

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CURSO SUPERIOR DE AGRONOMIA

LUIZ ANTONIO MOTA

**IRRIGAÇÃO DO CAFEIRO CONILON COM ESTIMATIVA DA
EVAPOTRANSPIRAÇÃO E SISTEMAS DE PREVISÃO DE CHUVAS**

Santa Teresa

2024

LUIZ ANTONIO MOTA

**IRRIGAÇÃO DO CAFEIRO CONILON COM ESTIMATIVA DA
EVAPOTRANSPIRAÇÃO E SISTEMAS DE PREVISÃO DE CHUVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação de Curso de Agronomia do Instituto
Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para
obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Haddad Souza Vieira

Santa Teresa

2024

(Biblioteca do Campus Santa Teresa)

M917i Mota, Luiz Antonio.

Irrigação do cafeeiro conilon com estimativa da evapotranspiração e sistemas de previsão de chuvas / Luiz Antonio Mota. - 2024.
44 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Gustavo Haddad Souza Vieira

TCC (Graduação) Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, Agronomia, 2024.

1. Irrigação - Manejo. 2. Café - Cultivo. 3. Agricultura familiar. 4. Aplicativos móveis. I. Vieira, Gustavo Haddad Souza. II. Título III. Instituto Federal do Espírito Santo.

CDD: 631.587

Bibliotecário/a: Ana Paula Ramos Ribeiro CRB6-ES nº 972

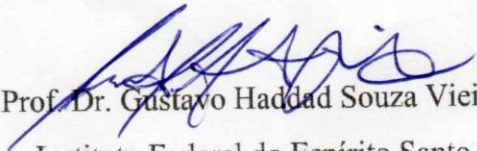
LUIZ ANTONIO MOTA

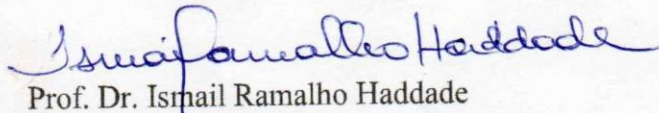
**IRRIGAÇÃO DO CAFEIEIRO CONILON COM ESTIMATIVA DA
EVAPOTRANSPIRAÇÃO E SISTEMAS DE PREVISÃO DE CHUVAS**

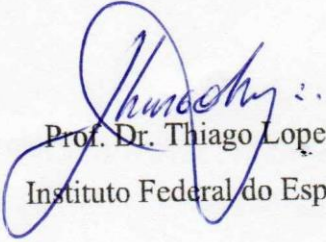
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia do Instituto Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 27 de Junho de 2024

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof. Dr. Gustavo Haddad Souza Vieira
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientador


Prof. Dr. Ismael Ramalho Haddade
Instituto Federal do Espírito Santo


Prof. Dr. Thiago Lopes Rosado
Instituto Federal do Espírito Santo

Para Ivanilsa Gomes Ribeiro Mota, Laudelino Pereira Mota, que me deram a vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, pelo dom da vida por ajudar-me a superar todas as dificuldades encontradas durante este percurso, por todas as bênçãos sobre mim derramadas.

Sou grato pela minha família, pelos amigos que conquistei ao longo dessa jornada.

Agradeço especialmente aos meus pais, Ivanilza Gomes Ribeiro Mota e Laudelino Pereira Mota, que me deram princípios que me regem, por todo amor incondicional e que mesmo diante todas as dificuldades encontrada na jornada da vida, me incentivaram a não desistir, sempre me motivando a continuar esta jornada.

Agradeço ao meu querido irmão Paulo Lafaiete Ribeiro Mota, pelos grandes ensinamentos e apoio durante essa jornada e a minha namorada Julia, pelo apoio durante este percurso.

Agradeço aos meus amigos, que encontrei na faculdade, Rainny, Gustavo, Vinicius Delaqua, Vinicius Venturini, Pedro, Bruno, Rock, Tainá, Carlos, Leandro, Eduardo, Vitória, Dyovanna, Igor, e especialmente aqueles que possibilitaram crescer na empresa jr, Antonio Borsoi, Gabriel Bridi, Dioliana Pontes, além do grande apoio para chegar neste momento tão desejado.

Ao professor, orientador e grande amigo, Gustavo Haddad Vieira Souza, pelo direcionamento nesta pesquisa, e por todo apoio e orientação em projetos extraclasse, possibilitando-me a crescer além do que é ensinado nas salas de aula.

Agradeço ao Professor Ismail Haddade, pelo atendimento fora de sala de aula, grande instrutor na vida principalmente nas análises estatística, “professor preciso rodar uma estatística”.

Agradeço imensamente ao Ifes campus Santa Teresa, que desde 2016 abriu as portas para essa grande jornada, inicialmente cursar o técnico em agropecuária e em 2019 engenharia agrônômica.

Agradeço a todos os professores que me guiaram nessa jornada, passaram parte de seu conhecimento, e todo apoio fora das salas de aula, com concelhos e indicações.

RESUMO

Por meio do presente trabalho objetivou-se realizar o manejo da irrigação em uma propriedade rural situada no município de Santa Teresa-ES. Para isso avaliou-se o desenvolvimento vegetativo, a produção e a eficiência no uso da água. Paralelamente ao trabalho, foi selecionada outra propriedade rural para realização do manejo da irrigação, por meio dos dados obtidos a partir do termômetro e do pluviômetro, comparou-se com valores registrados em aplicativos de previsão do tempo, a fim de possibilitarem melhores decisões com relação ao dia de se irrigar. A evapotranspiração foi estimada com base na equação de Hargreaves Samani, posteriormente correlacionada com a evapotranspiração estimada pelos aplicativos assim como a chuva. O manejo da irrigação não apresentou influência no crescimento vegetativo, produtividade e na eficiência no uso da água. O termômetro explicou pouco a estimativa da evapotranspiração, quando comparado a estação (0,31). O aplicativo ClimaTempo, apresenta-se como alternativa para estimativa da evapotranspiração. Para a previsão de chuva, os aplicativos não apresentaram índice de correlação satisfatório (acima de 0,66). O sistema de manejo apresentou boa aceitação dos produtores na facilidade de execução assim como no apoio ao controle no uso da água.

Palavras-chave: Irrigação – manejo; café-cultivo; agricultura familiar; aplicativos móveis.

ABSTRAC

Through this study, the goal was to manage irrigation on a rural property located in the municipality of Santa Teresa, ES. For this purpose, we evaluated vegetative development, production, and water use efficiency. Simultaneously, another rural property was selected for irrigation management. Data obtained from thermometers and rain gauges were compared with values recorded in weather forecast apps to make better decisions regarding irrigation scheduling. Evapotranspiration was estimated using the Hargreaves-Samani equation and subsequently correlated with the estimates from the apps, along with rainfall data. The irrigation management did not significantly impact vegetative growth, productivity, or water use efficiency. The thermometer provided limited accuracy in estimating evapotranspiration when compared to the station (0.31). The ClimaTempo app serves as an alternative for estimating evapotranspiration. However, for rainfall prediction, the apps did not achieve a satisfactory correlation index (above 0.66). Overall, the irrigation management system was well-received by farmers due to its ease of execution and support in water use control.

keywords: Irrigation-management; coffee cultivation; Family farming, mobile apps

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	DESENVOLVIMENTO	10
2.1	OBJETIVOS	10
2.1.1	Objetivo geral	10
2.1.2	Objetivos específicos	10
2.2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.2.1	Irrigação	10
2.2.2	Evapotranspiração	11
2.2.3	Eficiência no uso da água	12
2.2.4	Manejo de irrigação	12
2.2.5	Aplicativos de previsão do tempo	15
2.2.6	Caracterização do local	16
2.3	METODOLOGIA	16
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
2.4.1	Desenvolvimento da cultura	24
2.4.2	Estimativa da evapotranspiração e modelos de previsão de chuva	32
3	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A distribuição das chuvas e os elevados déficits hídricos têm ocorrido de forma irregular. Por isso, os cultivos têm sido feitos predominantemente sob irrigação. A preocupação com o uso eficaz da água, na agricultura irrigada, cresce proporcionalmente ao aumento da sua escassez, isto agrava a competição entre os diversos (SOUZA et al., 2011 e YIN et al., 2020). Assim, uso da irrigação vem crescendo em todo o mundo, sendo utilizada para satisfazer as necessidades das plantas e obter maior eficiência produtiva. O Brasil em 2021 totalizou 8,2 milhões de hectares irrigados com potencial de expansão, segundo o relatório da ANA (2021).

Em 2023, a produção estimada café sequeiro e irrigado foi de 16,2 milhões de sacas, 11% abaixo da safra de 2022, para o café conilon (*Coffea canephora*). Esta redução na produtividade é reflexo das condições climáticas adversas, registradas no principal estado produtor de *C. canephora*, o Espírito Santo (CONAB, 2023). Isto, impactou parte das lavouras, principalmente em fases iniciais do ciclo. O Espírito Santo, segundo Atlas irrigação (2021), possui potencial de expansão de área adicional irrigável de 398.000 hectares.

A água é o insumo principal da produção agrícola, capaz de proporcionar o desenvolvimento da planta e aumentar a produtividade, diminuindo os efeitos causados pelas condições adversas. Neste contexto, irrigação tem se tornado cada vez mais frequente, proporcionando condições ideais de desenvolvimento (DADALTO, 2019).

A instalação dos sistemas de irrigação nas lavouras, visa o suprir a demanda hídrica da cultura (MARCOLAN E SPINDULA (2015), porém, na maioria das propriedades os projetos técnicos elaborados por profissionais capacitados são escassos, além disso a inexistência de manutenção preventiva, de avaliações de desempenho e de uniformidade, além da baixa oferta de métodos que deem suporte ao agricultor na tomada de decisão quanto ao momento de se irrigar e ao tempo de irrigação adequado. A adoção de métodos para o manejo de irrigação ainda é pequena pelos agricultores, assim, mesmo diante da grande disponibilidade ferramentas técnicas que possibilitam o manejo. Assim a irrigação muitas vezes é realizada com base na

vivência prática do produtor, sem adoção de qualquer estratégia de uso e para o seu manejo racional (COSTA, 2006; GU et al., 2020).

