

**INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - CAMPUS SANTA TERESA
CURSO SUPERIOR DE AGRONOMIA**

FELIPE ARPINI GUIDONI

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM CAFÉ CONILON (*Coffea canephora* Pierre ex
Froehner) COM PLANILHAS ELETRÔNICAS**

**Santa Teresa
2023**

FELIPE ARPINI GUIDONI

MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM CAFÉ CONILON (*Coffea canephora Pierre ex Froehner*) COM PLANILHAS ELETRÔNICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria do Curso de Agronomia do Instituto
Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Haddad Souza Vieira

**Santa Teresa
2023**

(Biblioteca do Campus Santa Teresa)

G948m Guidoni, Felipe Arpini.

Manejo da irrigação em café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) com planilhas eletrônicas / Felipe Arpini Guidoni. - 2023.
32 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Gustavo Haddad Souza Vieira

TCC (Graduação) Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, Agronomia, 2023.

1. Irrigação - Manejo. 2. Balanço hidrológico. 3. Planilhas eletrônicas - Uso. 4. Café - Cultivo. 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

FELIPE ARPINI GUIDONI

MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM CAFÉ CONILON (*Coffea canephora Pierre ex Froehner*) COM PLANILHAS ELETRÔNICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria do Curso de Agronomia do Instituto
Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Haddad Souza Vieira

Aprovado em 08 de novembro de 2023

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Gustavo Haddad Souza Vieira

Instituto Federal do Espírito Santo

Orientador

gov.br

Documento assinado digitalmente

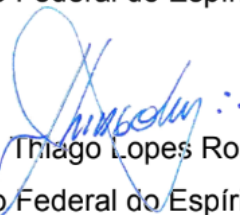
ANTONIO RESENDE FERNANDES

Data: 28/11/2023 09:43:13-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antonio Resende Fernandes

Instituto Federal do Espírito Santo



Dr. Thiago Lopes Rosado

Instituto Federal do Espírito Santo

RESUMO

O experimento foi realizado em uma propriedade rural no distrito de 25 de julho, município de Santa Teresa. Foram avaliadas duas áreas, cada uma com 1600 plantas. Em uma delas, recebeu-se manejo de irrigação com suporte de planilha eletrônica, enquanto na outra foi aplicado o manejo convencional do produtor. Realizou-se o manejo durante um ano, baseado em dados meteorológicos e do solo, coletados na propriedade avaliada, levando-se em consideração a evapotranspiração da cultura (ETc), capacidade de retenção de água no solo, pluviosidade e temperatura máxima e mínima, e ao final, foram avaliados a produtividade e a eficiência do uso da água, utilizando-se de estufa para secagem até 13,5% de umidade e uma beneficiadora a para retirada da casca, a fim de preparar o produto para a venda. Na área gerenciada, a EUA (Eficiência do Uso da Água) alcançou $0,521\text{m}^3 \text{ há}^{-1}$, com uma média de 60,39 sacas por hectare, enquanto na área não gerenciada, a EUA atingiu $0,485 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}$, com uma média de 52,35 sacas por hectare. Quanto ao consumo de água, a área gerenciada utilizou $6.954,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em contraste com a área não gerenciada, que consumiu $6.471,5 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}$, contudo, mesmo com maior consumo, a área gerenciada se provou mais eficiente em produtividade.

Palavras-chave: Evapotranspiração, Eficiência, Agricultura familiar, Balanço hídrico, Economia de água.

ABSTRACT

The experiment was conducted in a small farm, in the 25 de Julho district, Santa Teresa municipality. Two areas were assessed, each one with 1,600 plants. In one of them, irrigation scheduling with electronic spreadsheet support was implemented, while conventional management practices, designed by the farmer, was applied in the other. The management took place over one year, based on meteorological and soil data collected on the evaluated farm, considering the crop evapotranspiration (ET_c), soil water retention capacity, rainfall, and maximum and minimum temperatures. In the end of the experiment, productivity and water use efficiency were evaluated, using a drying oven to dry samples of coffee, to reach 13.5% moisture content and a huller to remove the husk, in order to prepare the product for sale. In the managed area, the WUE (Water Use Efficiency) reached 0,521m³ ha⁻¹, with an average of 60.39 bags per hectare, while in the unmanaged area, the WUE reached 0,485 m³ ha⁻¹, with an average of 52.35 bags per hectare. As for water consumption, the managed area used 6,954.5 m³ ha⁻¹, in contrast to the unmanaged area, which used 6,471.5 m³ ha⁻¹. However, even with higher water use, the managed area proved to be more efficient in terms of yield.

Keywords: Evapotranspiration, Efficiency, Family Farming, Water Balance, Water Savings.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	DESENVOLVIMENTO.....	9
2.1	OBJETIVOS	9
2.1.1	Objetivo Geral.....	9
2.1.2	Objetivos Específicos.....	9
2.2	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.2.1	Irrigação.....	10
2.2.2	Eficiência no uso da água.....	10
2.2.3	Manejo do sistema de irrigação.....	11
2.3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
3	CONCLUSÃO.....	28
4	REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o uso eficiente da água na agricultura irrigada cresce proporcionalmente com o aumento da escassez de água utilizável, agravando a competição pelo recurso, entre os diversos setores que dela dependem (SOUZA et al., 2011). O uso da irrigação vem crescendo em todo o mundo, sendo utilizada para satisfazer as necessidades das plantas e obter a sua produção ideal. Segundo relatório da ANA (2021), o Brasil totaliza 8,2 milhões de hectares equipados para irrigação, sendo 64,5% (5,3 milhões de hectares) com água de mananciais e 35,5% (2,9 milhões de ha) fertirrigados com água de reuso, e com potencial de expansão.

Segundo o Atlas irrigação (2021), no que se diz respeito ao estado do Espírito Santo, o potencial de expansão de área adicional irrigável, é de 398.000 hectares, representando 0,7% do total de área adicional do país, todavia, considerando que o estado já é altamente explorado em uso de área para agricultura, isso demonstra que mesmo com um percentual de saturação alto, ainda há espaço para crescimento.

