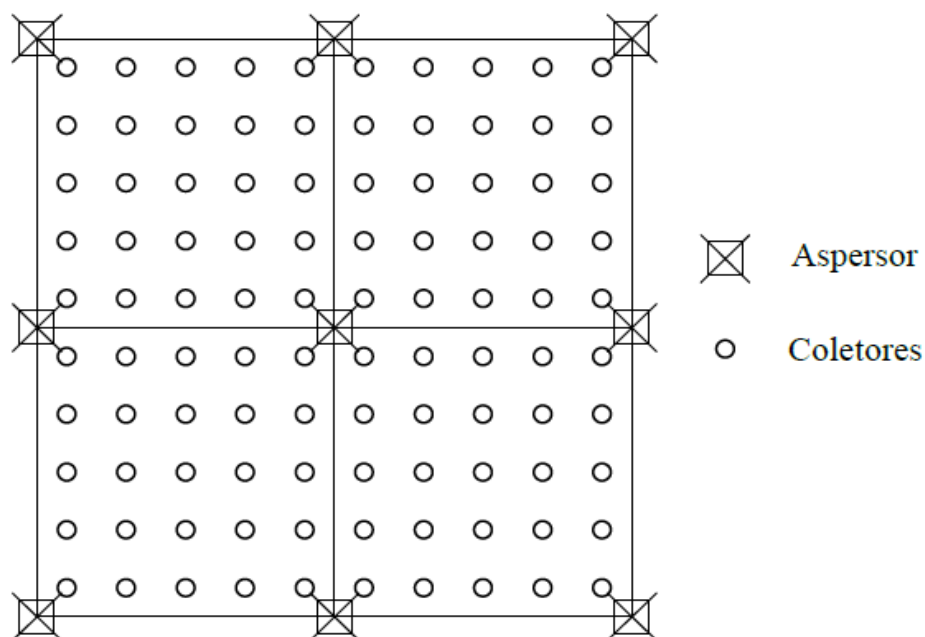
Figura 03 – Indicação das áreas escolhidas para testes.



Fonte: do autor, 2020.

Para se realizar o ensaio de uniformidade do sistema de irrigação por aspersão foram instalados coletores/pluviômetros plásticos suspensos por hastes de alumínio da marca FABRIMAR em uma malha de 3 x 3 metros (m) em volta do aspersor escolhido. A área em torno do aspersor foi dividida em subáreas quadradas, e os pluviômetros foram colocados no meio de cada subárea, de maneira que a malha de coletores cubra o alcance igual ou superior ao alcance do jato dos aspersores (FIGURA 02). Assim a quantidade de água coletada em cada pluviômetro representa a precipitação em cada subárea.

Figura 04 – Disposição dos coletores ao redor do aspersor selecionado.



Fonte: Silva; silva (2005)

Segundo Bernardo; Soares; Mantovani, (2006) o tempo de funcionamento em cada teste deve ser igual ou maior que a metade do tempo de irrigação em que o sistema funciona em dias comuns, nesse caso, o teste foi feito no tempo normal de irrigação, sendo de 1 hora na área 01 e de 1 hora e 20 minutos nas áreas 02 e 03.

Durante os testes, foram aferidas as pressões dos aspersores, a direção do vento, amperagem de trabalho do motor, pressão na saída da bomba e a lâmina d'água coletada nos coletores.

Utilizou-se um manômetro com glicerina adaptado com tubo Pitot para aferir a pressão dos aspersores e a mesma foi mensurada com o aspersor em pleno funcionamento. Foram selecionados emissores em cada linha no início, meio e final do setor em funcionamento, de maneira a serem representativos à área total.

A direção do vento foi observada com auxílio de uma bússola durante todo o período de funcionamento. A amperagem do motor foi medida com alicate amperímetro durante seu funcionamento e também aferida a pressão na saída da bomba com manômetro instalado na tubulação logo após a saída de recalque.

Após o término do tempo de irrigação, fez-se a medição do volume de água dos coletores com auxílio de uma proveta graduada em milímetros (mm) da marca FABRIMAR e tomadas as anotações de forma organizada na mesma sequência dos coletores instalados no campo.

Quanto aos coeficientes que expressam a uniformidade de um sistema de irrigação por aspersão, neste trabalho foram utilizados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (CHRISTIANSEN, 1942), o Coeficiente de uniformidade de Distribuição (CUD) proposto pelo serviço de Conservação de Solos do Estados Unidos e o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), proposto por Wilcox e Swailes, sendo esses citados por Bernardo, Soares e Mantovani (2006) como mais usados para cálculo de uniformidade, as equações de 1 a 3 representam as determinações dos coeficientes citados respectivamente. Segundo os autores supracitados, os parâmetros que qualificam a uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação, é considerado excelente quando a uniformidade se encontra acima de 90%, bom de 80 a 90%, regular de 70 a 80%, ruim 70 a 60% e inaceitável abaixo de 60%. Os valores obtidos de CUD são geralmente menores que os valores de CUC, já que esse faz referência aos 25% das menores lâminas coletadas, dando ênfase maior nas áreas que recebem menos água durante a irrigação.

Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Li - Lm)}{N * Lm} \right) * 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo:

N: número de coletores ou pluviômetros;

Li: lâmina de água aplicada no i-eximo ponto sobre a superfície do solo;

Lm: lâmina média aplicada.

Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

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

Onde:

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

Lm : lâmina média aplicada.