Para estimar a exigência hídrica pelas plantas, podem ser adotados métodos distintos, ou seja, podem ser obtidos pela demanda atmosférica, pelo monitoramento da umidade do solo, ou por meio de medidas diretas do fluxo de água na planta.

A ineficiência no manejo realizado pela maior parte dos produtores rurais é tida como um dos fatores que mais contribui para a escassez dos recursos hídricos. Albuquerque e Andrade (2001), destacam que 40 a 60% da água que é aplicada à cultura são efetivamente usados pela mesma, de modo que, a maior parcela na forma de transpiração, o restante é perdido no sistema, na propriedade e no campo, por meio da evaporação direta, do escoamento superficial ou da percolação (MOHAMMADI et al., 2019; ZINKERNAGEL et al., 2020).

Diante do grande avanço das tecnologias de informação, ferramentas computacionais foram desenvolvidas para o controle no manejo da irrigação. No entanto, muitas dessas tecnologias ainda são de difícil acesso aos agricultores, os quais necessitam que sejam fornecidas técnicas simples, mas com precisão suficiente para possibilitarem, no campo, a determinação criteriosa do momento e da quantidade de água a ser aplicada (LOPES et al., 2004).

A apresentação de ferramentas que auxiliem o produtor a realizar o manejo de irrigação, faz-se cada vez mais necessária. A implantação de um programa de manejo requer conscientização, com visão integrada, tecnologia de ponta e operacionalidade, a fim de que se torne possível a otimização do uso dos insumos, aumento da produtividade, rentabilidade e ampliação da área irrigada nos locais com limitação dos recursos hídricos. (BERNADO et al., 2019).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo geral

Realizar o manejo da irrigação do cafeeiro Conilon, em propriedades rurais no município de Santa Teresa-ES, estimando-se a evapotranspiração por meio da metodologia de Hargreaves-Samani, além de diferentes métodos de obtenção de dados.

2.1.2 Objetivos específicos

- Utilizar planilhas eletrônicas que executem a rotina de cálculo do balanço hídrico para fins de manejo da irrigação;
- Compor um banco de dados de temperatura e precipitação das propriedades participantes do projeto;
- Implantar um sistema de manejo de irrigação em nível de campo;
- Correlacionar a estimativa da evapotranspiração utilizando-se os dados da estação meteorológica do IFES campus Santa Teresa e os dados coletados nas propriedades, com valores de variáveis meteorológicas obtidas em aplicativo de previsão do tempo;
- Aumentar a praticidade do manejo da irrigação, visando estimular mais produtores.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.2.1 Irrigação

A preocupação com o uso eficiente da água na agricultura irrigada cresce proporcionalmente ao aumento de sua escassez, agravando a competição entre os diversos setores que dela dependem (SOUZA et al., 2011). Li et al., (2020), destacam a importância da irrigação, que tem como principal objetivo fornecer a quantidade

hídrica ideal para o desenvolvimento das plantas, prejudicando posteriormente, a qualidade, quantidade e eficiência produtiva das culturas.

Para obter maiores produtividades, a água é essencial, por isso o seu uso deve ser feito da melhor forma possível (BISPO et al., 2017). No entanto, mesmo com várias tecnologias para o uso adequado da irrigação, muitos produtores encontram desafios para manusear os seus sistemas de maneira ideal para o atendimento da demanda hídrica requerida da cultura.

2.2.2 Evapotranspiração

De todos os recursos e que as plantas necessitam para seu desenvolvimento a água é o mais abundante, frequentemente, o mais limitante. É estimado que cerca de 97% da água absorvida pelas raízes das plantas é evaporada pelas folhas, pelo processo de transpiração. Todavia, para o suprimento da planta, ativação de reações bioquímicas da fotossíntese e outros processos metabólicos, é utilizado apenas 3% da água absorvida (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Os nutrientes do solo, são em sua maioria absorvidos pelas plantas, juntamente com a água, além disso, os processos fisiológicos acontecem devido à interação do sistema solo-planta-atmosfera, onde, por diferença de gradiente ocorre a absorção da água no solo, seguida de sua liberação por meio dos processos de transpiração. A evapotranspiração (ET) é um processo responsável que possibilita a translocação dos nutrientes dentro da planta. Portanto, a estimativa da necessidade hídrica da cultura torna-se importante, para o desenvolvimento de políticas eficientes da gestão da água (MEZA, 2005).

O sistema de irrigação é dimensionado a partir da estimativa de evaporação da cultura (ET_c), que é obtida através da ET_o e do coeficiente cultural (K_c), de modo que a quantidade de água utilizada nos processos de evaporação e transpiração pela cultura possa ser totalizado (SOUSA et al., 2010).

2.2.3 Eficiência no uso da água

A eficiência no uso de água implica diretamente na sustentabilidade dos sistemas produtivos (KOETZ, 2017). Para Coelho et al. (2005), a eficiência da irrigação é tomada como a razão entre a quantidade de água efetivamente usada pela cultura e a quantidade retirada da fonte. Portanto, para se obter maior eficácia no uso da água, é necessário que seja disponibilizado para a cultura a quantidade ideal para seu desenvolvimento e produção, de modo que, não se tenha excesso ou falta.

Para o bom funcionamento do sistema de irrigação, as boas práticas se iniciam no dimensionamento do projeto, e vão muito além da disponibilização de água para a planta, assim, o manejo, é crucial para a melhor distribuição de água. Para Vieira et al. (2004), um dos aspectos mais importantes a serem observados no manejo da irrigação, é da uniformidade de distribuição de água pelo sistema. Vieira et al. (2003), ressalta que, para medir a uniformidade da distribuição de água de um sistema de irrigação localizada, é necessário avaliar a vazão ao longo das linhas laterais, de modo que assim, se possa realizar o cálculo da uniformidade.

2.2.4 Manejo da irrigação

Para Barreto et al. (2004), na estimativa da exigência hídrica pelas plantas, podem ser adotadas metodologias distintas. Ou seja, esta pode ser estimada pela demanda atmosférica, pelo monitoramento da umidade do solo, ou mesmo, por meio de medidas direta do fluxo de água na planta.

Para o bom funcionamento da irrigação, o sistema deve ser dimensionado e instalado corretamente, recebendo manutenções, para garantir a distribuição uniforme de água. A uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação é um dos aspectos mais importantes a serem observados no manejo (VIEIRA et al., 2004). Os valores típicos de uniformidade de emissão em sistemas por gotejamento variam entre 65% e 90%. Todavia, é comum observarem-se, em campo, uniformidades abaixo de 50% em virtude de problemas de dimensionamento inadequado, equipamento de baixa qualidade, falta de manutenção e, principalmente, entupimento (SOUZA et al., 2011).

A evapotranspiração de referência foi inicialmente definida como a evapotranspiração de uma superfície, totalmente coberta com grama de tamanho uniforme, com 8 a 15

cm de altura e em fase de crescimento ativo, em um solo com ótimas condições de umidade (BERNARDO et al., 2019). Existem diversos métodos recomendados para a estimativa da ETo, que proporcionam valores diferentes, sendo essa diferença dependente também do local e da estação do ano.

Assim inúmeros são os métodos para se estimar a ETo, os mais simplificados apresentam limitações quanto à precisão dos resultados obtidos e, os mais complexos apontam para a dificuldade na obtenção de todos os dados necessários ao cálculo. Segundo Pereira et al. (2002), os principais fatores climáticos que afetam a taxa de evapotranspiração são radiação líquida, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Pesquisas conduzidas em diferentes localidades e condições climáticas, indicam que o método de Penman-Monteith tem apresentado estimativas de ETo para a grama, bem correlacionadas com os valores obtidos em lisímetros (CAYA et al., 2019). Portanto, este método pode ser utilizado satisfatoriamente na determinação da ETo, sendo recomendado para calibrar outros métodos (OLIVEIRA; CARVALHO, 1998).

Para a determinação da demanda hídrica da cultura, Oliveira et al. (2010) afirmam que o conhecimento da evapotranspiração da cultura (ETc) é fundamental para que se tenha um manejo adequado da irrigação, principalmente em regiões onde a escassez e a irregularidade pluviométrica são limitantes na produção agrícola. A determinação da necessidade hídrica da cultura, decorre do coeficiente de cultivo (KC), em função da evapotranspiração de referência (ETo).

Diante os diversos métodos existente para estimativa da ETo, a escolha do mais adequado depende da disponibilidade de dados meteorológicos, do nível de precisão exigido, da finalidade (manejo da irrigação ou pesquisa) e do custo de aquisição dos equipamentos (OLIVEIRA et al., 2011). No entanto, Pereira et al. (2002), destacam que a escolha de um método de estimativa da evapotranspiração das culturas depende de uma série de fatores, destacando-se a disponibilidade de dados meteorológicos, pois métodos complexos, que exigem grande número de variáveis, somente terão aplicabilidade quando houver disponibilidade de todos os dados necessários.

Para os métodos empíricos, é necessário que se conheça as condições climáticas que foram desenvolvidos, pois normalmente não são de aplicação universal. Desse modo Cunha et al., 2003, destacam, que os métodos como os de Thornthwaite e de Camargo aplicam-se a regiões de clima úmido, causando subestimativas em regiões de clima seco (semi-árido). Nessa situação, o método de Hargreaves adapta-se melhor, pois foi desenvolvido para esse tipo de clima (ALLEN et al., 1998).

Santos e Maia (2006) citam que, pela calibração da ETo, estimada pelo método de Hargreaves, permite, na ausência de informação meteorológica completa, proceder à disponibilização de informação sobre a ETo, equivalente a aquela obtida pelo método da FAO (Penman-Monteith), com essa recorrendo-se apenas à informação referente à temperatura do ar e dos dados de radiação, esta, obtidos através de tabelas ou fórmulas matemáticas. No entanto, ao se fazer o uso dessas fórmulas em condições climáticas e agronômicas muito diferentes, pode ocasionar diferenças (DOORENBOS; PRUITT, 1997).