De acordo com Marcolan e Spindula (2015), os produtores rurais instalam sistemas de irrigação em suas lavouras, visando o suprimento da sua demanda hídrica. Porém, a grande maioria das propriedades possui fatores limitantes ao seu funcionamento, podendo-se citar: a falta de um projeto técnico elaborado por profissional treinado e capacitado; a ausência de manutenção preventiva e avaliações de desempenho e uniformidade; a 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, e principalmente, a falta de assistência técnica de uma unidade de ATER(Assistência técnica e extensão rural), que poderia prover suporte em todos os itens acima.

Apesar da disponibilidade de alguns métodos para a realização do manejo de irrigação, ou de um projeto técnico de implantação da irrigação, ainda é pequena a adoção dos mesmos por agricultores, sendo a irrigação muitas vezes realizada com base na experiência prática do produtor, sem adoção de qualquer estratégia de uso e manejo racional da água (COSTA, 2006).

Para estimar a exigência hídrica pelas plantas, podem ser adotadas metodologias distintas ou a integração delas, ou seja, pela demanda atmosférica, pelo monitoramento da umidade do solo e por meio de medidas diretas do fluxo de água na planta. Essas metodologias objetivam apresentar alternativas do manejo da água nas culturas irrigadas em qualquer estágio fenológico da planta (BARRETO et al., 2004).

O manejo ineficiente realizado pela maior parte dos produtores rurais é indicado como um dos fatores que mais contribui para a escassez dos recursos hídricos. Segundo Albuquerque e Andrade (2001), entre 40 e 60% da água que é aplicada à cultura são efetivamente usados pela mesma (a maior parcela na forma de transpiração), sendo o restante é perdido no sistema, na propriedade e no campo, por meio da evaporação direta, do escoamento superficial ou da percolação.

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, ou difícil compreensão aos agricultores mais tradicionais, os quais necessitam que sejam fornecidas técnicas simples, mas com precisão suficiente e confiável para possibilitarem, no campo, a determinação criteriosa do momento e da quantidade de água a ser irrigada (LOPES et al., 2004).

É cada vez mais importante disponibilizar ferramentas que auxiliem os agricultores no manejo da irrigação. A implantação de um programa de manejo exige conscientização, abordagem integrada, tecnologia avançada e eficiência para otimizar o uso de recursos, aumentar a produtividade, diminuir custo de energia elétrica, lixiviação de nutrientes, ação de fungos em ambientes excessivamente úmidos, lucratividade e expandir a área irrigada, especialmente em regiões com escassez de água (BERNARDO et al., 2019).

A abordagem aqui se concentra no uso de planilhas simplificadas de manejo da irrigação para cafeicultores na região Centro-Serrana do Espírito Santo. No entanto, é crucial que os produtores estejam atentos às previsões climáticas, pois irrigar e receber chuva no mesmo dia pode resultar em uso excessivo e desperdício de recursos hídricos. Portanto, é recomendável que os agricultores acompanhem a previsão do tempo e usem essa informação para tomar decisões informadas. Se houver previsão

de chuva no dia em que o agricultor planeja irrigar, ele pode adiar a irrigação para o dia seguinte, levando em conta a quantidade de chuva esperada (BERNARDO et al., 2019).

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar planilhas eletrônicas simplificadas para o manejo da irrigação na cultura do café conilon em propriedades rurais de base familiar.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Utilizar planilhas eletrônicas que executem a rotina de cálculo do balanço hídrico para fins de manejo da irrigação;
- Compilar um banco de dados de temperatura e precipitação das propriedades participantes do projeto;
- Implantar um sistema de manejo de irrigação em nível de campo;
- Avaliar o desempenho do sistema quanto a suas características técnicas e operacionais;
- Comparar a produtividade das culturas com e sem o manejo da irrigação com as planilhas eletrônicas;

2.2 REVISÃO DE LITERATURA

2.2.1 IRRIGAÇÃO

A irrigação tem como seu objetivo principal fornecer a quantidade ideal de água necessária para as culturas, a fim de evitar problemas de escassez ou excesso de água, que prejudicam tanto a quantidade quanto a qualidade dos produtos agrícolas (LI et al., 2020). A utilização da irrigação é uma tecnologia crucial que está sendo adotada nas propriedades rurais (ZAVERI; LOBELL, 2019). No entanto, muitas delas ainda enfrentam baixos níveis de produtividade em suas colheitas, devido a desafios operacionais nos sistemas de irrigação em campo, que muitas vezes não são previstos durante o planejamento.

2.2.2 EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA

De acordo com Rodrigues et al. (2013), a irrigação excessiva não apenas desperdiça água, mas também prejudica a produção agrícola, causando um impacto ambiental significativo no solo e nos recursos hídricos, já que carrega consigo parte dos insumos utilizados, como fertilizantes e agrotóxicos. Os autores destacam que a utilização eficiente da água é alcançada quando se determina com precisão a quantidade e o momento adequados para a irrigação, evitando o uso excessivo ou insuficiente de água para atender às necessidades das plantas.

Para um sistema de irrigação funcionar eficazmente, é crucial dimensioná-lo corretamente, instalá-lo adequadamente e realizar a manutenção necessária para assegurar a distribuição uniforme de água em toda a área cultivada. De acordo com Vieira et al. (2004), a uniformidade na distribuição de água pelo sistema de irrigação é um dos aspectos mais importantes na gestão da irrigação. A avaliação dessa uniformidade implica na medição vazões dos gotejadores ao longo das linhas laterais (VIEIRA et al., 2003). Normalmente, os sistemas de gotejamento têm valores típicos de uniformidade de emissão variando entre 65% e 90%. No entanto, é frequente encontrar sistemas em campo com uniformidade inferior a 50% devido a problemas como dimensionamento inadequado, equipamento de qualidade inferior, falta de manutenção e, principalmente, obstruções (SOUZA et al., 2011).

2.2.3 MANEJO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O manejo adequado da irrigação exige o entendimento da transferência de água, na forma de vapor, da superfície com vegetação para a atmosfera. Essa transferência pode ser quantificada usando o conceito de evapotranspiração de referência (ET_o). Inicialmente, a ET_o foi definida como a quantidade de água evaporada e transpirada por uma extensa área de grama, com altura uniforme de 8 a 15 cm e em crescimento ativo, em um solo com ótimas condições de umidade (BERNARDO et al., 2019).