Coefficiente de Uniformidade Estatístico (CUE)

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

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

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

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que o reservatório se encontra sem cobertura adequada para evitar o depósito de materiais que causem entupimentos na tubulação e aspersores (FIGURA 05), é recomendado a instalação adequada da tela sombrite no reservatório, instalação de uma tela/rede fina no mangote da sucção para evitar a entrada de grandes particulados no sistema e um sistema de filtragem adequado.

Foram encontrados vazamentos na tubulação em campo e logo após a saída do sistema de bombeamento causando desperdício de água, gasto energético, perda de vazão e pressão do sistema (FIGURA 06), o ideal seria a correção desses vazamentos.

Figura 05 – Reservatório sem cobertura adequada.



Fonte: do autor, 2020.

Figura 06 – Vazamento da tubulação após o sistema de bombeamento.



Fonte: do autor, 2020.

Constatou-se entupimento dos bocais dos aspersores, tubulações danificadas, bocais dos aspersores trocados não condizentes com o modelo indicado no projeto. É de extrema importância a limpeza/manutenção dos aspersores e a substituição dos bocais que não estão condizentes com o do projeto (SENNINGER 3023-2, bocal principal BRANCO), uma vez que esses fatores tem interferência significativa na uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação, assim como Campelo *et al.* (2014) constatou grande interferência na vazão e intensidade de aplicação dos aspersores

avaliando a uniformidade de um sistema de irrigação por aspersão no cultivo de capim-braquiária, relacionando essa variação aos diferentes tipos de aspersores e bocais instalados. E Bernardo, Soares e Mantovani (2006), afirmam que a distribuição de água dos aspersores varia com o tipo de aspersor e bocal utilizados.

Em relação ao funcionamento das válvulas do sistema de automação, as mesmas estão com funcionamento lento na troca de setores, cerca de 10 minutos para estabilização em cada troca de setor, o que vem ocasionar perda de vazão e pressão influenciando diretamente na uniformidade do sistema. Essa demora ocorre provavelmente devido à falta de utilização de válvulas galit em cada saída de solenoide para reduzir o intervalo de tempo entre a abertura e fechamento dos setores, recomenda-se que seja instalado das mesmas para potencializar o sistema de irrigação. Foi constatado também, a divergência de espaçamento de aspersores (18 x 18 m) a partir do 6º setor, que é diferente do espaçamento (15 x 18 m), utilizado no projeto apresentado pelo produtor podendo interferir diretamente na uniformidade de aplicação de água.

Durante a avaliação houve incidência de ventos no sentido Oeste, com pouca variação para o Noroeste, ocasionando deriva que é a variação no perfil de distribuição da lâmina de água (FIGURA 07), o plantio de árvores arbóreas nas margens da área com intuito de quebra vento seria de grande valia.

Figura 07–Deriva causada pela ação do vento



Fonte: do autor, 2020.

A pressão de serviço dos aspersores foi medida em condições normais de funcionamento em pontos representativos dos blocos avaliados, estas apresentaram valores médios ligeiramente abaixo do calculado em projeto que é de 2,8 bar (TABELA 01). Referente à aspersão convencional, é aceitável uma variação de 20% na pressão dos emissores dentro de um mesmo bloco de irrigação, no caso do sistema avaliado esses valores de pressão aceitáveis estariam entre 2,52 e 3,08 bar.

Tabela 01- Valores das Pressões (bar) obtidas nas áreas em estudo

Aspersores avaliados	Área 01	Área 02	Área 03
1	2,3	2,5	2,2
2	2,35	2,5	2,3
3	2,4	2,5	2,4
4	2,5	2,6	2,4
5	2,5	2,6	2,4
6	2,5	2,8	2,5
7	2,6	2,8	2,6
8	2,6	2,8	2,6
9	2,6	3	2,9
10	2,6	3,2	2,9
11	2,7	3,25	3
12	2,7	3,25	3,1
13	2,8	–	3,3
14	2,8	–	3,4
15	2,9	–	3,4
Média	2,59	2,81	2,76

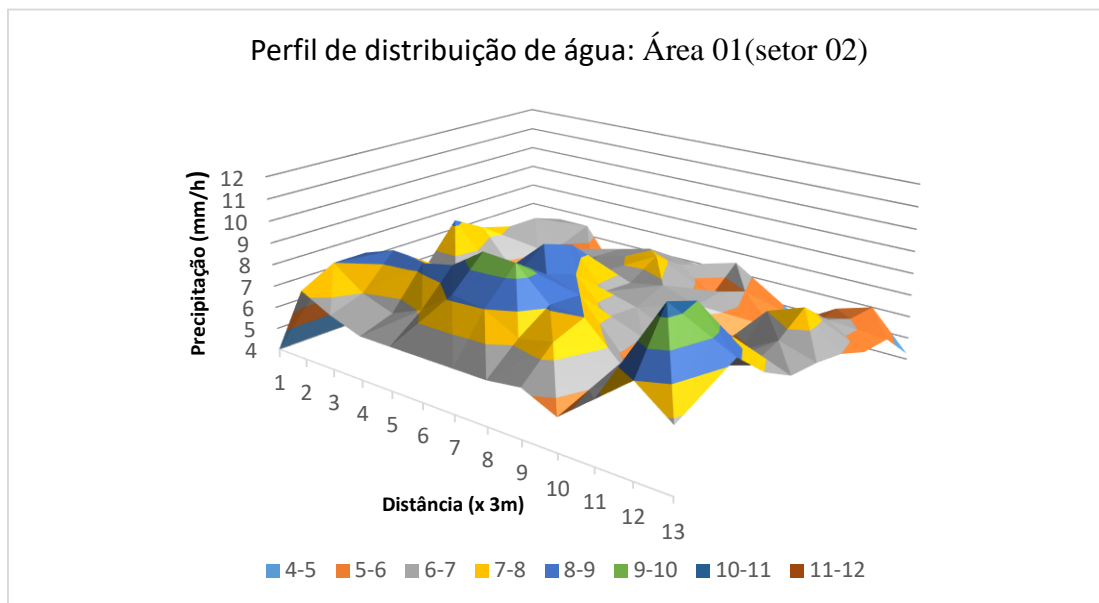
Fonte: do autor, 2020.