Diante destes fatos, é de extrema importância que seja comprovada a aplicabilidade das fórmulas antes de utilizá-las em novas condições climatológicas. Além disso, estas devem ser medidas com grande precisão, durante certo número de anos, para uma maior representatividade do clima da região.

Nos últimos anos a informática teve um grande avanço, possibilitando o desenvolvimento de ferramentas computacionais que forneçam dados para realizar o manejo de irrigação. Lopes et al. (2004) mencionam que, muitas dessas tecnologias ainda são de difícil acesso aos agricultores, sendo necessário o uso de técnicas simples, mas com precisão suficiente para possibilitarem, no campo, a determinação criteriosa do momento e da quantidade de água a ser aplicada.

O fornecimento de ferramentas para auxiliar o produtor rural a realizar o manejo de irrigação, de modo eficiente e prático, torna-se cada vez mais necessária. A implantação de um programa de manejo requer conscientização, com o uso de tecnologia de ponta e a operacionalidade. Isto, a fim de possibilitar o melhor uso dos insumos, o aumento da produtividade, da rentabilidade e a ampliação da área irrigada para locais com limitação dos recursos hídricos (BERNARDO et al., 2019).

Assim, entende-se que as planilhas eletrônicas sejam ferramentas de fácil uso, com ampla visibilidade dos elementos utilizados no manejo da irrigação, tornando mais prático e mais aceitar a sua utilização. O uso de dados meteorológicos advindo de estações meteorológicas em locais próximo ao cultivo, pode se tonar uma ferramenta viável na redução do trabalho do agricultor com a captura manual dos dados, possibilitando, maior aceitação por parte dos agricultores quando manejo é realizado.

2.2.5 Aplicativos de previsão do tempo

Dentre os fatores que contribuem para alta eficiência produtiva das culturas, o clima está entre os fatores de maior ação, limitando a produtividade para as culturas de interesse agrônômico como a soja (Zanon et al., 2018). A distribuição irregular de chuvas tem causado déficit hídricos em diversas áreas cultivadas no Brasil, causando perda consideráveis na produção agrícola. Para a estimativa da demanda hídrica, os dados meteorológicos são de extrema importância para os cálculos de evapotranspiração.

Para o manejo da irrigação existem diversas ferramentas de auxílio ao o agricultor, podendo citar as técnicas do tensiômetro, a com o monitoramento da umidade do solo e a do balanço hídrico realizado por ferramentas computacionais, softwares e planilhas eletrônicas. No entanto, para melhor administração dos recursos hídrico, faz-se necessário o uso de ferramentas que auxiliem a tomada de decisão do produtor.

Além disso aplicativos de smartphones de previsão do tempo, tais como, Meteored, Climatedo, Weather, Clima&Radar, Google, oferecem aos usuários informações básicas necessárias para auxílio na tomada de decisão relacionada à irrigação. O Climatedo, acessa o banco de dados da dataclima, com medições de estações meteorológicas de todo o Brasil, usando com base de dados coletados em imagens de satélites e radares meteorológicos, simulando para áreas onde não há a medição, para localizações em que não há dados observados é utilizado técnicas de reanálise, simulando com altíssima aderência à realidade, comparados a dados medidos Dataclima, (2024).

O aplicativo Meteored, apresenta informações durante o dia, a cada hora, observando com radares de chuva e examinando diferentes mapas de previsão dos eventos, utilizando a base de dados do modelo ECMWF (centro europeu de previsão meteorológica em médio prazo) (Tempo.com, 2024), assim como, os dados do google é criada usando sistema interno de previsão com base em modelos meteorológicos e observação de agência meteorológicas globais (ECMWF), de acordo com o Support.google (2024).

O uso de estação com sensores para o monitoramento dos dados climáticos se torna comum com o avanço da tecnologia e facilidade de acesso ao consumidor, embora ainda seja restrito devido ao alto valor de mercado dos produtos. O uso de sensores oferece precisão e acurácia dos dados registrados, com avanço da agricultura de precisão, se tornará cada vez mais comum no futuro o uso de sistemas de precisão Rodrigues (2021, apud Jacinto et al. 2020).

2.2.6 Caracterização do local

Localizado na latitude sul de 19° 56' 12" e longitude Oeste de 40° 35' 28", Santa Teresa, na região central do Espírito Santo. A região apresenta duas regiões agroclimáticas, em que, uma apresenta relevos montanhosos com pico acima dos 1000 m de altitude, com clima frio e úmido, e regiões de baixada, com clima quente e seco, abaixo dos 400 metros de altitude. O índice pluviométrico da região é dividido em dois períodos, chuvosos que vão de outubro a abril, com precipitação de 784 mm, e de maio a setembro, menos chuvoso com 104 mm.

2.3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade situada em Santo Antonio do Canaã, há 4,17 km da estação meteorológica do Ifes campus Santa Teresa, distrito de Santa Teresa (ES), e outra em Alto Santa Maria, distrito de Santa Teresa (ES), situada há 14,43 km do Ifes. Os critérios de seleção das propriedades foram: proximidade do Ifes Santa Teresa, presença de cultura irrigada, com equipamento em pleno funcionamento; concordância com o proprietário para desenvolver o estudo;

disponibilidade de uma pessoa na propriedade para coletar e anotar os dados meteorológicos diariamente; aceitação, por parte do proprietário, das recomendações de estudante; e haver livre acesso do estudante à área experimental.

Foram utilizadas planilhas eletrônicas que fornecem aos agricultores a informação do momento de se irrigar e da lâmina de irrigação recomendada, baseando-se em critérios técnicos e consagrados na literatura específica.

As planilhas foram divididas em sub-planilhas, de modo a facilitar a organização dos dados de entrada e os espaços necessários à realização dos cálculos, além de permitir mecanismos de proteção do código fonte, evitando-se alterações indesejadas, o que poderia comprometer a integridade dos cálculos.

Além disso, essa divisão permite que a planilha seja utilizada em dois modos: Técnico e Usuário. O modo Técnico somente será acessível aos profissionais capacitados, para fazerem a inserção das principais informações necessárias aos cálculos. No modo usuário, o acesso se limita à inserção da data, dos dados meteorológicos (temperatura e chuva), do tempo de irrigação e da umidade do solo. A fim de aprimorar o manejo com as planilhas serão coletados os dados de temperatura, umidade, chuva, disponibilizados pela estação meteorológica do IFES, para comparar os dados e a precisão dos dados da estação, para tornar o manejo mais acessível aos produtores, tendo maior aceitação das ferramentas.

Os dados são cadastrados na planilha referente à, as características físico-hídricas do solo (capacidade de campo e ponto de murcha permanente e densidade do solo) e fenológicas da cultura (coeficiente cultural - K_C , coeficiente de umidade do solo - K_s , coeficiente de localização da irrigação - K_L - fator de disponibilidade hídrica - f , profundidade radicular - Z e espaçamento entre plantas), além dessas, as do equipamento de irrigação (espaçamento entre emissores, eficiência e vazão). Os dados necessários obtidos serão obtidos em visitas, conversas de chat online (WhatsApp) e avaliações realizadas nas propriedades, com medições nas culturas e nos equipamentos de irrigação.

Para o manejo do sistema, foram estudadas as características do solo e determinada a Capacidade de Campo (C_c) e o Ponto de Murcha Permanente (P_m). Os valores de

capacidade de campo serão determinados em nível de campo, seguindo a metodologia proposta por Bernardo et al. (2019). Os valores de ponto de murcha obtidos por meio de tabelas com valores médios, disponibilizadas juntamente com as planilhas eletrônicas, tomando-se como referência os valores de capacidade de campo e de textura do solo de cada área monitorada.

Para determinação da Densidade do solo (D_s), utilizou-se o método do anel volumétrico, onde serão retiradas três amostras de 0-20 cm de profundidade, e essas serão levadas para estufa de secagem a 105°C por 24 horas. Após as 24 horas as amostras serão pesadas e a D_s será determinada pela Equação 1 (BERNARDO et al., 2019).

$$D_s = \frac{M}{v} \quad (1)$$

Em que,

D_s = densidade do solo, (g cm^{-3});

M = massa da amostra de solo seco, (g); e

v = volume do anel, (cm^3).

A água armazenada no solo, que está disponível para as plantas, é definida pelo intervalo entre a capacidade de campo e ponto de murcha permanente do solo (MANTOVANI et al., 2009). Para calcular a capacidade total de água no solo (CTA), será aplicada a Equação 2.

$$CTA = \frac{(C_c - P_{mp})}{10} D_a Z \quad (2)$$

Em que,

DTA = disponibilidade total de água do solo, (mm cm^{-1});

C_c = capacidade de campo, (% em peso);

P_{mp} = ponto de murcha permanente, (% em peso);

D_a = densidade aparente do solo, (g cm^{-3});

Z = profundidade efetiva do sistema radicular, (cm).

A capacidade real de água no solo (CRA) (Equação 3), representa uma parte da CTA, pois, do ponto de vista da agricultura irrigada, não interessa a utilização da água até o ponto de murcha permanente. Assim define-se um limite entre C_c e P_m , denominado ponto ou fator “f”, que representa quanto do valor será utilizado:

$$CRA = CTA \cdot f \quad (3)$$

Em que,

CRA= capacidade real de água do solo, (mm); e

f = fator de disponibilidade hídrica, sempre menor que 1.

Mantovani et al. (2009) descrevem o fator de disponibilidade de água no solo (f), como um parâmetro que limita a parte da água disponível do solo que a planta pode utilizar, sem causar maiores prejuízos à produtividade. Sendo este também o fator de segurança que tem sua proporção definida segundo o valor econômico e a sensibilidade da cultura ao déficit hídrico.