Existem vários métodos recomendados para estimar a ET_o, e esses métodos podem produzir valores diferentes, dependendo do local e da estação do ano. Além disso, a escolha do método pode ser influenciada pela disponibilidade de dados. Métodos mais simples geralmente fornecem estimativas menos precisas, enquanto métodos mais complexos podem ser difíceis de aplicar devido à necessidade de dados detalhados. De acordo com Pereira et al. (2002), os principais fatores climáticos que afetam a taxa de evapotranspiração incluem radiação líquida, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Pesquisas realizadas em várias regiões e condições climáticas indicam que o método de Penman-Monteith produz estimativas de ET_o altamente correlacionadas com os valores obtidos por meio de lisímetros (CAYA et al., 2019). Portanto, o método de Penman-Monteith é amplamente recomendado para determinar a ET_o e pode ser usado como referência para calibrar outros métodos (OLIVEIRA; CARVALHO, 1998).

A escolha de um método para estimar a evapotranspiração das culturas depende de vários fatores (PEREIRA et al., 2002). Um dos principais fatores é a disponibilidade de dados meteorológicos, já que métodos mais complexos, que exigem um grande número de variáveis, só podem ser aplicados quando esses dados estão disponíveis.

No caso de métodos empíricos, é essencial conhecer as condições climáticas para as quais foram desenvolvidos, pois esses métodos geralmente se aplicam a todas as situações. Por exemplo, métodos como Thornthwaite e Camargo são mais adequados para regiões úmidas (CUNHA et al., 2003) e podem não produzir estimativas precisas

em regiões secas, como em áreas semiáridas, onde o método de Hargreaves é mais apropriado (ALLEN et al., 1998).

A calibração da ETo estimada pelo método de Hargreaves permite que, na ausência de dados meteorológicos completos ou de qualidade duvidosa, seja possível estimar a ETo usando apenas informações de temperatura do ar e radiação solar, obtidas por meio de tabelas ou fórmulas matemáticas (SANTOS; MAIA, 2006).

Contudo, é fundamental observar que ao aplicar essas fórmulas em condições climáticas e agronômicas significativamente diferentes daquelas em que foram inicialmente desenvolvidas, podem ocorrer desigualdade nos resultados. Portanto, antes de usar essas fórmulas em novas condições climáticas, é imprescindível verificar sua precisão. A escolha da fórmula também depende das variáveis climáticas, que devem ser medidas com precisão ao longo de vários anos para representar adequadamente o clima da região. Assim, é importante que os agricultores realizem o manejo da irrigação de forma eficiente para atender a todas essas considerações.

Embora existam programas computacionais disponíveis para calcular as necessidades hídricas das culturas (ALBUQUERQUE et al., 2014; COELHO et al., 2005; LIMA, 2019; MELO et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019; LOPES et al., 2017), muitos desses aplicativos são complexos de usar. Além disso, há poucos estudos que validam a precisão desses aplicativos.

Quando se desenvolvem aplicativos, é essencial levar em consideração a experiência do usuário, assegurando que a interface seja intuitiva e eficaz. Questões relacionadas à usabilidade podem ocasionar atrasos, erros e ineficiências, culminando na perda de funcionalidade.

Experiências anteriores, como o uso de planilhas eletrônicas para o manejo de irrigação, mostraram-se práticas e eficazes, sendo bem aceitas pelos agricultores (SILVA et al., 2013). Planilhas eletrônicas também foram desenvolvidas para auxiliar na tomada de decisões de manejo de irrigação em diferentes culturas, como uvas (Nascimento et al., 2012). Essas ferramentas podem auxiliar os produtores a ajustarem a lâmina de água com base na evapotranspiração da cultura, economizando tempo e recursos hídricos ao longo do ciclo de produção.

É essencial acompanhar a previsão do tempo para ajudar os agricultores a tomar decisões sobre quando irrigar, e essa informação está amplamente disponível para áreas com acesso à internet (CAO et al., 2019). A escolha da plataforma de previsão do tempo deve considerar a precisão na previsão de chuvas (CHEN et al., 2021), o que pode resultar em uma significativa redução no consumo de água e energia nas propriedades rurais.

Em resumo, as planilhas eletrônicas são ferramentas de fácil utilização, oferecendo uma visão clara dos elementos de manejo da irrigação e permitindo ajustes para se adaptarem a diferentes sistemas de cultivo. Elas têm se mostrado práticas e eficazes para auxiliar os agricultores no manejo da irrigação e na economia de recursos hídricos.

2.3 MATERIAIS E MÉTODOS


O experimento foi realizado em uma pequena propriedade rural, do produtor Valmir Milanez, de coordenadas geográficas 19°47 '17.4 "S 40°38' 48.6"W, com uma altitude de 150 metros, localizada na comunidade do Milanezi pertencente ao distrito de 25 de Julho, município de Santa Teresa, Espírito Santo.

O manejo da irrigação foi implantado e conduzido em uma área específica de uma lavoura de café Conilon, com cinco anos de idade, com período de duração de 12 meses, iniciando em 01/08/2022 e finalizando em 01/08/2023. Dentre os clones disponíveis no talhão, 'A1', 'LB1' e 'K61', optou-se por empregar somente o clone 'LB1' que compõe o cultivar Monte Pascoal (PARTELLI et al ., 2020), O arranjo espacial das plantas são 3 x 1 metros com 3 hastes por planta. Na área total de 4.800 metros quadrados, esse arranjo culminou em um total de 1.600 plantas. O sistema de irrigação empregado foi o gotejamento, utilizando mangueiras gotejadoras. O espaçamento entre as mangueiras foi de 3 metros, enquanto a distância entre emissores em uma mesma mangueira foi de 0,3 m. A vazão média dos emissores foi de 1,79 L h⁻¹.