Em relação a pressão de serviço dos aspersores é sempre bom mantê-la o mais próximo possível da calculada em projeto, uma vez que pressões mais elevadas promovem maior pulverização do jato reduzindo assim o alcance do mesmo, fazendo com que haja maior deposição de água próximo ao aspersos; pressões baixas proporcionam gotas maiores, maior alcance de jato e maior deposição de água na periferia da área de alcance do emissor (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Essa variação de pressão influencia diretamente na uniformidade do sistema, onde uma área recebe maior ou menor volume de água que outras.

Avaliação – área 01

Na área 01 prevalece pressões mais baixas proporcionando menores vazões aos emissores configurando num perfil de distribuição com oscilações moderadas, porém com lâminas abaixo do desejável (GRAFICO 01).

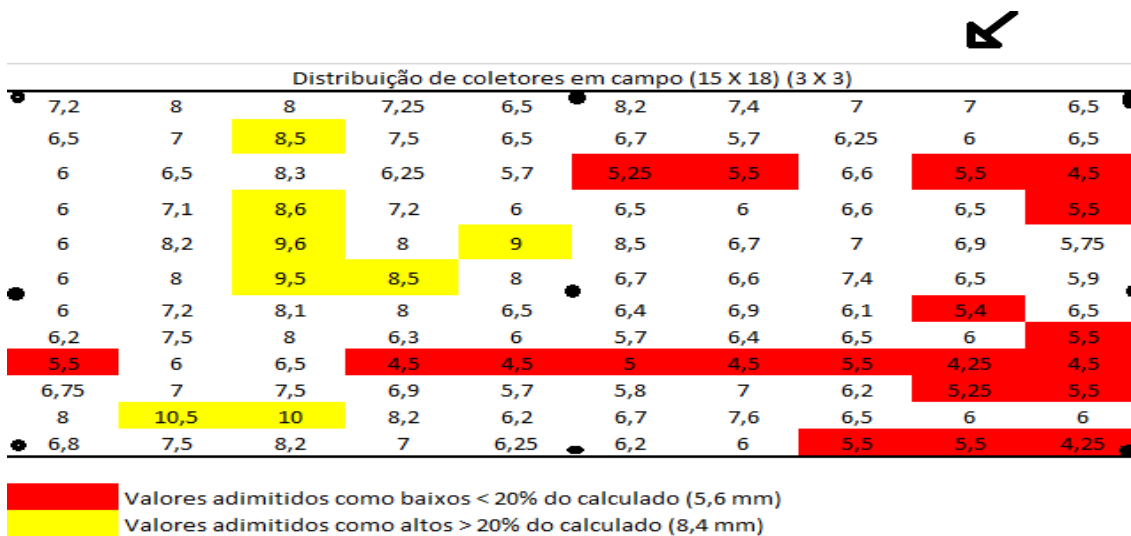
Gráfico 01 – Distribuição de precipitação: Área 01 (setor 02), lâmina média desejada 8,19 mm/h.



Fonte: do autor, 2020.

As lâminas unitárias coletadas tiveram variação entre 4,25 e 10,5mm (FIGURA 08), sendo que a lâmina calculada para o espaçamento 15 x 18m com tempo de 1 hora de irrigação é de 8,19mm representando uma variação na lâmina aplicada de 51 e 22% respectivamente.

Figura 08 – Valores das lâminas (mm) coletadas na área 01, espaçamento 15x18 m e indicação da direção do vento.