A irrigação real necessária (IRN) (Equação 4), expressa a quantidade de água requerida pelo sistema para que a cultura se desenvolva sem déficit naquele determinado solo, sendo sempre inferior ou igual à capacidade real de água no solo, $IRN \leq CRA$.

$$IRN \leq \frac{C_c - P_m}{10} \times D_a \times Z \times f \quad (4)$$

Em que,

IRN = irrigação real necessária, (mm); e

CRA = capacidade real de água no solo, (mm).

Para a evapotranspiração de referência (ET_o), calculou-se utilizando o modelo de Hargreaves-Samani (ALLEN et al., 1998), que é apresentado na Equação 5.

$$ET_0 = 0,0023Ra (T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{0,5}(T_{med} + 17,8) \quad (5)$$

Em que,

ET_0 = Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹)

R_a = Radiação no topo da atmosfera, (mm dia⁻¹);

$T_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima do ar (°C);

$T_{m\acute{i}n}$ = temperatura mínima do ar (°C); e

T_{med} = temperatura média do ar (°C).

Determinou-se a evapotranspiração da cultura pelo modelo GESAI (MANTOVANI et al, 2009), com a Equação 6.

$$ET_c = ET_0 K_C K_S K_L \quad (6)$$

Em que,

ET_c = evapotranspiração da cultura, (mm dia⁻¹);

ET_0 = evapotranspiração de referência, (mm dia⁻¹);

K_C = coeficiente da cultura;

K_S = coeficiente de umidade do solo; e

K_L = coeficiente devido à irrigação localizada.

Os valores de K_C são obtidos a partir de Tabelas (Allen et al., 1998) desenvolvendo mecanismo de mudança automática dos valores em função da duração de cada fase do ciclo da cultura.

Calculou-se o coeficiente de umidade do solo pelo modelo logarítmico (BERNARDO et al., 2019), apresentado na Equação 7.

$$K_S = \frac{LN(LAA + 1)}{LN(CTA + 1)} \quad (7)$$

Em que,

K_s = Coeficiente de umidade do solo;

LAA = lâmina de água armazenada no solo (mm); e

CTA = capacidade total de água do solo (mm).

Devido à forma de aplicação de água da irrigação localizada, que não se aplica em toda a área, é necessária uma correção no cálculo a evapotranspiração, por influência da redução das evaporações diretas do solo na área não molhada. Para definição do valor de K_L , a metodologia proposta a ser utilizada é a proposta por Keller e Bliesner (1990) descrita na equação 8.

$$K_L = 0,1 \sqrt{P} \quad (8)$$

Em que,

K_L = Fator de correção devido a localização da irrigação; e

P = porcentagem de área molhada ou sombreada, (%).

A porcentagem de área molhada (PAM), expressa a porcentagem de área molhada, em relação a área total ocupada pela planta, e depende de características do emissor (vazão, espaçamento e raio irrigado) e da planta (espaçamento e desenvolvimento). Para determinação do valor de PAM, será utilizada a Equação 9.

$$PAM = \frac{AMe}{AT} \quad (9)$$

Em que,

PAM = porcentagem de área molhada, (%);

AMe = área molhada pelo emissor, (m²); e

AT = área total da planta, (m²).

A porcentagem de área sombreada (PAS), expressa a relação entre a área sombreada pela planta e a área total ocupada pela mesma e será calculada com Equação 10.

$$PAS = \frac{AS}{AT} \quad (10)$$

Em que,

PAS = porcentagem de área sombreada, (%);

AS = área sombreada pela planta, (m²); e

AT = área total da planta, (m²).

A irrigação total necessária (Equação 11) será calculada considerando a eficiência de irrigação, representada pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (KELLER; BLIESNER,1990).

$$ITN = \frac{IRN}{Ei} \quad (11)$$

Em que,

ITN = irrigação total necessária, (mm);

IRN = irrigação real necessária, (mm); e

Ei = eficiência de irrigação, (%).

Em outra sub-planilha, apresenta o gráfico com informações de limites de armazenamento (capacidade de campo e ponto de murcha permanente), umidade de segurança, umidade atual do solo calculada, umidade atual do solo medida, lâminas brutas de irrigação e chuva. Com essas informações, o usuário poderá visualizar a dinâmica do balanço de água no solo, podendo tomar a decisão se deve irrigar ou não suas lavouras.

Ao final do ciclo produtivo da cultura, avaliou-se o desenvolvimento e a produtividade das plantas. Para o desenvolvimento, realizou-se medição do crescimento dos ramos plagiotrópicos (ramo lateral) e ortotrópico (ramo principal), para os índices produtivos, a colheita total dos frutos da planta ocorreu no ponto de maturação fisiológica apresentando 50 % dos grãos cereja, também estimada a produtividade em kg beneficiado por hectare, além disso, os frutos colhidos foram submetidos a todos os

processos de beneficiamento de café commodities, de modo a se fazer a avaliação do peso final de cada amostra.

Paralelamente à condução do trabalho realizou-se o acompanhamento diário da previsão do tempo, para as próximas 24 horas, para auxiliar na tomada de decisão quanto ao dia de se irrigar. Para obter os elementos climáticos de previsão, foram utilizados aplicativos gratuitos e de fácil acesso para os produtores, sendo eles, Climatempo, Google, Weather, Clima&Radar, Meteored e WeatherLink (Figura 1). Ao final do período avaliado, armazenou-se as informações meteorológicas em um banco de dados, e os mesmos foram comparados com os dados da estação meteorológica (análise de correspondência linear de Pearson), a fim de verificar o grau de associação entre a probabilidade de chuva indicada pelos aplicativos com a precipitação registrada pelo pluviômetro.

Os dados de temperatura e chuva, necessários aos cálculos do balanço hídrico, obtidos em termômetros de máxima e mínima e pluviômetros instalados nas propriedades participantes. Os agricultores foram responsáveis por anotar os dados diariamente, em planilhas elaboradas para esta finalidade. Os dados foram coletados e armazenados para compor um banco de dados climáticos da propriedade e estimara evapotranspiração pelo método de Hagreaves Samani. Do mesmo modo, realizou-se a coleta de dados da estação meteorológica diariamente, a fim de se criar o banco de dados climáticos para a estação, e estimar a evapotranspiração.

Figura 1: Aplicativo para estimativa da evapotranspiração e previsão de chuva. Meteored, Weather, ClimaTempo, Clima&Radar, WeatherLink e Google.



Fonte Autor

Ao final do projeto, com os dados de temperatura máxima e mínima estimou-se a evapotranspiração (ET_o), a chuva diária (mm) e evapotranspiração foram obtidas na estação e os dados foram submetidos à análise de normalidade, e posteriormente foi realizada a análise estatística por meio da correlação de Pearson, no software R-studio versão 4.2.1 (R Core Team, 2022).

Para classificação do desempenho do método foi utilizada a Tabela 1.

Tabela 1 – Critérios para interpretação do índice de desempenho (c).

Índice de desempenho “c”	Classificação
>0,85	Excelente
0,76 – 0,85	Muito Bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Intermediário
0,51 – 0,60	Tolerável
0,41 – 0,50	Ruim
≤0,4	Muito Ruim

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

Para escolha do método mais indicado para cada propriedade foram utilizados os critérios de maior valor de coeficiente de correlação.

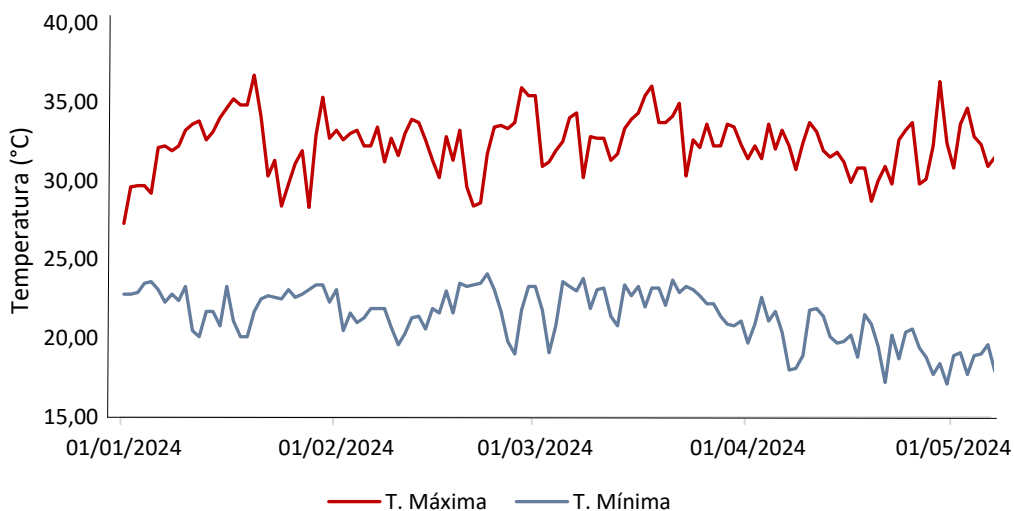
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 Desenvolvimento da cultura

A variação de temperatura (máxima e mínima) é o principal dado meteorológico para estimativa da evapotranspiração, portanto para o período em estudo que iniciou em

01 de janeiro de 2024 e finalizou no dia 06 de maio de 2024, observa-se a flutuação da temperatura registrada no termômetro instalado na propriedade, (Figura 2).