De forma paralela à investigação do manejo da irrigação, uma área foi escolhida como controle, composta por 1.600 plantas com a mesma idade e clones idênticos, com área estimada de 5.700 metros quadrados. Nessa área de controle, a irrigação foi conduzida sem seguir um planejamento específico, aderindo aos critérios utilizados pelo produtor antes da implementação do experimento.

As planilhas estão organizadas em sub planilhas, o que torna mais fácil a organização dos dados de entrada (Figura 1) e proporciona espaços dedicados para a realização dos cálculos necessários. Além disso, elas incluem mecanismos de proteção do código fonte, visando prevenir alterações não autorizadas. Isso é fundamental para manter a integridade dos cálculos e evitar qualquer comprometimento indesejado.

Figura 1: Planilha de entrada de dados locais, da cultura, do equipamento de irrigação e do solo.



Manejo de irrigação localizada / Hargreaves-Samani
 Planilha desenvolvida por Gustavo Haddad Souza Vieira
 Professor Titular do IFES campus Santa Teresa
 Grupo de Pesquisa em Irrigação do Ifes
 Rod. ES 080, km 91, São João de Petrópolis
 Santa Teresa - ES
 CEP 29.660-000

Permitidos a distribuição e o uso gratuito, desde que citada a fonte
ghsvieira@gmail.com
 (27) 99697-5987
 Versão v.2022.05.10 HS

Planilha para manejo de irrigação localizada
 Propriedade: Céculas amarelas = entrada manual de dados

Dados locais	Dados do equipamento	Correção da Equação de Eto																																																															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Graus</td> <td style="text-align: center;">Minutos</td> </tr> <tr> <td>Latitude 19 46</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hemisfério S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Área 4800 m²</td> <td></td> </tr> </table>	Graus	Minutos	Latitude 19 46		Hemisfério S		Área 4800 m ²		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Vazão do emissor 1,79 L/h</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Espaçamento entre emissores 0,3 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Espaçamento entre LL 3 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CUC 92 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PAM 33 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IR 2,0 mm/h</td> <td></td> </tr> </table>	Vazão do emissor 1,79 L/h		Espaçamento entre emissores 0,3 m		Espaçamento entre LL 3 m		CUC 92 %		PAM 33 %		IR 2,0 mm/h		<p>Equação de Hargreaves-Samani (1985) $E_{T_o} = 0.0023(T_{média} + 17.8)(T_{irac} - T_{mín})^{1.5} R_a$ Correção da equação (Y = A + B X)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table>	A	B	0	1																																							
Graus	Minutos																																																																
Latitude 19 46																																																																	
Hemisfério S																																																																	
Área 4800 m ²																																																																	
Vazão do emissor 1,79 L/h																																																																	
Espaçamento entre emissores 0,3 m																																																																	
Espaçamento entre LL 3 m																																																																	
CUC 92 %																																																																	
PAM 33 %																																																																	
IR 2,0 mm/h																																																																	
A	B																																																																
0	1																																																																
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Capacidade de campo 23,49 %</td> <td>CTA 50,7 mm</td> </tr> <tr> <td>Ponto de Murcha Permanente 12,92 %</td> <td>CRA 6,7 mm</td> </tr> <tr> <td>Densidade do solo 1,2 g/cm³</td> <td>ITN 7,3 mm</td> </tr> <tr> <td>Fator F 0,4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Profundidade das raízes 40 cm</td> <td></td> </tr> </table>	Capacidade de campo 23,49 %	CTA 50,7 mm	Ponto de Murcha Permanente 12,92 %	CRA 6,7 mm	Densidade do solo 1,2 g/cm ³	ITN 7,3 mm	Fator F 0,4		Profundidade das raízes 40 cm																																																								
Capacidade de campo 23,49 %	CTA 50,7 mm																																																																
Ponto de Murcha Permanente 12,92 %	CRA 6,7 mm																																																																
Densidade do solo 1,2 g/cm ³	ITN 7,3 mm																																																																
Fator F 0,4																																																																	
Profundidade das raízes 40 cm																																																																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dados da cultura</th> <th>Cultura</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th>Estádio de desenvolvimento</th> <th>Kc</th> <th>Kc valor</th> <th>Data de início</th> <th>Duração (dias)</th> <th>Kc constante?</th> <th>PAS (%)</th> <th>PAM (%)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Kc ini</td> <td>0,85</td> <td>01/08/2022</td> <td>120</td> <td>sim</td> <td>15</td> <td>33</td> <td>Espaçamento entre plantas 1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>29/09/2022</td> <td>60</td> <td>não</td> <td>35</td> <td>33</td> <td>Espaçamento entre fileiras 3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Kc mid</td> <td>0,95</td> <td>28/11/2022</td> <td>60</td> <td>sim</td> <td>45</td> <td>33</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Kc final</td> <td>0,7</td> <td>27/01/2023</td> <td>90</td> <td>não</td> <td>55</td> <td>33</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Duração do Ciclo</td> <td>330</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Dias</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>			Dados da cultura		Cultura							Estádio de desenvolvimento	Kc	Kc valor	Data de início	Duração (dias)	Kc constante?	PAS (%)	PAM (%)		1	Kc ini	0,85	01/08/2022	120	sim	15	33	Espaçamento entre plantas 1	2			29/09/2022	60	não	35	33	Espaçamento entre fileiras 3	3	Kc mid	0,95	28/11/2022	60	sim	45	33		4	Kc final	0,7	27/01/2023	90	não	55	33		Duração do Ciclo				330	Dias			
Dados da cultura		Cultura																																																															
Estádio de desenvolvimento	Kc	Kc valor	Data de início	Duração (dias)	Kc constante?	PAS (%)	PAM (%)																																																										
1	Kc ini	0,85	01/08/2022	120	sim	15	33	Espaçamento entre plantas 1																																																									
2			29/09/2022	60	não	35	33	Espaçamento entre fileiras 3																																																									
3	Kc mid	0,95	28/11/2022	60	sim	45	33																																																										
4	Kc final	0,7	27/01/2023	90	não	55	33																																																										
Duração do Ciclo				330	Dias																																																												

Fonte: O Autor (2023)

Essa divisão permite que sejam utilizadas duas planilhas diferentes, uma para dados técnicos (Figura 1), que somente é acessível para profissionais capacitados, que fazem a inserção das principais informações necessárias aos cálculos, e a outra planilha para dados diários (Figura 2), que se limita à inserção da data, de dados meteorológicos (temperatura e chuva), do tempo irrigado e da umidade do solo medida.

