

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**André Luis Teles dos Santos**

**PRODUTIVIDADE DE MORANGO EM AMBIENTE PROTEGIDO SOB  
DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO**

Cachoeira do Sul, RS  
2019

**André Luis Teles dos Santos**

**PRODUTIVIDADE DE MORANGO EM AMBIENTE PROTEGIDO SOB  
DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em **Engenharia Agrícola**

Orientador: Prof Dr. Ezequiel Saretta

Cachoeira do Sul, RS  
2019

**André Luis Teles dos Santos**

**Produtividade de morango em ambiente protegido sob diferentes estratégias de irrigação**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em **Engenharia Agrícola**

**Aprovado em 4 de Dezembro de 2019:**

---

**Ezequiel Saretta, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Zanandra Boff de Oliveira, Dra. (UFSM)**

---

**Christiano de Carvalho Lamb, MSc. (EET Nossa Senhora da Conceição)**

Cachoeira do Sul, RS  
2019

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, por tudo que tem me proporcionado, mantido-me sempre com muita fé para que nunca desistisse de chegar até aqui.*

*Aos meus pais, Marlene e João Plínio, pelo amor, carinho e dedicação durante todos os dias de minha vida. Vocês sempre foram e serão “meu esteio”.*

*Aos meus irmãos, Edison e Edú, por terem sempre me apoiado nessa jornada.*

*Ao curso de Engenharia Agrícola da UFSM – Campus Cachoeira do Sul, por ter me proporcionado grandes conhecimentos.*

*A todos os meus professores da graduação que contribuíram para o meu conhecimento.*

*Aos meus colegas de pesquisa e amigos que sempre estiveram comigo.*

*Ao Sr. Gustavo Porto, por disponibilizar o local para condução do experimento em sua propriedade.*

*Ao professor Dr. Ezequiel Saretta, por todo apoio e dedicação na orientação deste trabalho.*

*Muito Obrigado!*

*“[...] Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá [...]”.*

*(Ayrton Senna)*

## RESUMO

### PRODUTIVIDADE DE MORANGO EM AMBIENTE PROTEGIDO COM FRACIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO

AUTOR: ANDRÉ LUIS TELES DOS SANTOS  
ORIENTADOR: EZEQUIEL SARETTA

O morangueiro é uma cultura sensível ao déficit hídrico do solo. A irrigação é, portanto, uma prática cultural indispensável para que se alcance elevada produtividade e qualidade dos frutos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do controle automático da irrigação em relação ao controle manual sobre a produtividade de morango em ambiente protegido. O estudo foi conduzido em propriedade rural no município de Cachoeira do Sul – RS, no período de junho a novembro de 2019. A cultivar analisada foi a Camino Real, caracterizada por possuir dias de ciclo curto, produção de frutos de cor vermelha intensa, e com tamanho relativamente superior as demais cultivares. A irrigação foi realizada pelo sistema de gotejamento, comandado por válvulas hidráulicas, acionadas com o auxílio de válvulas solenoides e um controlador, que tomava decisões com base na temperatura média diária do ar. Foram utilizados três tratamentos para a comparação da produtividade do morango: controle convencional utilizado pelo agricultor, controle automático com 100 % e 125 % da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). Os parâmetros avaliados foram: produtividade dos frutos, número de frutos e tamanho dos frutos por planta. Pela análise estatística, houve efeito da irrigação com 125% da ET<sub>c</sub> para diâmetro dos frutos, peso total da produção e peso médio dos frutos. Também, houve efeito das épocas de colheita, observando-se um pico de produção cerca de vinte dias após o início da colheita. A utilização do controlador se mostrou adequada, com autonomia no gerenciamento dos eventos, permitindo utilizar mão de obra em outras atividades na propriedade.

**Palavras-chave:** Déficit hídrico. Controle automático. Produtividade.

## **ABSTRACT**

### **STRAWBERRY YIELD UNDER FRACTIONED IRRIGATION IN A PROTECTED ENVIRONMENT**

**AUTHOR: ANDRÉ LUIS TELES DOS SANTOS**

**ADVISOR: EZEQUIEL SARETTA**

Strawberry is a crop sensitive to soil water deficit. Irrigation is therefore an important technique to achieve high yields and fruit quality. The objective of this work was to evaluate the effect of automatic irrigation control over a manual control on strawberry yield in a protected environment. The study was undertaken in a rural property in Cachoeira do Sul - RS, Brazil, from June to November, 2019. The analyzed cultivar was Camino Real, which is characterized by having short cycle days, fruits of intense red color, and a relative bigger size in comparison with other cultivars. Irrigation was performed by the drip system, commanded by hydraulic valves, actuated via solenoid valves and a controller, which made decisions according to the mean daily air temperature. Three treatments were used to compare strawberry yield: conventional control used by the farmer, automatic control with 100% and 125% of crop evapotranspiration (ETc). The evaluated parameters were: Fruit productivity, number of fruits and fruit size per plant. Statistical analysis showed significant effect of 125% ETc irrigation on fruit diameter, total weight and average fruit weight. Also, there was an effect of the harvest seasons, with a peak of production about twenty days after the beginning of harvesting. The use of a controller seemed to be adequate, with autonomous management of events, allowing using man power to other activities on the farm.