Figura 2: Temperaturas máximas e mínimas registradas durante o período de avaliação

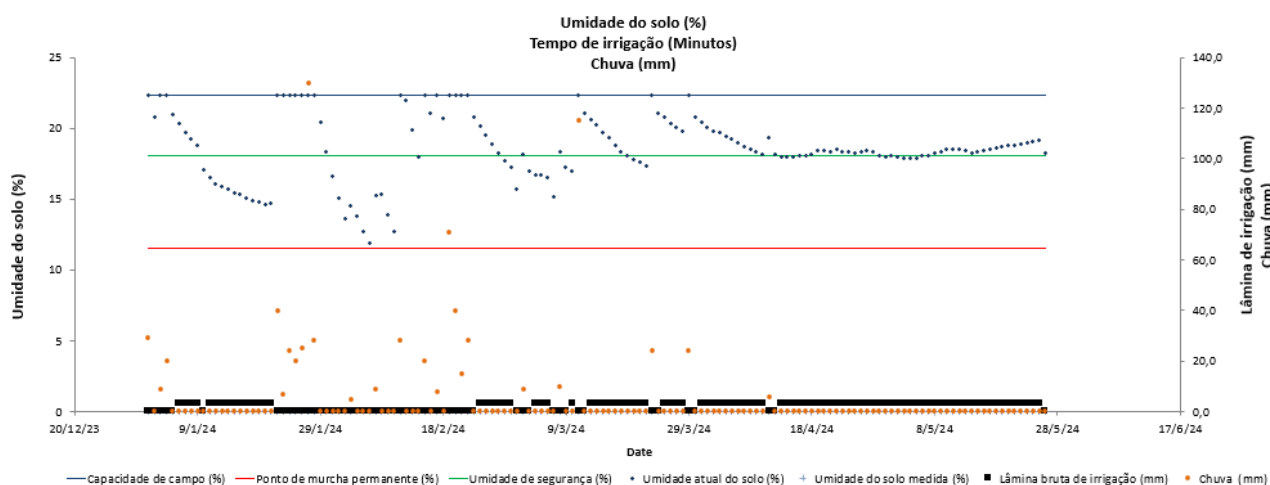


Fonte: Autor

Observando as temperaturas registradas no período em estudo, a média da temperatura máxima observada é de 32,30 °C apresentando variação de até $\pm 5,6$ °C, enquanto para a média da temperatura mínima a média corresponde a 21,09 °C apresentando variação de $\pm 5,19$ °C.

Na figura 3, tem-se as informações disponibilizadas pela planilha, tais como informação dos limites de armazenamento (capacidade de campo, umidade de segurança ponto de murcha permanente), umidade do solo calculada e atual, e da água (lâminas brutas de irrigação e chuva), na área em que foi realizada o manejo da irrigação.

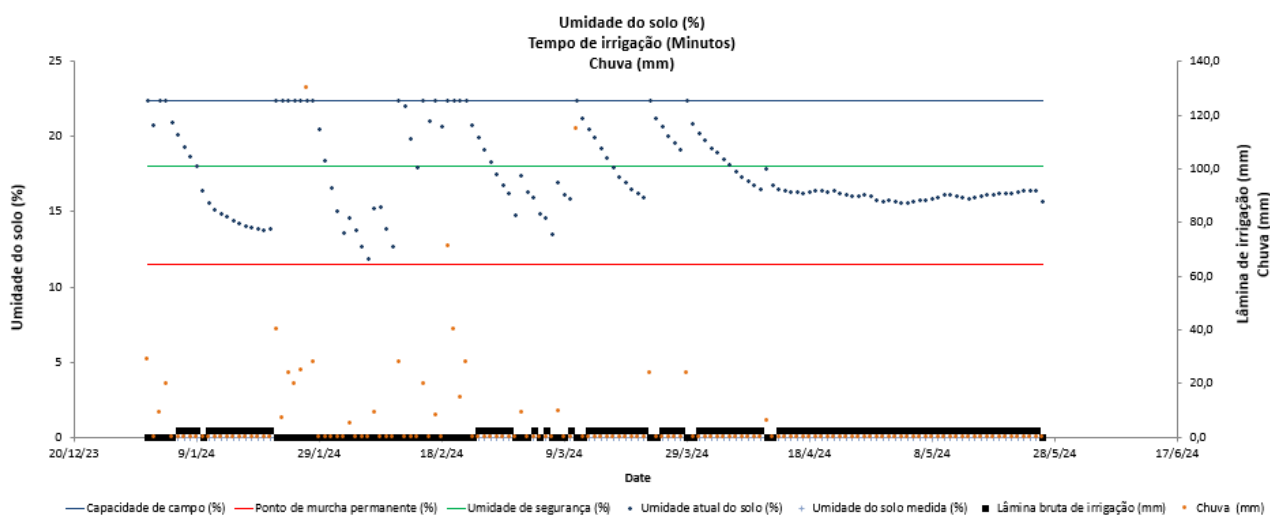
Figura 3: Gráfico de umidade do solo (%), lâmina de aplicação (mm), chuva (mm) e características de armazenamento do solo, na área com manejada.



Fonte: Autor

Na figura 4, tem-se as informações disponibilizadas pela planilha, assim como na figura 3, no entanto, apresenta as informações da área em que não foi realizado o manejo da irrigação com o uso da planilha.

Figura 4: Gráfico de umidade do solo (%), lâmina de aplicação (mm), chuva (mm) e características de armazenamento do solo, na área não manejada.



Fonte: Autor

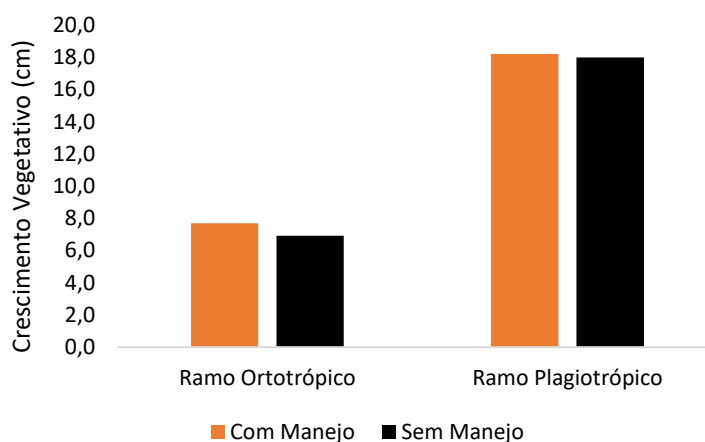
Nas figuras 3 e 4, observa-se que no início de janeiro até o final de fevereiro ocorreu vários eventos de chuva, sendo registrado 656 mm, distribuídos apenas nos dois primeiros meses do trabalho, contribuindo para o comportamento similar entre as duas

áreas no início do manejo. No entanto, nos meses posteriores, é possível observar que na área manejada com o uso da planilha a umidade atual se manteve entre a umidade de segurança e capacidade de campo, enquanto para a área sem uso da planilha (sem manejo), a umidade do solo atual apresentou-se abaixo da faixa de segurança, indicando necessidade de irrigação.

Com isso, observa-se que as irrigações pelo produtor foram inferiores às recomendadas pela planilha, promovendo sintomas de estresse hídrico na área sem manejo, podendo posteriormente nos próximos meses limitar o pegamento da florada e produtividade para o próximo ciclo produtivo.

Para análise do desenvolvimento da cultura, observa-se as médias das variáveis, produção em quilogramas (Kg) de grãos maduros e beneficiados (café pilado) e crescimento do ramo ortotrópico e plagiotrópico (Figura 5).

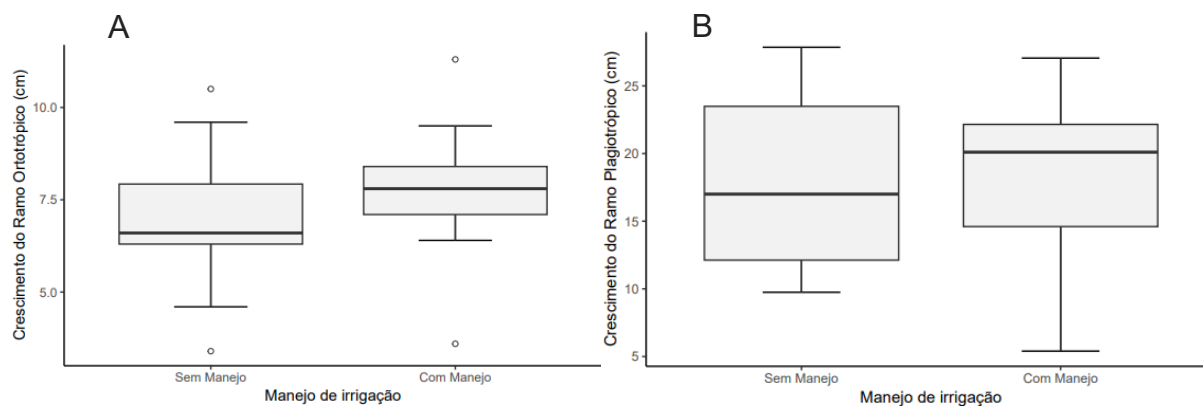
Figura 5: Crescimento vegetativo dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos do cafeeiro sob manejo de irrigação e sem manejo de irrigação.



Fonte: Autor

No crescimento do ramo ortotrópico a área manejada apresentou maior média (7,69 cm) enquanto na área sem manejo foi de 6,91cm. Para o crescimento do ramo plagiotrópico a área manejada apresentou média de 18,19 cm, na área sem manejo o crescimento médio do ramo lateral foi de 17,98 cm. Com base nos dados coletados de crescimento dos ramos, foi realizado a análise dos dados a parti da média, mediana, 1º quartil e 3º quartil, representados por gráfico boxplot, figura 6.

Figura 6: Figura (A) crescimento dos ramos ortotrópico (cm), figura (B) crescimento dos ramos plagiotrópicos (cm).



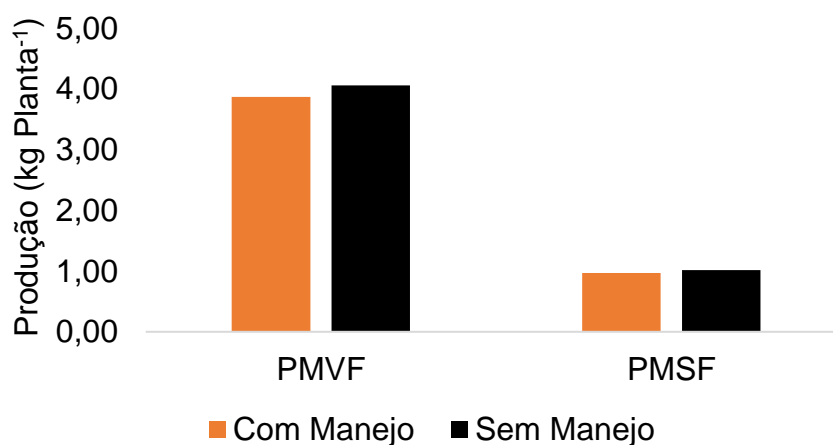
Fonte: Autor

Observa-se que no crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos o manejo não apresentou diferença entre os tratamentos, no entanto a média de crescimento da planta foi maior onde foi realizado o manejo da irrigação. Em contraste com os dados obtidos na trabalho, Cardoso (2023), ao realizar a avaliação de desenvolvimento em diferentes clones sob área irrigada e não irrigada, observou diferença entre os manejos para a variável crescimento do ramo ortotrópico e plagiotrópico, mesmo no período de chuvas, ressaltando maior desenvolvimento do ramos plagiotrópicos no período de estiagem.