Foram cadastrados na planilha, as características físico-hídricas do solo (capacidade de campo e ponto de murcha permanente e densidade do solo) e fenológicas da cultura (coeficiente cultural - KC, coeficiente de umidade do solo - KS, coeficiente de localização da irrigação - KL - fator de disponibilidade hídrica - f, profundidade radicular – Z e espaçamento entre plantas e entre fileiras), porcentagem de área molhada – PAM e porcentagem de área sombreada – PAS, assim como as do equipamento de irrigação (espaçamento entre emissores, eficiência e vazão).

Os dados necessários foram obtidos em visitas e avaliações realizadas na propriedade, com medições nas culturas e nos equipamentos de irrigação.

Para o manejo do sistema, foi necessário estudar as características do solo e determinar a capacidade de Campo (Cc) e Ponto de Murcho Permanente (Pm). Os

valores de capacidade de campo foram determinados em nível de campo, seguindo a metodologia proposta por Bernardo et al. (2019) e os valores de ponto de murcha foram obtidos por meio de análises pelo método da Câmara de Richards (Bernardo et al., 2019), cujas amostras deformadas foram coletadas em campo, com auxílio de um trado holandês, e enviadas ao laboratório.

Para determinação da densidade do solo (D_s), foi utilizado o método do anel volumétrico, onde foram retiradas três amostras de 0-20 cm de profundidade, e essas foram levadas para estufa de secagem a 105°C por 24 horas. Após as 24 horas as amostras foram pesadas e a D_s foi 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), foi aplicada a Equação 2.

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

Em que,

CTA = 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:

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

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) que está descrito na Tabela 1, como um parâmetro que limita a parte da água disponível do solo que a planta pode utilizar, sem causar maiores prejuízos à produtividade. Ele também é o fator de segurança que tem sua proporção definida segundo o valor econômico e a sensibilidade da cultura ao déficit hídrico.

Tabela 1. Fator de disponibilidade de água no solo (f) em função do grupo de culturas e evapotranspiração de referência (ET_o).

Grupo de cultura	ET _o (mm dia ⁻¹)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,50	0,42	0,35	0,30	0,25	0,22	0,20	0,20	0,18
2	0,68	0,58	0,48	0,40	0,35	0,33	0,28	0,25	0,22
3	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,30
4	0,88	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,42	0,40

Fonte: ALENCAR et al. (2009)

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, $IRN \leq CRA$.

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

Em que,

IRN = irrigação real necessária, (mm); e

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

A evapotranspiração de referência (ET_0) é calculada utilizando-se o modelo de Hargreaves e Samani (ALLEN et al., 1998), que é apresentado na equação 5.

$$ET_0 = 0,0023 Ra (T_{\text{máx}} - T_{\text{min}})^{0,5} (T_{\text{med}} + 17,8) \quad (5)$$

Em que,

ET_0 = Evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

Ra = Radiação no topo da atmosfera, (mm dia^{-1});

$T_{\text{máx}}$ = temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$);

T_{min} = temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$); e

T_{med} = temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$).

A evapotranspiração da cultura foi determinada pelo modelo GESAI (MANTOVANI et al., 2009), com a equação 6.

$$ET_c = ET_0 K_c K_s K_L$$

(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 foram obtidos a partir de Tabelas (Allen et al., 1998) e foi criado um mecanismo de mudança automática dos valores em função da duração de cada fase do ciclo da cultura. O coeficiente de umidade do solo foi calculado 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 molhamento da irrigação localizada, que não se molha a toda a área, se faz necessária uma correção que reduza 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 foi 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 , foi utilizada a Equação 9.

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

Em que,

PAM = porcentagem de área molhada, (%);
 AM_e = 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 foi 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) foi 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, (%).

Amostras de solo foram retiradas, com trado do tipo holandês, para determinação de sua umidade, pelo método padrão de estufa (MANTOVANI et al., 2009), utilizando-se cápsulas de alumínio, balança semi-analítica com precisão de 0,1 g e estufa, quinzenalmente. Os valores foram inseridos na planilha para fins de comparação com os valores calculados, para aferição dos cálculos executados e calibração do método.

Em outra sub planilha foi apresentado um 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, foi visualizada a dinâmica do balanço de água no solo, tomando a decisão de se irrigar ou não a lavoura.

Os dados de temperatura e chuva, necessários aos cálculos do balanço hídrico, foram obtidos em termômetro de máxima e mínima e pluviômetro instalados na propriedade participante. O agricultor foi responsável por anotar os dados diariamente, em planilhas elaboradas para esta finalidade. Os dados coletados foram armazenados para compor um banco de dados climáticos da propriedade e servirão para estimativas e experimentos futuros.

A colheita foi realizada no dia 31 de Maio, de forma manual, com auxílio de uma peneira, foram isoladas e houve coleta de amostras dos materiais completos, amostras

essas que foram pesadas em balança de precisão analítica e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada, à temperatura de 65 °C, por 5 dias, ponto no qual, atingiram 13,5% de umidade, e por fim, foram beneficiadas ao nível comercial e pesadas novamente.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