**Palavras-chave:** Water deficit. Automatic control. Yield.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	13
Figura 2 – Teste de uniformidade de distribuição de água (CUD).....	17
Figura 3 – Frutos colhidos do experimento em uma das avaliações de um tratamento.....	17
Figura 4 – Área útil da unidade experimental.....	19
Figura 5 – Temperatura média diária, ao longo do período do experimento.....	21
Figura 6 – Evapotranspiração localizada diária, ao longo do período do experimento.....	22
Figura 7 – Peso médio dos Frutos do morangueiro, em função de três lâminas de irrigação...	25
Figura 8 – Produção por planta do morangueiro, em função de três lâminas de irrigação.....	25
Figura 9 – Média de frutos do morangueiro por planta, em função de três lâminas de irrigação ao longo do tempo.....	26
Figura 10 – Tamanho dos Frutos do morangueiro ao longo das datas de colheita.....	26

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Médias das variáveis analisadas.....	23
-------------------------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVO.....	12
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	13
2.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	14
2.3 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	17
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
3.1 IRRIGAÇÃO.....	20
3.2 ANÁLISES DA PRODUÇÃO.....	22
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é uma cultura de expressão econômica para produtores brasileiros, tendo destaque nos estados de Minas Gerais (1.200 ha), São Paulo (980 ha), Rio Grande do Sul (800 ha), Paraná (270 ha), Espírito Santo (150 ha), Distrito Federal (100 ha) e Santa Catarina (100 ha) (EMBRAPA, 2013). Nesses estados o cultivo se concentra em pequenas propriedades rurais e de âmbito familiar (ANTUNES et al., 2013). No Rio Grande do Sul, um dos produtores tradicionais, o cultivo também segue esse aspecto, demandando intensa mão de obra, por ser uma cultura que exige um manejo cuidadoso, devido à perecibilidade e a crescente demanda de boas práticas envolvendo a segurança alimentar (SPECHT e BLUME, 2010). O avanço da pesquisa e o emprego de alta tecnologia no cultivo do morangueiro tem permitido produtividades de até 80 t ha<sup>-1</sup> em condições edafoclimáticas propícias.

O morangueiro é uma cultura sensível ao déficit hídrico do solo. Assim, a irrigação é uma técnica indispensável de produção para que se alcance produtividades em torno do máximo potencial da cultura, com adequada qualidade dos frutos (SANTOS, MEDEIROS, WREGE et al., 2005). Deve-se considerar que, além de se buscar produzir com menores custos, a produção deve ser conduzida dentro de um contexto de manejo racional da irrigação, visto que é a atividade que mais demanda água no mundo, utilizando aproximadamente 68% de toda a água potável (ANA, 2017).

Na busca por maiores rendimento das culturas e uma maior eficiência no uso da água é cada vez mais necessário o uso de novas técnicas para se alcançar um incremento na produtividade. Dentre as técnicas que veem se destacando é o gotejamento fracionado, ou irrigação por pulsos, conforme Eid et al. (2013). Esta técnica reflete em maiores economias no uso da água, assim como no aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos e entre outros.

O gotejamento fracionado compreende no fornecimento da lâmina de irrigação em períodos espaçados de aplicação, ao invés do fornecimento total da lâmina, e com isto a irrigação se repete em ciclos, junto de um tempo de repouso, até que se aplique a lâmina necessária. Esse método vem sendo estudado em algumas culturas, em diferentes regiões do mundo, tais como na soja e batata no Egito (EID, 2013; ABDELRAOUF et al., 2012) e no tomateiro na Arábia Saudita (ELNESR et al., 2015). De forma talvez equivocada, tem-se utilizado o termo denominado como irrigação por pulsos, pela semelhança física. Entretanto,

dado o maior período de repouso, torna-se mais adequado denominar irrigação fracionada. Há trabalhos que buscam fracionar a lâmina requerida entre 2 a 12 partes ao longo da aplicação (EID et al.,2013; ABDELRAOUF et al.,2012).