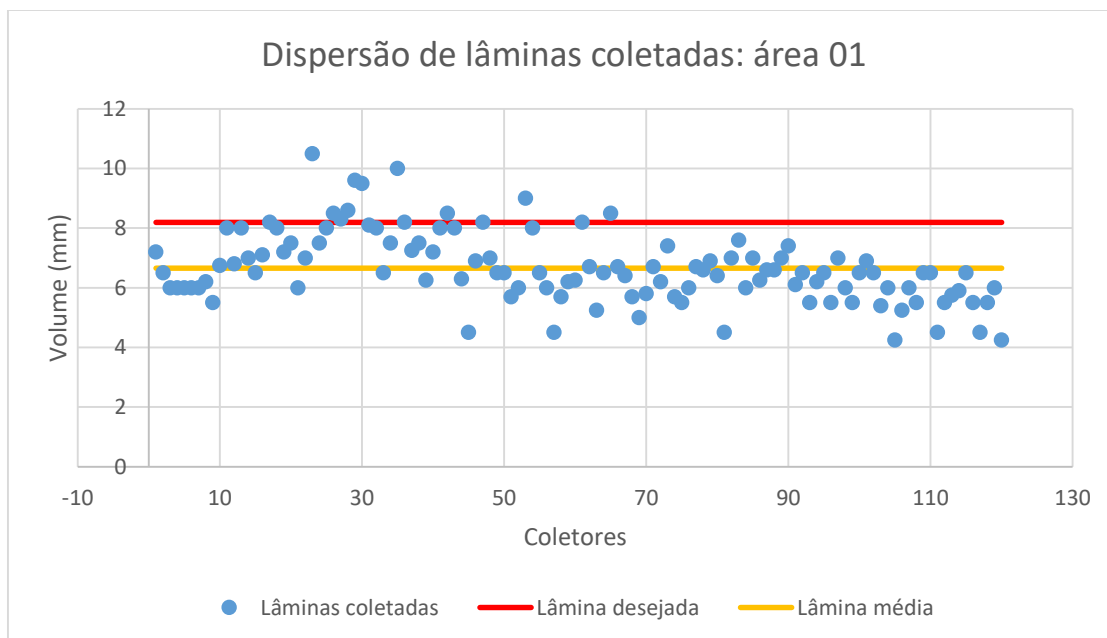


* A seta presente na figura representa a direção do vento no momento da avaliação.

Fonte: do autor, 2020.

Grande maioria das laminas coletadas estão abaixo da calculada e o mesmo ocorre com o valor médio das lâminas (GRÁFICO 02), isso devido as baixas pressões obtidas nos emissores do setor.

Gráfico 02 – dispersão das lâminas coletadas na área 01 em referência a lâmina desejada.



Fonte: do autor, 2020.

Apesar dos baixos valores de pressão e lâminas coletadas os coeficientes de uniformidade CUD, CUC e CUE foram classificados como BOMS, com valores de 80,

86 e 82% respectivamente (TABELA 02). Contudo, o sistema está disponibilizando uma lâmina de água abaixo da ideal para melhor desenvolvimento da cultura, o que deve ser corrigido com manejo para aumentar a pressão dos aspersores nessa área.

Tabela 02 – Resultados da uniformidade de irrigação: Área 01 (setor 02)

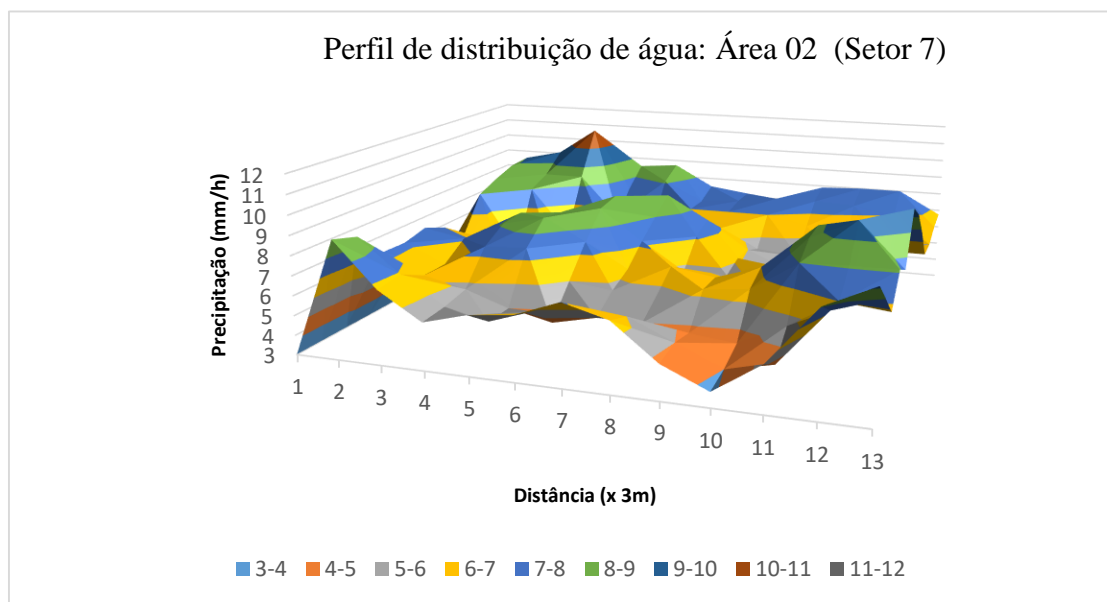
Método	Valor Obtido em (%)	Classificação
CUD	80	Bom
CUC	86	Bom
CUE	82	Bom

Fonte: do autor, 2020.

Avaliação – área 02

Apresentou pressões mais próximas da calculada, variando de 2,5 a 3,35 bar, com uma média de 2,81bar apresentando uma distribuição mais consistente, mantendo a lâmina média mais próxima à calculada (GRÁFICO 04), porém pode se notar deposição de maiores volumes de água na base dos aspersores (GRÁFICO 03).