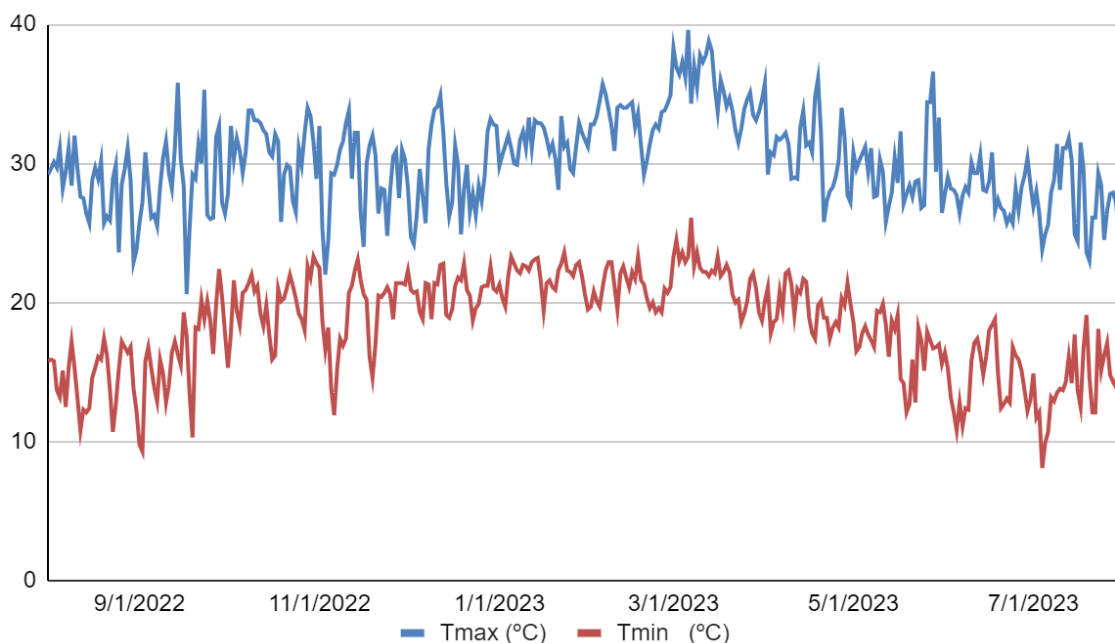
Aplicou-se para as variáveis estudadas, o teste “F”, e observou-se que as variâncias não se diferem ao nível de 5% de probabilidade, e pelo teste “t”, assim, verifica-se que não há diferença significativa entre as variáveis avaliadas ao nível de 5% de probabilidade.

Assim, como não houve diferença significativa entre as médias de produtividade pelo teste t de Student, também não houve para as variâncias conforme o teste F, para o nível de significância avaliado. Dessa forma, o tipo de manejo da irrigação adotado (pela planilha ou pelo produtor rural) não interferiu na produtividade das plantas de café conilon.

Contudo, ao se elevar ao nível de 13,5% de probabilidade apresenta-se diferença entre as variâncias pelo teste “F” e diferença significativa entre as variáveis avaliadas pelo teste “t”

Figura 2 – Temperaturas de máxima e mínima obtidas no período estudado.

Dados Meteorológicos/Tmax (°C) e Tmin (°C)

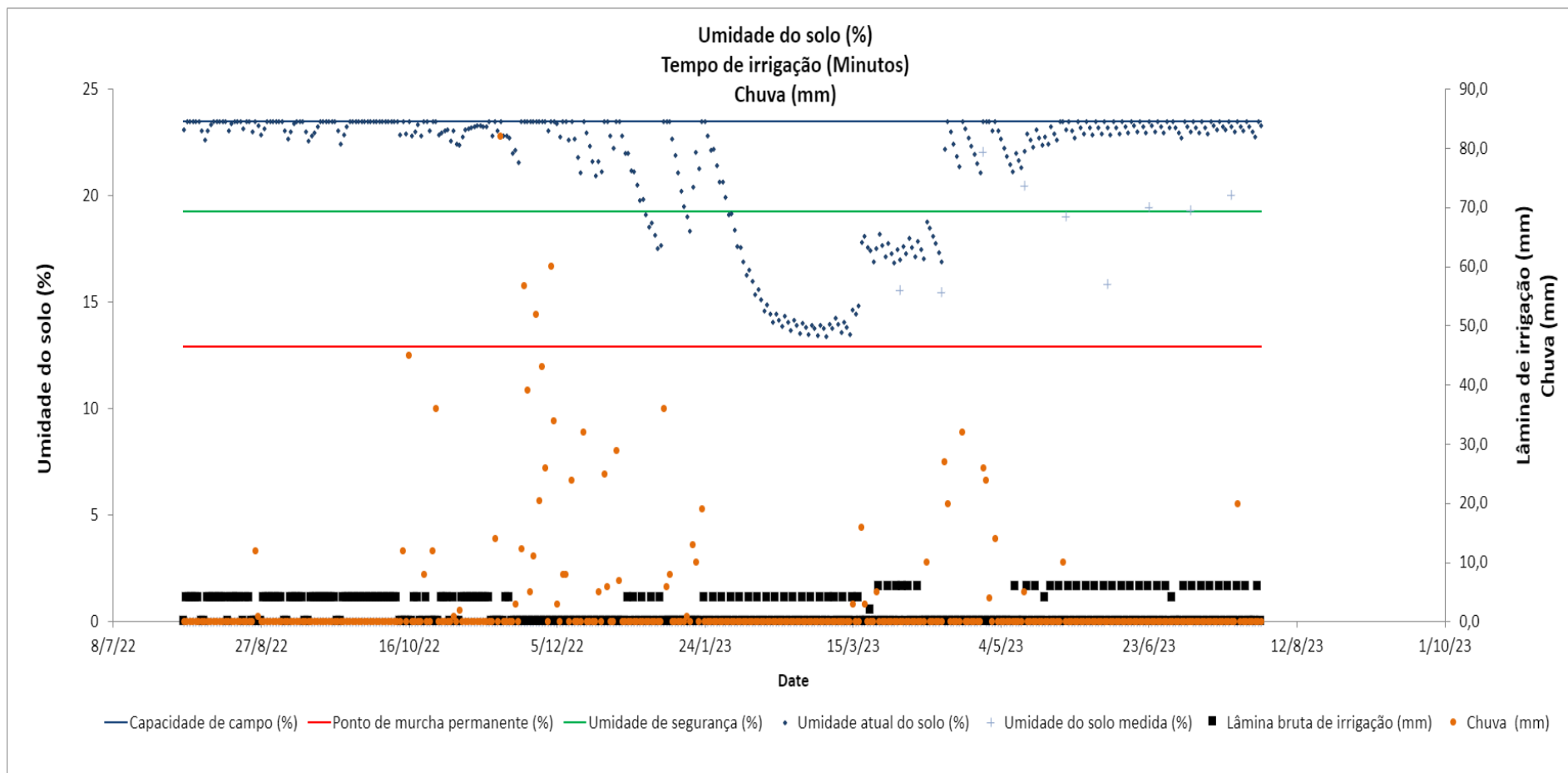


Fonte: O Autor (2023)

A máxima atingida foi de 39,6 °C e a mínima de 8,1 °C, enquanto as médias foram de 30,17°C e 18,4°C. Os dados implicam que a variação média de temperatura foi de 11,77 °C. A variação de temperatura implica diretamente no consumo de água da lavoura, e observa-se uniformidade na variação de temperatura durante o período de avaliação.