Na região sul do Brasil mais especificamente na região central do estado, estudos sobre a produção do morangueiro irrigado por gotejamento ainda são escassos, o que dificulta o conhecimento quanto ao aspecto do manejo adequado da irrigação, ou seja, o momento correto de irrigar e a quantidade de água a ser disponível para a planta. Segundo Guerra (2011), dentre as dificuldades que os produtores de morango tem encontrado, destaca-se a falta de informações específicas sobre qual o momento adequado de iniciar a irrigação e quanto de água aplicar nesta cultura.

Na maioria das vezes, a irrigação é realizada com base no senso prático e experiência do irrigante, com dúvidas na tomada de decisão em relação a planta, o que geralmente conduz a um excesso de aplicação de água. Esse manejo, se inadequado, tende resultar em aumento dos custos de produção, considerando custos de energia, água e nutrientes via fertirrigação, sem necessariamente aumentar a produtividade e/ou qualidade dos frutos (falta ou excesso de água).

É importante salientar que o manejo da irrigação realizado com base em aspectos visuais do comportamento da planta é um tanto comprometedor. O manejo via planta (FRIZZONE et al., 2012) não exatamente reflete o momento de irrigar, pois efeitos de murcha temporária da planta podem estar relacionados a comportamento fisiológico do vegetal frente a uma elevada demanda de evapotranspiração pelo ambiente. Normalmente, nesses momentos o agricultor realiza irrigação por relacionar a murcha temporária a estresse hídrico, o que nem sempre ocorre.

O que se tem percebido é a inexistência de qualquer medição em nível de propriedade rural. Deveria haver algum mínimo monitoramento de variáveis ambientais para embasar a tomada de decisão, associada a um método de manejo da irrigação. Com isso, há espaço para pesquisa que associe alguma variável com a produção e com o controle automático da irrigação, liberando mão de obra para outras atividades, e talvez, proporcionando produtividades superiores aquelas onde há somente controle manual da irrigação.

## 1.1 OBJETIVO

O presente estudo objetivou avaliar o efeito do controle automático da irrigação em relação ao controle manual sobre a produtividade de morango em ambiente protegido, em nível de propriedade rural em Cachoeira do Sul – RS.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em propriedade rural no município de Cachoeira do Sul – RS, com coordenadas aproximadas de 66°79'36" S e 31°84'50" W, na região central do estado do Rio Grande do Sul, com vista aproximada apresentada na Figura 1. O clima da região é classificado de acordo com Köppen como subtropical úmido (Cfa), predominante na região Sul (ALVARES et al., 2013). A precipitação média anual da região é de aproximadamente 1500 mm.

O experimento foi conduzido em uma estrutura de cultivo protegido, no modelo abrigo em arco com estrutura de madeira, com 12 m de largura e 50 m de comprimento, coberta com filme transparente de plástico com espessura de 150 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ). O abrigo ficou orientado na direção norte-sul. A altura máxima no centro do abrigo foi de 7 m, com altura média de pé-direito de 4 m. Nas laterais havia fechamento plástico somente até a altura de 0,70 m para evitar entrada de água de escoamento superficial.

No abrigo estavam formados canteiros no próprio solo, na direção do comprimento, com dimensões de cerca de 48 m de comprimento, 0,8 m de largura e 0,70 m de altura, o que resulta numa área de 38 m<sup>2</sup>. Entre canteiros o espaçamento médio era de 0,5 m, utilizado como área de circulação. Os canteiros foram cobertos com “mulching” (lona preta), prática cultural comum com objetivo de proteger os frutos do contato direto com o solo, reduzir a evaporação de água, manter a umidade do solo, e diminuir a incidência de plantas daninhas as quais competem por água, luz e nutrientes.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Google Earth.

O preparo inicial dos canteiros foi realizado manualmente, com correção da acidez do solo por adição de calcário e adubação de reposição, a partir de análise de solo. O agricultor ficou responsável por conduzir essa etapa inicial. Toda a quantidade de corretivos e fertilizantes durante todo o ciclo da cultura foi calculada com base nas recomendações para o estado do Rio Grande do Sul.

Após o preparo inicial dos canteiros foram transplantadas as mudas de morangueiro da cultivar Camino Real, a qual apresenta ciclo de dias curtos, frutos grandes, firmes, com epiderme e polpa vermelho-escuro, recomendada para mercado *in natura* e industrialização (ANTUNES, 2019). Foram plantadas três fileiras de plantas por canteiro, no espaçamento 0,30 m entre plantas e 0,30 m entre fileiras. As mudas da cultivar foram adquiridas de um viveirista local. O transplântio das mudas foi realizado na metade do mês de junho de 2019.