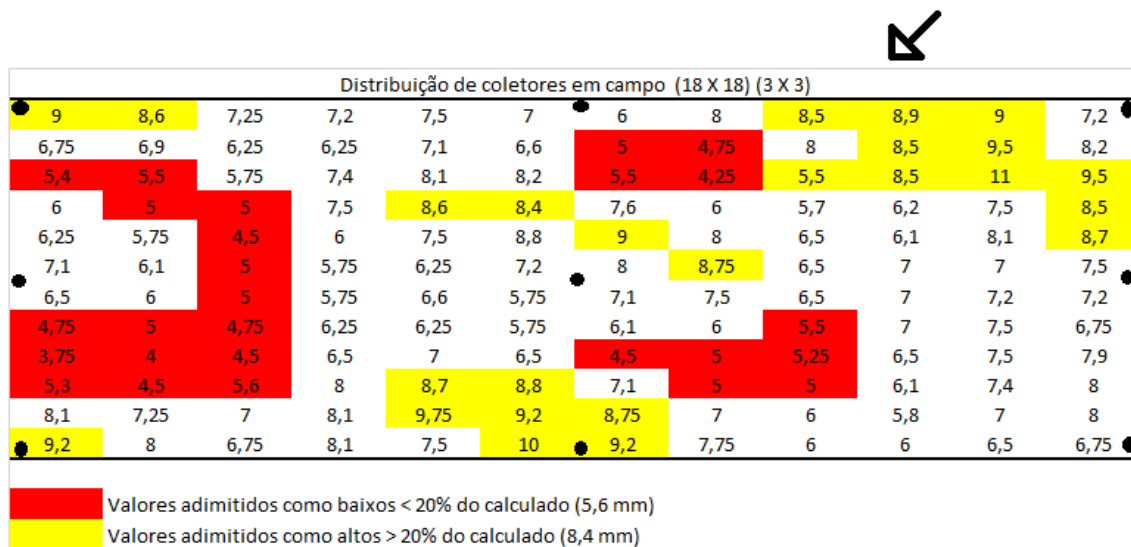
Gráfico 03 – Distribuição de precipitação: Área 02 (setor 07), lâmina média desejada 6,83 mm/h.



Nota-se que poucos valores extrapolaram 20% de variação da lamina calculada, contudo essas variações se localizam principalmente nas extremidades da área variando de 3,75 a 11mm (FIGURA 09). Sendo a lâmina desejada de 6,83mm no espaçamento

18 x 18m com tempo de irrigação de 1 hora e 20 minutos, acarretando uma variação de 54,9 e 37,9% respectivamente.

Figura 09 – Valores das lâminas (mm) coletadas na área 02, espaçamento 18x18 m e indicação da direção do vento.

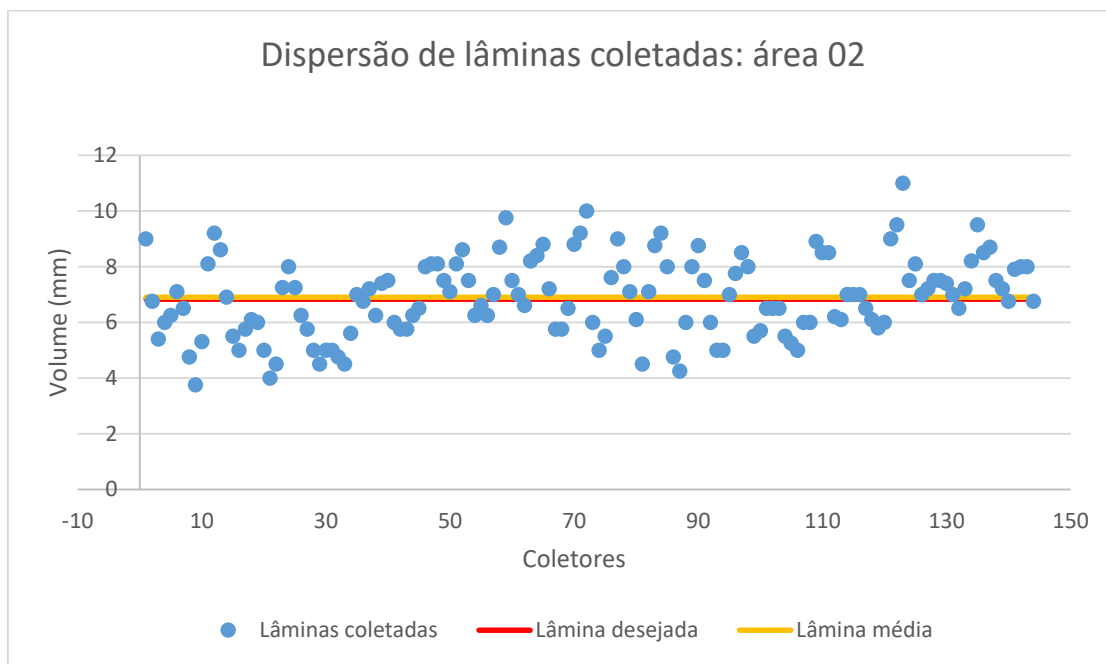


* A seta presente na figura representa a direção do vento no momento da avaliação.

Fonte: do autor, 2020.

Com uma menor dispersão das lâminas coletadas, a lamina média da área foi de 6,9 mm bem próxima da desejada (GRÁFICO 04).

Gráfico 04 – dispersão das lâminas coletadas na área 02 em referência a lâmina desejada.



Fonte: do autor, 2020.

Apesar de apresentar bons valores médios de pressão e lâminas de irrigação, ocorre uma certa discrepância de valores de pressão e vazão nas extremidades do bloco acarretando um CUD de 74%, sendo classificado com REGULAR, estando fora dos parâmetros recomendados. Já o CUC de 83% e CUE de 80%, são classificados como BONS.