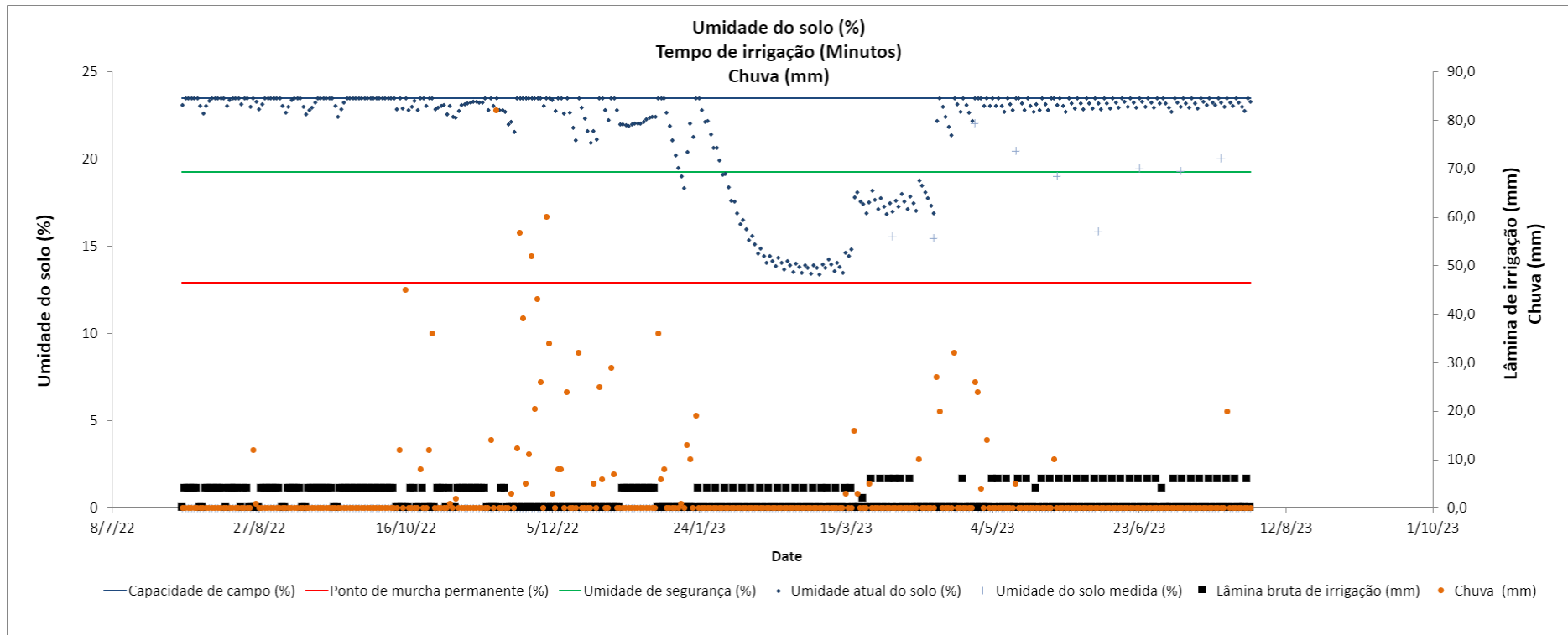
Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os dados referentes aos limites de armazenamento do solo, que incluem a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Além disso, são apresentados os valores de umidade de segurança, a umidade atual do solo calculada, a umidade atual do solo medida, as lâminas brutas de irrigação e os registros de precipitação pluvial. Com essas informações, é possível visualizar a evolução do balanço hídrico no solo.

Figura 3. Umidade do solo (%), tempo de irrigação (min) com manejo de irrigação, de irrigação com planilhas eletrônicas.



Fonte: O Autor 2023

Figura 4. Umidade do solo (%) tempo de irrigação(min) sem manejo de irrigação com planilhas eletrônicas.



Fonte: O Autor (2023)

A umidade calculada, se baseia nos dados do solo e na quantidade de água aplicada. Os dados de umidade foram determinados com amostras coletadas em campo, a partir de março de 2023. Conforme observado na figura 3, apesar de acompanhar ligeiramente a umidade calculada, a umidade medida, se situa na maioria das ocasiões, abaixo da umidade calculada, demonstrando que o cálculo, superestimou a umidade do solo na maioria dos casos. A umidade do solo se manteve acima do ponto de murcha permanente, durante a maior parte do experimento. Contudo, durante um período de tempo de 74 dias, permaneceu abaixo da umidade de segurança por danos ao equipamento, e mesmo havendo irrigação neste período, não foram o suficiente para elevar a umidade do solo, que fugiram do controle do produtor rural. Além disso, frequentemente essa umidade se situa próxima à capacidade de campo. A figura 3 evidencia um padrão de chuvas recorrentes ao longo do período em análise. Muitas dessas precipitações ocorreram quando a umidade do solo já estava em níveis satisfatórios, o que resultou em situações de excesso hídrico, e como consequência, perda de água.

A Tabela 2 apresenta uma comparação entre a média de produção da área em relação ao volume de água empregado na irrigação. Ao calcular a relação entre a produção e o volume de água, obtém-se o indicador EUA (Eficiência do Uso de Água). Na área gerenciada, a EUA alcançou 0,521 kg m³, com uma média de 60,39 sacas por hectare, enquanto na área não gerenciada, o EUA atingiu 0,485 kg m³, com uma média de 52,35 sacas por hectare.