O crescimento das partes vegetativas está diretamente associado ao ciclo fenológico da cultura. Segundo Amaral et al. (2006), o crescimento é diretamente afetado na presença de frutos, que atuam como drenos fortes, Dardengo (2012) resalta o decréscimo na intensidade de crescimento de plantas nos meses de dezembro a fevereiro, período em que compreende ao enchimento de grãos do cafeeiro.

Para a produção do cafeeiro os dados de massa fresca do fruto representa o café após a colheita, enquanto a massa seca do fruto representa o café após beneficiamento, apto para comércio do tipo commodity. Na Figura 7, são apresentadas as médias de produção do café maduro e beneficiado nos diferentes manejos de irrigação.

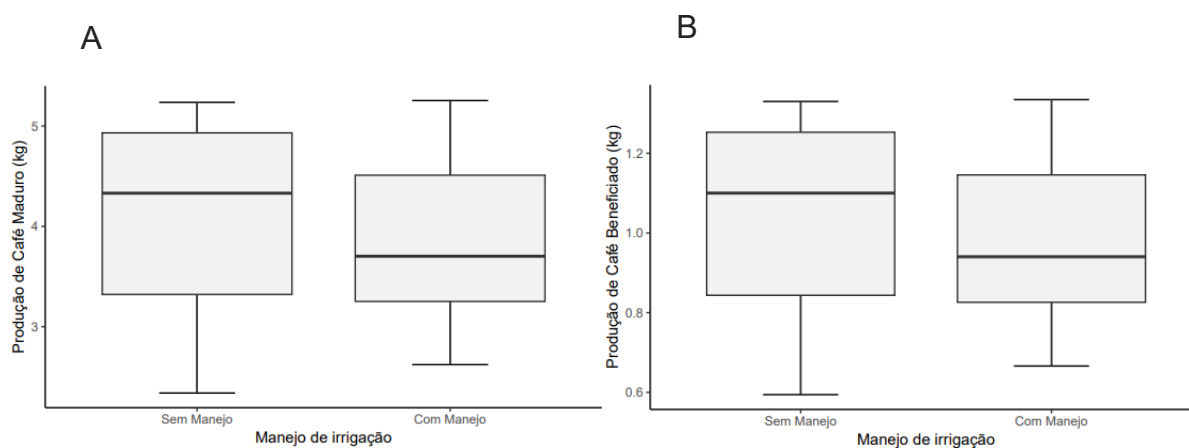
Figura 7: Produção média (Kg planta^{-1}), produção de café maduro (produção de massa verde de fruto - PMVF), café beneficiado (produção de matéria seca de frutos - PMSF).



Fonte: Autor

Para a produção de café maduro, a área em que não foi manejada a irrigação apresentou maior média em relação a área com manejo, com $4,06 \text{ kg planta}^{-1}$ enquanto a area manejada apresentou $3,87 \text{ kg planta}^{-1}$. Após o beneficiamento, a área sem manejo apresentou $1.015,50 \text{ g planta}^{-1}$, média maior comparada à area maneja que apresentou $967,95 \text{ g planta}^{-1}$. Os dados de crescimento foram analisados quanto à média, mediana, 1º quartil e 3º quartil, sendo representados por meio do gráfico boxplot na Figura 8.

Figura 8: Gráficos box-blot, produção do cafeeiro, figura A (produção de café maduro kg), figura B (produção de café beneficiado kg).



Fonte: Autor

A produção do cafeeiro nas áreas em estudos não apresentou diferença entre os tratamentos para o café maduro e beneficiado. É possível identificar que na área em que não se teve o manejo da irrigação houve maior variação entre os dados, apresentando mediana próxima ao terceiro quartil, enquanto a área manejada apresentou menor amplitude entre os dados apresentando mediana próxima ao primeiro quartil.

A produção do cafeeiro está diretamente associada ao desenvolvimento da vegetativo (formação da gema floral) e disponibilidade hídrica no período crítico (após a antese), o cafeeiro se desenvolve durante todo o ano, de maneira que a produção é estabelecida no ano anterior a abertura das flores, portanto para associação da produção com o manejo da irrigação, faz-se necessário o manejo da irrigação nos períodos de maior relevância (após a abertura das flores que ocorre em agosto a outubro), ou durante dois anos de desenvolvimento da cultura (compreendendo todas as etapas do ciclo da cultura. Araujo (2019) ao citar Mesquita (2016), descreve que, na fase de expansão e enchimento dos frutos, a estiagem na fase de pré-florada pode induzir a produção de botões florais anormais, causando danos irreversíveis à produtividade de qualidade dos grãos.

Para o exposto acima, Dardengo (2006), descreve a importância da irrigação mesmo diante o cenário de boa distribuição de chuvas atendendo a precipitação ótima do cafeeiro, com ênfase nos períodos atípicos (veranicos) em épocas de alta demanda para o enchimento dos grãos, podendo causar perdas significativas quando não é atendida a demanda hídrica da cultura.

Com base nos dados de produtividade foi efetuada a análise dos resultados de eficiência no uso da água, na Tabela 2, os dados referentes a produção (produtividade por hectare) e ao montante de água utilizada (tempo irrigado, total de água utilizado na área e total por planta) são apresentados.

Tabela 2: Produtividade (kg ha^{-1}), tempo de irrigação (h), volume de água utilizada nos sistemas ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), total de água por planta (L Planta^{-1}) e eficiência no uso da água EUA (kg m^{-3}).

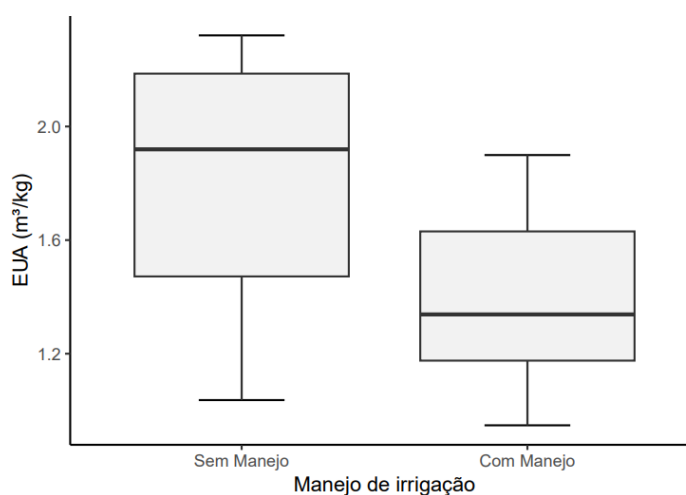
	Montante de água utilizado	
	Com Manejo	Sem Manejo
Produtividade (Kg ha^{-1})	6329,61	6372,45
Tempo irrigado (h)	131,75	107,45
Total de água utilizada ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	1264,8	1031,52
Total de água por planta (L Planta^{-1})	354,28	288,94
EUA (kg m^{-3})	5,00	6,18

Fonte: Autor

Por meio da tabela 2 é possível notar que a quantidade de água aplicada na área com manejo foi superior à área sem manejo, 1.264,8 e 1.031,52 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ respectivamente, portanto em consequência da maior aplicação de água na área manejada o consumo de água por planta também se torna superior em relação a área sem manejo, com diferença de 65,34 litros de água por planta. Embora com maior volume de água na área manejada a produtividade não foi superior, com diferença de 42,84 kg de café beneficiado para a área sem manejo, dessa maneira a área sem manejo apresentou maior eficiência no uso da água.

Para análise da eficiência do uso da água, os dados são observados na Figura 9.

Figura 9: Eficiência no uso da água (kg m^{-3}) nas áreas de manejo da irrigação.



A eficiência no uso da água foi maior na área em que não se realizou o manejo, no entanto os tratamentos não se diferiram entre si, a eficiência no uso da água é a relação direta entre volume gasto para produção (kg de café beneficiado), conseqüentemente quanto menor o volume de água aplicado para kg de café beneficiado maior será a eficiência, portanto observa-se com base nos dados da Tabela 2 que o volume de água foi menor na área sem manejo comparado à área manejada.

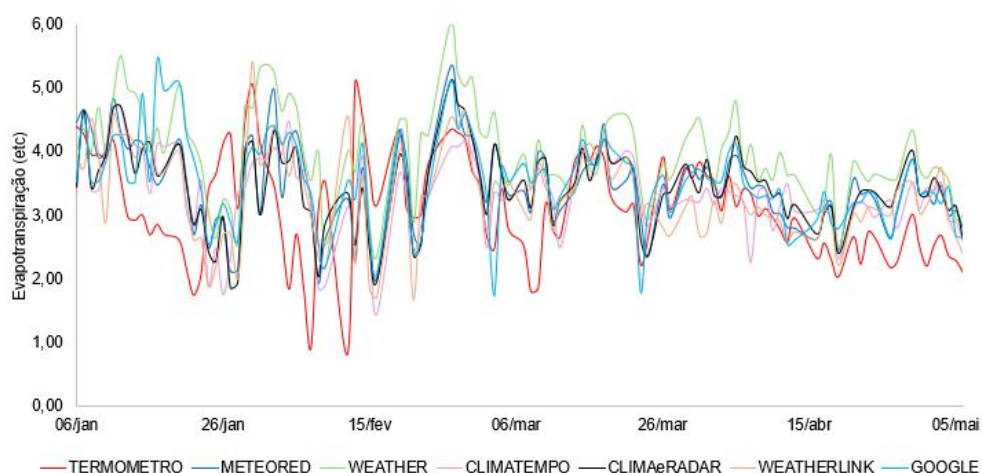
Resultados similares foram encontrados por Guidoni (2023), na avaliação da eficiência do uso da água da área com manejo de irrigação em que não apresentou diferença entre os tratamentos, no entanto a eficiência do uso da água foi maior na área manejada. Na cultura da soja, Silva et al. (2020), observou a resposta da produtividade da cultura utilizando manejos de irrigação no período chuvoso para o cerrado, encontrando efeitos significativos para as variáveis produção e eficiência no uso da água nos tratamentos em que foi realizado o manejo da irrigação.