Tabela 02 – Resultados da uniformidade de irrigação: Área 02 (setor 07)

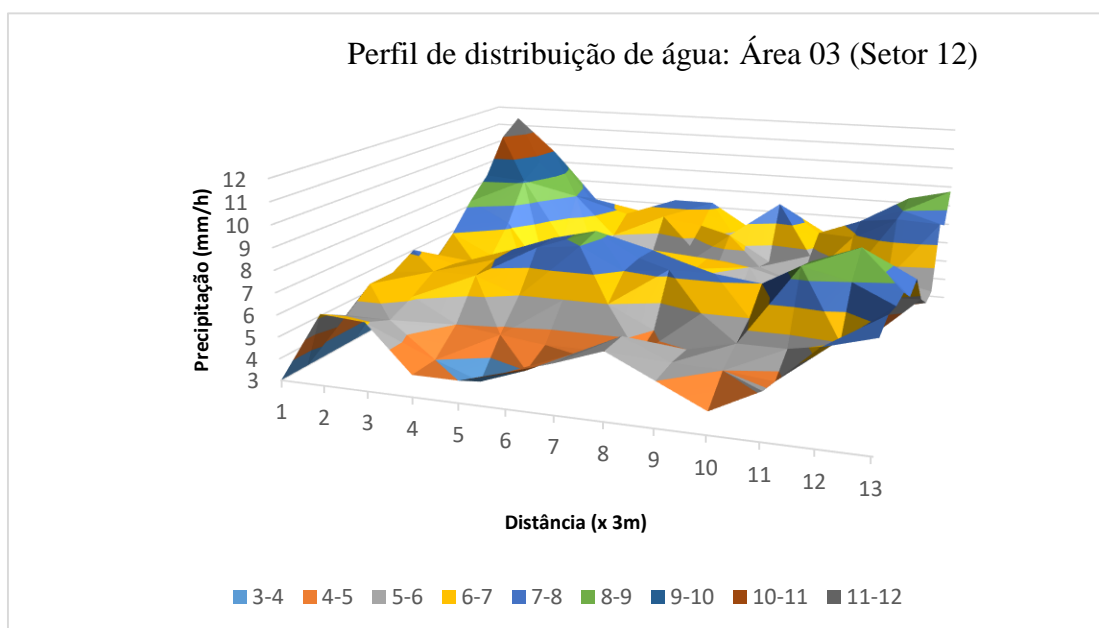
Método	Valor Obtido em (%)	Classificação
CUD	74	Regular
CUC	83	Bom
CUE	80	Bom

Fonte: do autor, 2020.

Avaliação – área 03

Com a maior variação de pressão das áreas avaliadas entre 2,2 e 3,4 bar e uma alta dispersão nas lâminas, a área 03 apresentou um perfil de distribuição desorganizado com grandes variações nas periferias da área (GRÁFICO 05).

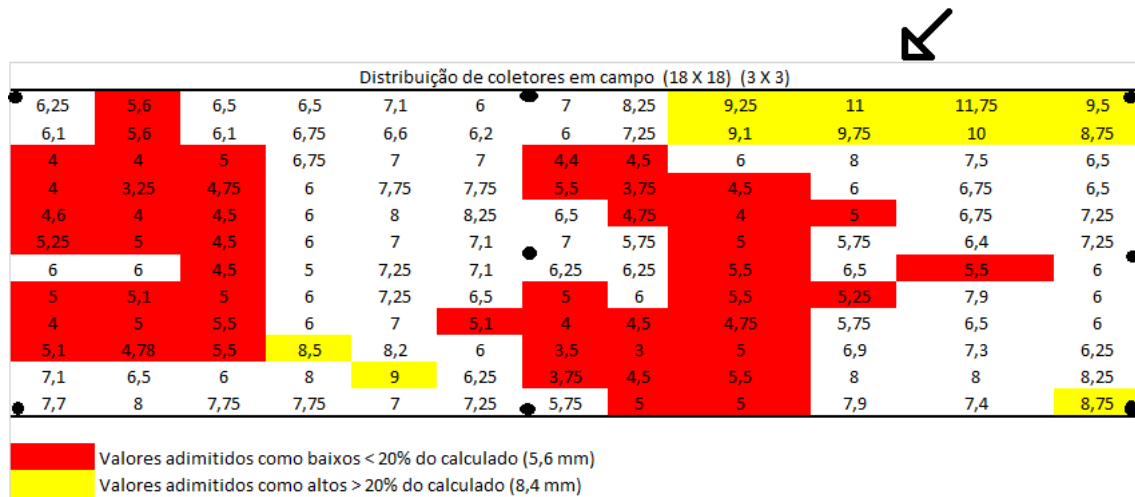
Gráfico 05 – Distribuição de precipitação: Área 03 (setor 12), lâmina média desejada 6,83 mm/h.



Fonte: do autor, 2020.

As lâminas variaram de 3 a 11,75 mm, sendo que a lâmina desejada é de 6,83 mm no espaçamento 18 x 18 m com tempo de irrigação de 1 hora e 20 minutos, esses valores representam uma variação de 43 e 41,8% de discrepância (FIGURA 10).

Figura 10 – Valores das lâminas (mm) coletadas na área 03, espaçamento de 18x18 m e indicação da direção do vento.