Tabela 2. Produtividade, volume de água utilizado e eficiência de uso de água para os tratamentos com e sem o manejo da irrigação.

Produtividade e Uso de água		
	Com manejo	Sem manejo
Produtividade média (kg ha-1)	3623,5	3141
Vol. de água (m ³ ha-1)	6954,5	6471,5
EUA (kg m ⁻³)	0,521	0,485

Fonte: O Autor (2023)

Quanto ao consumo de água, a área gerenciada utilizou $6.954,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em contraste com a área não gerenciada, que consumiu $6.471,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, contudo, apesar, de ter gastado mais água, a área manejada teve uso mais eficiente de água para produção. Em comparação com DARDENGO M. C. J. D., (2012), que obteve média de EUA $0,113 \text{ m}^3 \text{ kg}$, ao avaliar café conilon irrigado em Alegre – ES. Comparando ao uso da planilha, se demonstrou menos eficiente no uso da água, e comprovando que o uso da planilha eletrônica é uma alternativa viável para o manejo de sistemas de irrigação.

3 CONCLUSÃO

Foi possível implantar um sistema de manejo de irrigação em nível de campo, utilizando planilhas eletrônicas que executaram uma rotina de cálculo do balanço hídrico da cultura.

O uso de planilha eletrônica simplificada se comprovou eficiente para o manejo da cultura do café conilon, contudo a área com manejo não apresentou diferença estatística em relação à produtividade da área sem manejo, entretanto, foi possível compor um banco de dados com temperatura e precipitação da área estudada.

Ao avaliar o desempenho do sistema quanto a suas características técnicas e operacionais, com o produtor rural, destacou-se fácil adaptabilidade, praticidade e assertividade como pontos positivos do sistema de planilhas.

4 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: 10 de outubro de 2023.

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.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C.; COELHO, E. A.; FARIA, C. M. de. **Aplicativo computacional "Irrigafácil" versão 2.1 implementado via web para o manejo de irrigação de algumas culturas anuais no Brasil**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2014. 4 p. (comunicado técnico 208). Disponível em: <<https://200.202.168.136/busca-de-publicacoes/-publicacao/1012134/aplicativo-computacional-irrigafacil-versao-21-implementado-via-web-para-omanejo-de-irrigacao-de-algumas-culturas-anuais-no-brasil>>. Acesso em: 06 de setembro de 2023.

ALENCAR C.A.B., CUNHA F.F., MARTINS C.E., CÔSER A.C., ROCHA W.S.D. & ARAÚJO R.A.S. (2009). **Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo**. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38, 98-108.

ALLEN, R. G; PEREIRA, L. S; RAES, D; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/modules.php>> Acesso em: 06 de setembro de 2023.

BARRETO, A.N.; FACIOLI, G.G.; SILVA, A.A. **Operação e o manejo 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.

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.

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.

CAO, J., TAN, J., CUI, Y., LUO, Y. **Irrigation scheduling of paddy rice using short-term weather forecast** data. *Agricultural water management*, v. 213, p. 714-723, 2019.

CHEN, M., CUI, Y., WANG, X., XIE, H., LIU, F., LUO, T., ZHENG, S., LUO, Y. **A reinforcement learning approach to irrigation decision-making for rice using weather forecasts**. *Agricultural Water Management*, v. 250, p. 106838, 2021.

COELHO, E. F. COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água**. *Bahia Agrícola*, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

COSTA, M. B. **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.

CUNHA, T. C.; RABELO, J. L. R.; WENDLAND, E. Moni=toramento de lisímetro volumétrico para validação de estimativas de evapotranspiração. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, 2003, Curitiba-PR. Anais... Porto Alegre: ABRH, 2003.

DARDENGO M. C. J. D., **Crescimento, produtividade e consumo de água em cafeeiro conilon sob manejo irrigado e de sequeiro**. 2012.110 f. Tese (Doutorado em produção vegetal). Centro de ciências e tecnologias agropecuárias, Universidade estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2012.

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.

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

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, R. A. de S. Aplicativo para o manejo de irrigação e indicadores de déficit hídrico em videira. 2019. 74 f. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ.

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.

LOPES, M. P.; SOARES, L. T. M.; ALMEIDA, A. O. Desenvolvimento de aplicativo móvel para gestão e controle de sistemas de irrigação. In: **Anais...** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2017, Hangar Convenções e Feiras da Amazônia - Belém – PA. p. 1-5, 2017.

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.

MELO, D. P.; VIEIRA, G. H. S.; MIRANDA, L. Q.; REDIGHIERI, T. Aplicativo web para cálculo de balanço hídrico no manejo da irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 2, p. 1302 - 1309, 2017.

NASCIMENTO, P. S. BASSOI, L. H.; PAZ, V. P. S. Planilha eletrônica para auxílio à tomada de decisão em manejo de irrigação. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 1-15, 2012.

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, R. M.; REIS, R. A.; SILVA, R. P.; OLIVEIRA, G. O. N.; REIS, I. M. C. PROMAI - Programa para Manejo da Irrigação. In: **Anais...** X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Vitória – ES. p. 1-6. 2019.

PARTELLI, Fábio Luiz et al . Monte Pascoal: Primeira Cultivar para Bahia. Em:PARTELLI, Fábio Luiz et al (org.).**CAFÉ CONILON: Desafios e Oportunidades**. Alegre, 2020. p. 15-22.

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

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P. A.; NAZÁRIO, A. A.; AZECEDO, J. M. G; REIS, E. F. Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 323-334, 2013.

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, M. G. da; ARRAES, F. D. D.; LEDO, E. R. F.; NOGUEIRA, D. H. Desenvolvimento de planilha eletrônica para o manejo da irrigação. **Engenharia na agricultura**, v. 21, n. 2, p. 187-196, 2013.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. DE S.; CARMO, F. F.; LÊDO, E. R. F.; SILVA FILHO, J. A. Estimativa da evapotranspiração de referência pela equação de Hargreaves-Samani no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 2, p. 132-141, 2015.

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.

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 Denículli**. 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.

ZAVERI, E.; B LOBELL, D. The role of irrigation in changing wheat yields and heat sensitivity in India. **Nature communications**, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2019.