2.4.2 Estimativa da evapotranspiração e modelos de previsão de chuva

Os dados referentes ao acompanhamento de aplicativos para auxílio na previsão de chuva, fornece ao produtor as informações de temperatura máxima e mínima possibilitando realizar o cálculo de evapotranspiração (ET_o).

Os modelos de estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_o) foram medidos pelo termômetro instalado na propriedade 2 e aplicativos de previsão do tempo (Meteored, Weather, Climatempo, Clima&Radar, Weatherlink e Google), os valores de ET_o calculado em cada modelo são observados na Figura 10.

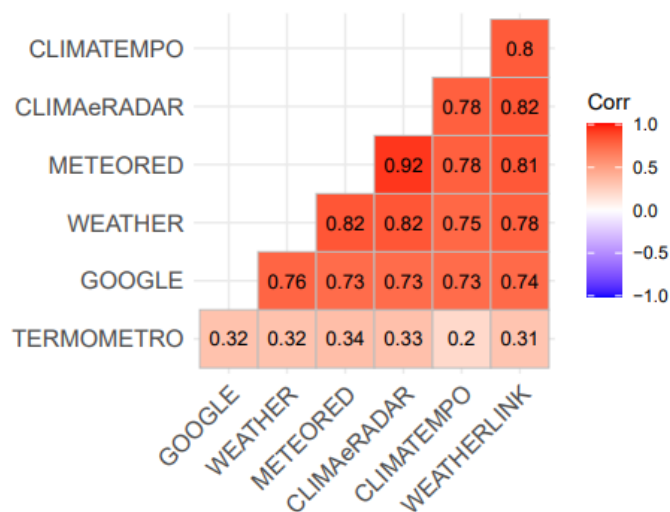
Figura 10: Variação da evapotranspiração no período de estudo nos diferentes métodos.



Fonte: Autor

Os dados obtidos durante o período de 06 de janeiro até 06 de maio de 2024, observa-se que o termômetro apresentou maior variação na estimativa da evapotranspiração, analisa-se os dados pelo coeficiente de Pearson, a fim de comparar a correlação entre os métodos estudados. A Figura 11 apresenta a matriz de correlação.

Figura 11: Matriz de correção de Pearson para determinação da evapotranspiração sob diferentes métodos de estimativa.



Fonte: Autor

Por meio do estudo objetivou-se analisar a correlação entre as informações coletadas em campo com o termômetro e as informações disponibilizadas pela estação meteorológica do Ifes campus Santa Teresa. Portanto observa-se nos valores de correlação quando comparado os métodos ao termômetro índices muito abaixo do esperado sendo a maior correlação em 0,34 do termômetro com o aplicativo Meteored, classificando-o como “Muito ruim” ($\leq 0,4$).

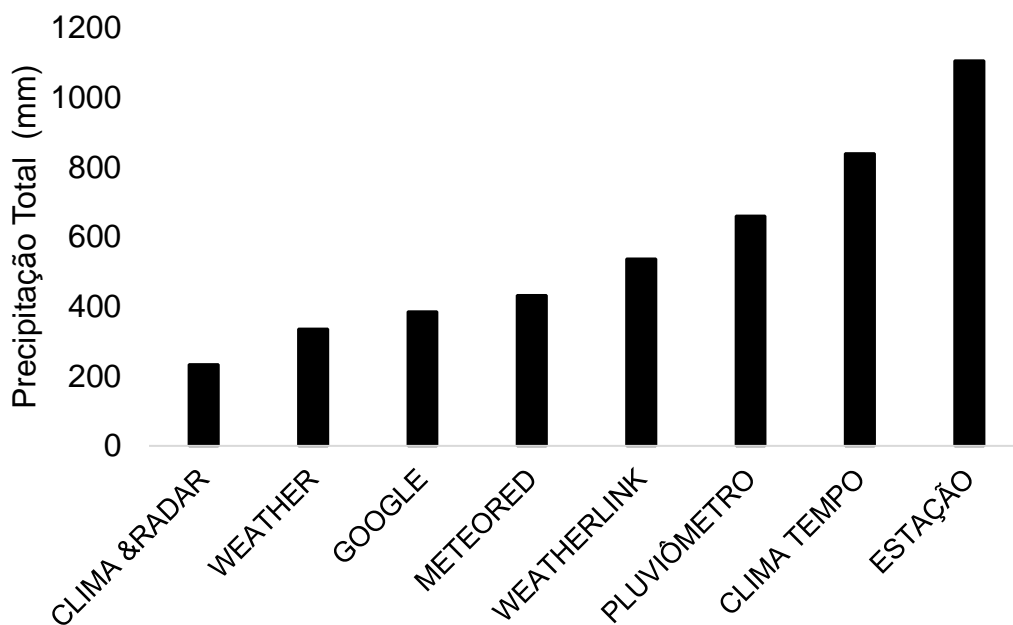
O uso de estações meteorológicas para obtenção de dados climáticos apresenta maior confiabilidade, desse modo utilizou-se a estação como referência para o manejo. Para o comparativo dos métodos em relação a estação do Ifes (Weatherlink), são encontrados valores com classificação dentro do esperado apresentando “Bom” (0,66 - 0,75) para o aplicativo do google, “Muito Bom” (0,76 - 0,85) para os demais softwares.

Na estimativa da evapotranspiração Lima (2017), apresentou alto grau de correlação, acima de 0,66, entre os dados de estações de monitoramento meteorológica com a estação Davis (modelo do Ifes), corroborando os estudos feitos por Oliveira 2014, indicando alto nível de confiabilidade dos dados de temperatura, portanto é possível identificar que o termômetro utilizado na propriedade apresenta dados não representativos para o estudo do manejo de irrigação.

Em estudo realizado por Fritzsos et al. (2016), avaliou-se a relação da altitude com a temperatura considerando dados de estações locais em Santa Catarina, apresentando resultados em que a distância de 213 metros ocorreu a variação de 1 °C assim como a variação a cada 100 m de altitude de 0,47°C, para estimativa da evapotranspiração a temperatura exerce grande peso, portanto o aplicativo de previsão de tempo clima tempo apresenta melhor resultados para o manejo da irrigação.

Para estimativa do volume de chuva, observa-se na Figura 12 a precipitação total ocorrida na propriedade 2 marcada pelo pluviômetro, os dados de precipitação marcados em tempo real pela estação do Ifes e precipitação indicada pelos modelos de previsão de chuva (mm)

Figura 12: Precipitação total (mm) prevista nos aplicativos de previsão do tempo, na estação de monitoramento do Ifes e no pluviômetro instalado na propriedade.

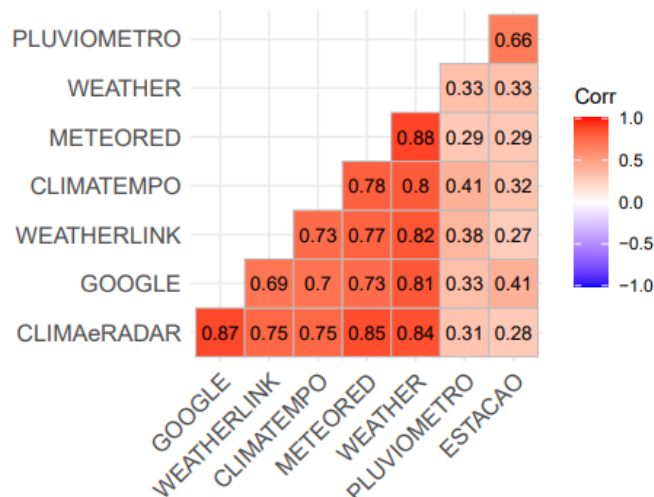


Fonte: Autor

A distribuição das chuvas aconteceu de forma regular nos primeiros 70 dias de avaliação comparando-se os dados do pluviômetro com o registrado na propriedade, no entanto a quantidade de chuvas apresentou alta variação na precipitação total indicada pelos métodos de previsão.

Para análise da variável chuva, os contrastes de maior relevância são; I- correlação dos dados coletados na propriedade com os dados em tempo real da estação; II- correlação dos dados da propriedade com as previsões dos aplicativos e III- correlação dos dados em tempo real da estação com os modelos de previsão de chuva (mm). Para estimativa do melhor método de previsão de chuva, os dados analisados pelo coeficiente de Pearson são mostrados na Figura 13.

Figura 13: Matriz de correlação de Pearson para os dados previsto de chuva (mm) nos respectivos aplicativos de previsão de tempo correlacionado com os dados registrados no pluviômetro e na estação de monitoramento do Ifes.



Fonte: Autor

No primeiro cenário, avaliando os dados do pluviômetro com os dados da estação de monitoramento do Ifes em tempo real (estação), o coeficiente de correlação apresentou bom índice de correlação (0,66), demonstrando que para a variável chuva a estação de monitoramento pode ser usada como alternativa para registro de quantidade de chuva.

Para identificar o melhor método para previsão de chuva (mm), observa-se na figura 13 a correlação do pluviômetro com métodos não apresentou índices satisfatórios, de maneira que a maior correlação ocorreu com o aplicativo Meteored (0,41).