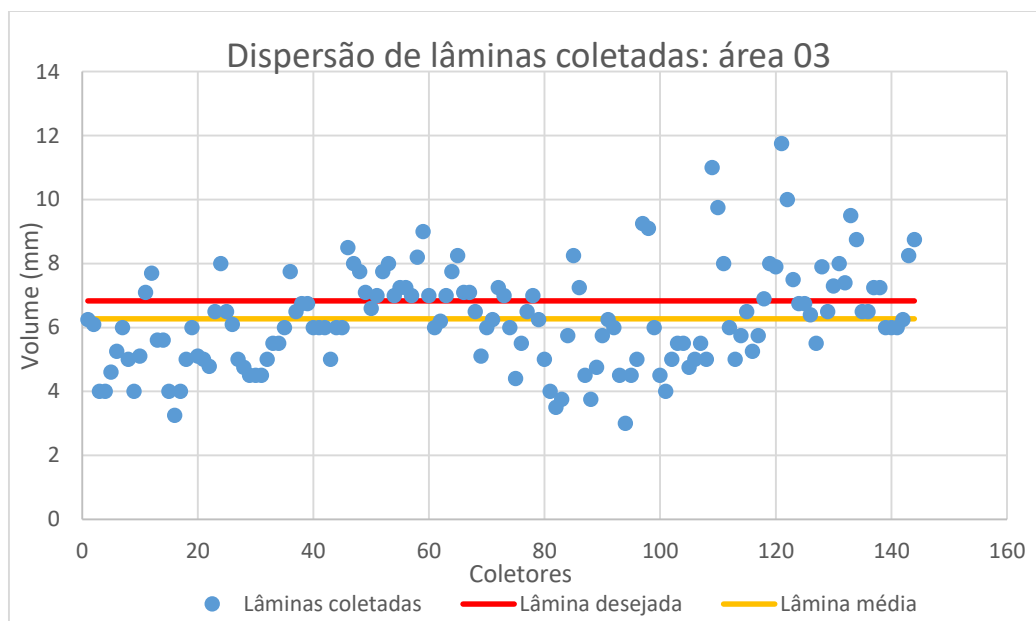


* A seta presente na figura representa a direção do vento no momento da avaliação.

Fonte: do autor, 2020.

As lâminas tiveram uma grande dispersão em relação a lâmina calculada principalmente para as de volumes inferiores, o que levou ao valor médio de 6,27 mm, estando abaixo do calculado (GRÁFICO 06).

Gráfico 06 – dispersão das lâminas coletadas na área 03 em referência a lâmina desejada.



Fonte: do autor, 2020.

Essas variações resultaram em um CUD de 71%, classificado como REGULAR, estando fora dos parâmetros recomendados. O CUC de 87% e CUE de 84%, são classificados como BONS.

Tabela 03 – Resultados da uniformidade de irrigação: Área 03 (setor 12)

Método	Valor Obtido em (%)	Classificação
CUD	71	Regular
CUC	87	Bom
CUE	84	Bom

Fonte: do autor, 2020.

Os resultados obtidos nas avaliações do sistema de irrigação mostraram valores de uniformidade classificados como regular e bom para as áreas em estudo, sendo considerado como valores aceitáveis, porém apontam que o sistema não está funcionando em sua melhor performance refletindo diretamente em valores de uniformidade inferiores e conseqüentemente em maiores custos de produção e baixa produtividade.

5 CONCLUSÃO

Mesmo com resultados satisfatórios dos coeficientes de uniformidade é possível obter melhores resultados dos mesmos, com isso é necessário a realização das recomendações de manejo e manutenção no sistema para proporcionar uma melhoria na uniformidade e eficiência de aplicação de água.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de uso consultivos da água no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf>. Acesso em 28 set. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Pg 16, ano xxx. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>>. Acesso em 20 set. 2020.
- ANA & Embrapa. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil – 2014**: Relatório Síntese. Brasília: ANA, 2016, 33 p.
- ANDRADE, C.L.T; BRITO, R. A. L. **Métodos de irrigação e quimigação**. Embrapa milho e sorgo, Circular técnica, versão eletrônica, 2 ed., p. 1-17, dez./2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490418/1/Circ86.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2020.
- AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 4, n. 2, p.152-158, 2000.
- BRASIL, 1997. Ministério do meio ambiente. Agência nacional das águas. **Lei nº 9.433 Política Nacional de Recursos Hídricos**, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <file:///F:/Biblioteca/Downloads/LEI_9433_97_PNRH%20SNGRH.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.
- BRASIL, 2008. Ministério da Integração Nacional. **A irrigação no Brasil: situação e diretrizes**. Brasília: IICA, 2008, 132 p.
- BESKNOW, S.; FARIA, L. C.; COLOMBO, A.; MOURA, D. C. M. Modelagem das perdas de água por evaporação e arraste em aspersores de média pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 15, n. 3, p.221-228, 2011.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. 611 p.
- CAMPÊLO, A. R.; FERNADES, C. N. V.; SILVA, A. R. A. da.; OLIVEIRA, S. R. M. de.; BEZERRA, F. M. L.; CÂNDIDO, M. J. D. Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária. **Revista agropecuária técnica – AGROTEC**, (2014) Volume 35 (1): 1-12.
- CEMIG. Estudo de Otimização Energética. Belo Horizonte, 1993. 22p.
- CHRISTOFIDIS, D. **A água e a crise alimentar**. Disponível em: <www.iica.org.br/Aguatrab/Demetrios%20Christofidis/P2TB01.htm> 1997 14p. Acesso em: 28 set. 2020.
- COSTA, R. N. T.; ARAÚJO, D. F. de. **Irrigação por Superfície**. Universidade Federal do Ceará, 2006. Disponível em: <http://www.gpeas.ufc.br/disc/sup/irrigacao_superficie.pdf>. Acesso em 28 set. 2020.