Comparando os dados obtidos pela estação em tempo real com os aplicativos de previsão, observa-se índices de correlação não satisfatórios (abaixo de 0,66), de modo que a maior correlação observada foi com o aplicativo google (0,41), portanto, o aplicativo pode ser considerado como “Ruim” para previsão da chuva. Para os demais aplicativos o coeficiente de correlação foi menor, sendo classificados como “Muito ruim” ($\leq 0,4$).

Na revisão de literatura de Reboita et al. (2010), citado por Sobral et al. (2018), identificados fatores que influenciam diretamente a distribuição de chuvas, caracterizando a posição topográfica, geográfica principalmente os aspectos atmosféricos na região sudeste que causam a ocorrência de chuvas localizadas,

justificando assim a baixa relação dos dados encontrado em campo e registrado pela estação com a previsão estimada pelos aplicativos.

3. CONCLUSÃO

As planilhas eletrônicas possibilitaram maior controle do uso da água, porém, não significou acréscimo no crescimento e produtividade. Para a estimativa da evapotranspiração o método com uso do termômetro de temperatura máxima e mínima não foi satisfatório (correlação de 0,30). Métodos com o uso do aplicativo ClimaTempo, e para regiões próximas ao Ifes o uso da estação meteorológica foram os de melhor resposta para estimar a evapotranspiração. São necessários estudos de maior duração para o estudo das variáveis em questão.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Irrigação atualiza área irrigada total no Brasil em 8,2 milhões de hectares**. 2021.

Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/atlas-irrigacao-atualiza-area-irrigada-total-no-brasil-em-8-2-milhoes-de-hectares>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

ARAÚJO, PIETRO. **Crise hídrica na área da Sudene no Espírito Santo: um limitador do potencial da produção de café Conilon**. 2019.

AMARAL, José Augusto Teixeira do; RENA, Alemar Braga; AMARAL, José Francisco Teixeira do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 377-384, 2006.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE, C. L. T. **Planilha Eletrônica para a Programação da Irrigação de Culturas Anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14p. Circular Técnica, 10.

ALLEN, Richard G. et al. Evapotranspiração de culturas - Diretrizes para calcular os requisitos de água das culturas - FAO Irrigação e drenagem paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, pág. D05109, 1998.

BARRETO, A.N.; FACIOLI, G.G.; SILVA, A.A. Operação e o manje dos sistemas de irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental x sustentabilidade**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. cap.5, p.173-204.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. da; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV. 9 Ed. 2019. 545 p.

BISPO, R. de C. et al. Manejo de irrigação para cultivo de pimentão em ambiente protegido. In: **IV INOAGRI INTERNATIONAL MEETING**. Acesso em: novembro de 2023. p. 2018. (ARTIGO)

- CAYA, M. V., DELA CRUZ, J., MERINA, J. P. M., MORA, D. K. H., BENTIR, S. A. P. Development of ET-Based Irrigation System in Green Roofs Using Penman-Monteith Equation. In: **2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)**. IEEE, 2019. p. 1-6
- CAMARGO, A. P. de; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.89-97, 1997.
- CARDOSO, Iricelia Vieira et al. **Avaliação do crescimento de cultivares clonais de Coffea canephora** irrigado e em sequeiro. 2023.
- COELHO, Eugênio Ferreira; COELHO FILHO, Maurício Antônio; OLIVEIRA, SL de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.
- CUNHA, T. C.; RABELO, J. L. R.; WENDLAND, E. Monitoreamento de lisímetro volumétrico para validação de estimativas de evapotranspiração. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, 2003, Curitiba-PR. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2003.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – **Acompanhamento da safra brasileira de café 2023**, Brasília, 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe> >. Acesso em: 13 novembro 2023.
- COSTA, M. B. da. Avaliação da irrigação por pivô central na cultura do café (*Coffea canephora* L.) e na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no município de Pinheiros – ES. **Tese** (Doutorado em Agronomia). Piracicaba: ESALQ, 2006. 88 p.
- DADALTO, Gilmar Gusmão. **Água na agricultura**. [S. l.: s. n.], 2019.
- DARDENGO, Maria Christina Junger Delôgo. **Crescimento, produtividade e consumo de água do cafeeiro conilon sob manejo irrigado e de sequeiro**. 2012.
- DATACLIMA. **Levantamento de dados meteorológicos**. Disponível em: <https://www.climatempoconsultoria.com.br/levantamento-de-dados-meteorologicos/#:~:text=Como%20Funciona%3F,%C3%A1reas%20onde%20n%C3%A3o%20h%C3%A1%20medi%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 20 jun. 2024.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Tradução de: GHEYI, H.R. METRI, J.E. C; DAMASCENO, F.A. V. **Necessidade hídricas das culturas**. Campina Grande: UFPB. 1997. 204 p.

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; WREGE, Marcos Silveira. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, 2016.

GU, Z., QI, Z., BURGHATE, R., YUAN, S., JIAO, X., XU, J. Irrigation scheduling approaches and applications: A review. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 146, n. 6, p. 04020007, 2020.

GUIDONI, Felipe Arpini. **MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM CAFÉ CONILON (Coffea canephora Pierre ex Froehner) COM PLANILHAS ELETRÔNICAS**. 2023.

KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and Trickle Irrigation**. Van Nostrand Reinhold: New York, 1990. 652 p.

KOETZ, Marcio et al. Produção e eficiência no uso da água do capim paiguás sob tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 1, p. 1223, 2017.

LI, M., XU, Y., FU, Q., SINGH, V. P., LIU, D., & LI, T. Efficient irrigation water allocation and its impact on agricultural sustainability and water scarcity under uncertainty. **Journal of Hydrology**, v. 586, p. 124888, 2020.

Lima, Layla Gerusa Souza. **Estimativa da evapotranspiração de referência pela equação de Hargreaves em clima subtropical**. 2017.

LOPES, A. S.; PAVANI, L. C.; CORÁ, J. E.; ZANINI J. R.; MIRANDA, H. A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, p.89-100, 2004.

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

MARCOLAN, A. L.; SPÍNDULA, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap. 15. 474 p

MEZA, Francisco J. Variabilidade da evapotranspiração de referência e demandas hídricas. Associação à ENSO na bacia do rio Maipo, Chile. **Mudança Global e Planetária**, v. 47, n. 2-4, pág. 212-220, 2005.

MESQUITA, C. M.; REZENDE, J. E.; CARVALHO, J. S.; FABRI JUNIOR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M.; ARAUJO, W. G. **Manual do café: distúrbios fisiológicos, pragas e doenças do cafeeiro (Coffea arábica L.)**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 62 p

MOHAMMADI, A., RIZI, A. P., ABBASI, N. Field measurement and analysis of water losses at the main and tertiary levels of irrigation canals: Varamin Irrigation Scheme, Iran. **Global Ecology and Conservation**, v. 18, p. e00646, 2019.

OLIVEIRA, M. A. A; CARVALHO, F.D. Estimativa da evapotranspiração de referência e da demanda suplementar de irrigação para o milho (zea mays L.) em Seropédica e Campos, estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.132-135, 1998.

OLIVEIRA, G.M.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; ALMEIDA, A.C. Determinação da evapotranspiração e dos coeficientes de cultura para as diferentes fases de desenvolvimento do melão (Cucumis melo L.) na região Norte da Bahia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró-RN, v.5, n.2, p.142-151, abr/jun. 2010.

OLIVEIRA, E.M.; OLIVEIRA, R.A.; SEDIYAMA, G.C.; CECON, P.R.; DRUMOND, L.C.D. Análise do coeficiente e o desempenho do irrigâmetro e a influência dos elementos do clima na estimativa da evapotranspiração. **Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa-MG**, v.19, n.4, p.348-360, julho/agosto, 2011.

OLIVEIRA, Paulo José Desidério de. **Integridade dos dados meteorológicos obtidos por duas estações perigosas**. 2014.

PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L. R; SENTELLHAS, P. C. **Agrometeorologia (fundamentos e aplicações práticas)**. Livraria e editora agropecuária. Guaíba, RS. 2002. 478 p.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, **Vienna**. Available in: <<https://www.R-project.org>> (Accessed on June 17, 2022).

REBOITA, Michelle Simões et al. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 25, p. 185-204, 2010.

RODRIGUES, Leoncio Gonçalves; MEIRELES, A. Desenvolvimento de software e miniestação meteorológica com arduino para monitoramento da umidade do solo, temperatura e umidade do ar. In: **Inovagri II Virtual Meeting**. 2021.

SANTOS, M; MAIA, J. **Calibração da ETo estimada pelo método de Hargreaves e tina evaporimétrica classe A**. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, Quinta da Saúde Apartado, 2006.

SILVA, Lorena Pereira et al. Estimativa da produtividade de soja usando irrigação na época das chuvas no bioma Cerrado. **Agrometeoros**, v. 28, 2020.

SOBRAL, Bruno Serafini et al. Variabilidade espaço-temporal e interanual da chuva no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.

SOUZA, V. F. de; 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

SUPOPORT.GOOGLE. **Informações de previsão do tempo para o Google**. Disponível em: <https://support.google.com/websearch/answer/13687874?hl=pt-BR>. Acesso em: 20 jun. 2024.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p

TEMPO.COM. **Meteoerd**. Disponível em: <https://www.tempo.com/quem-somos/produtos>. Acesso em: 20 jun. 2024.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; CORDEIRO, E. A. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento: comparação das metodologias propostas por Keller e por

Denículi. In: VI Simpósio de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada – FENICAFÉ, 2003, Araguari. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003

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

WILLMOT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v.90, p.8995-9005, 1985.

YIN, W., CHAI, Q., ZHAO, C., YU, A., FAN, Z., HU, F., COULTER, J. A. Water utilization in intercropping: A review. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 106335, 2020.

ZINKERNAGEL, J., MAESTRE-VALERO, J. F., SERESTI, S. Y., INTRIGLIOLO, D. S. New technologies and practical approaches to improve irrigation management of open field vegetable crops. **Agricultural Water Management**, v. 242, p. 106404, 2020.