COELHO, S. A. **Avaliação da eficiência de irrigação em nível de parcela no Projeto de Irrigação do Estreito**. Bahia. Viçosa: Imprensa Universitária, 1986. 110p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, Experiment Station, 1942. 124p. Bulletin 670.

Distrito de Irrigação do Perímetro Gorutuba – DIG. Disponível em: <http://www.dig.org.br/pagina_01/historia>. Acesso em 29 set. 2020.

FELÍCIO, A. S. G.; REYDON, B. P. Projeto Jaíba - Etapa I: assentamento e concentração da terra em um perímetro irrigado. **Retratos de Assentamentos**, set. 2018.v21i1.309.

GUIRRA, A. P. P. M.; AZNINI, J. R.; SILVA, E. R. Desempenho do aspersor NaanDanJain 435 em função da posição do refletor. **Científica**, v. 41, n. 1, p. 21-32, 2013.

LIMA, J. E.F.W.; FERREIRA, R. S.A.; CHRISTOFIDIS, D. **O USO DA IRRIGAÇÃO NO BRASIL**, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Enoch_Lima/publication/228716436_O_u_so_da_Irrigacao_no_Brasil/links/00463539b762c64d04000000.pdf>. Acesso em 01 out. 2020.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.

MARTINS, C. L.; BUSATO, C.; SILVA, S. F.; RODRIGUES, W. N.; REIS, E. F. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação no sul do Estado do Espírito Santo. **Revista Agroambiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 236-241, 2013.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. **Relatório do projeto Jaíba, 2005 – 2010**. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br/files/jaiba.pdf>>.

NETO, J. G. **Sistemas de irrigação para jardins e gramados**. Acesso em: <<https://www.rainbird.com.br/upload/ferramentas-de-trabalho/Artigos/Irrigacao-para-Paisagismo.pdf>>. 2003?.

OLIVEIRA, F. C. de. **Produtividade Da Água No Cultivo De Brócolis De Cabeça Sob Diferentes Sistemas De Irrigação**. 2014. 71f. Dissertação (mestrado em Engenharia agrícola) - Universidade Federal da Grande Dourados. Disponível em: <http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-ENGENHARIA-AGRICOLA/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Fabr%C3%ADcio%20Correia%20de%20Oliveira.pdf>. Acesso em 06 out. 2020.

OLIVEIRA, F.G.; FIGUEIREDO, F.P.; OLIVEIRA, P.M.; COSTA, E.L. **Avaliação de sistema de irrigação**. Informe Agropecuário. V. 31, n. 259, p. 43-49, 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Global Map of Irrigation Areas version 5**. Roma (Itália), 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I9261EN/i9261en.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2020.

PASCUAL B., MAROTO J.V., SANBAUTISTA, A., LOPEZ-GALARZA S., ALAGARDA Influence of watering on the yield and cracking of cherry, fresh-market and processing tomatoes. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 75: (2) 171-175, 2000.

PAULINHO, M. A O.; FIGUEIREDO, F. P.; FERNANDES, R. C.; MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. O.; BARBOSA, F. S. Avaliação da uniformidade e eficiência de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.3, n.2, p.48-54, 2009.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.465-473, 2000 Campina Grande.

RODRIGUES, L. N.; DOMINGES, A. F. **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada - INOVAGRE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA Cerrados. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Brasília-DF, 2017.

RODRIGUES, L. N. Mitos e fatos na agricultura irrigada. **Revista RPAnews; cana e indústria**, 13 jul. 2020. Disponível em: < <https://revistarpanews.com.br/mitos-e-fatos-na-agricultura-irrigada-2/>>. Acesso em 04 out. 2020.

REIS, P. R. da C.; SILVEIRA, S. de F. R.; ADAMI, T. H. M.; RODRIGUES, E. L. **Projeto de Irrigação Pirapora: Um Estudo de Avaliação de Impacto da Política Pública de Irrigação no Norte de Minas Gerais**. Encontro de administração pública e governança – En-APG, ANPAD, novembro de 2008. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/EnAPG294.pdf>>. Acesso em 02 out. 2020.

SENAR – Serviço nacional de aprendizado rural. **Irrigação: gestão de sistemas por superfície**, 2019. Brasília – DF. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/253-IRRIGA%C3%87%C3%83O.pdf>>. Acesso em 02 de out. 2020.

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, A. J.P.; COELHO, E. F.; SÁ, T. S.; SILVA, V. P.; CARVALHO, A. J. A.; SANTOS, D. B.; SILVA, T. S. M. **Uso de água captada de chuva para produção de alface irrigada por sistemas de irrigação de baixo custo**. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de água de chuva, Campina Grande/PB, 2012.

SOUSA, V.F.; MAROUELLI, W.A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M.A. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771 p.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. 215p. Campinas, SP.: Unicamp/FEAGRI, 2017.

WU, I. P. An assessment of hydraulic design of micro-irrigation systems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 32, n. 3, p. 275-284, 1997. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037837749601270X>>. Acesso em 28 set.2020.