## 2.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A irrigação foi realizada pelo sistema de gotejamento, utilizando tubos com emissores tipo pastilha da fabricante Petroisa com espaçamento entre gotejadores de 30 cm e vazão média de 1,4 l/h, com diâmetro interno da linha lateral de 16 mm. Cada linha de cultivo foi atendida com uma linha lateral de gotejamento, instalada sob o “mulching”.

Foram utilizados três tratamentos (formas de controle da irrigação) para a comparação da produtividade do morango: Controle manual utilizado pelo agricultor, Controle automático com 100% da evapotranspiração da cultura (ETc) e 125% da ETc. Os tratamentos foram definidos em acordo com o produtor, que não aceitou que seja irrigado com déficit por receio em comprometer a cultura. Assim de maneira nenhuma seria possível comparar com um tratamento controle sem irrigação. No início, até aproximadamente um mês após o transplântio, todos os tratamentos receberam diariamente a mesma quantidade de água, visando manter a umidade do solo próximo a capacidade de campo, para que não se comprometesse o estabelecimento das plantas.

O manejo da irrigação, portanto, foi realizado via clima, determinando-se as lâminas de irrigação com base na ETc. Sendo essa o produto da evapotranspiração de referência (ETo) e do coeficiente de cultura (Kc) (ALLEN et al., 1998), utilizou-se o método simplificado proposto por Camargo (1971) para as estimativas de ETo, por meio da Eq. 1. Assim, deve haver monitoramento da temperatura média do dia, além de se dispor/calcular a irradiância solar extraterrestre no topo da atmosfera (Eq. 2). Maiores detalhes acerca do método e das

variáveis de entrada para as equações podem ser encontrados em Pereira, Angelocci e Sentelhas et al.(2002).

$$ET_o = 0,01 Q_o T \quad \text{Eq. 1}$$

$$Q_o = 15,35 (d/D)^2 [(\pi/180) h_n \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin h_n] \quad \text{Eq. 2}$$

em que,

$ET_o$  – evapotranspiração de referência, mm/d

$Q_o$  – irradiância solar extraterrestre no topo da atmosfera convertida para equivalente de água evaporada pela energia disponível, mm/d

$T$  – temperatura média do ar diária, °C

$d/D$  – correção da distância média Terra-Sol, (-)

$h_n$  – ângulo horário no nascer do sol para o dia juliano, °

$\phi$  – latitude do local, °

$\delta$  – declinação solar para o respectivo dia juliano de interesse, °.

A temperatura média do ar foi calculada por meio de dados medidos por um sensor do tipo NTC com resistência de 10 k $\Omega$ , e os dados adquiridos com controlador da irrigação. As medidas de temperatura eram efetuadas com intervalo de 1 min, calculando-se a temperatura média às 0 h de cada dia. O controlador estava programado com as equações para determinação da  $ET_c$ , obtida após o cálculo da temperatura média. Portanto a irrigação repunha a lâmina evapotranspirada no dia anterior.

Por se tratar de irrigação localizada foi necessário a utilização de um coeficiente de ajuste  $K_l$ , conforme Frizzone et al.(2012), apresentado na Eq. 3. Portanto, a lâmina de irrigação resposta pelo controlador era calculada pela Eq. 4, na qual se considerou um fator 0,8 que corresponde a fração da evapotranspiração que ocorre no ambiente protegido em relação ao ar livre (PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS, 2002).

$$K_l = F_c + \frac{1}{2}(1 - F_c) \quad \text{Eq. 3}$$

$$ET_l = 0,8 ET_o K_c K_l \quad \text{Eq. 4}$$

em que,

$K_l$  – Coeficiente de irrigação localizada, (-)

$K_c$  – Coeficiente da cultura

$F_c$  – Fração da área disponível do solo ocupada pela planta, (-)

$ET_l$  – Evapotranspiração localizada para ambiente protegido.

A irrigação foi fracionada em cinco frações diárias de reposição de ETI, com a primeira sendo aplicada às 8 h, com intervalos de 1 h. Essa prática se justifica por que o agricultor “enxerga” a planta como em “estresse”, sendo assim a irrigação tende a se aproximar com o que o agricultor realiza. Para os meses de verão, esse fracionamento seria aumentado para abranger praticamente todas as horas de luz do dia.

O tempo de irrigação para o tratamento 100% ETI foi então calculado pela relação entre volume requerido e a vazão do gotejador, considerando a área da planta. Para o tratamento 125% ETL multiplicou-se o tempo do tratamento 100% ETL por 1,25. Adicionou-se um tempo de 2 min ao tempo de irrigação, para pressurização do sistema, em cada evento, em todos os tratamentos automáticos.

Os canteiros com mesmo tratamento foram reunidos em uma única linha de derivação, atendida por uma válvula hidráulica, que eram acionadas por válvulas solenoides. A pressurização do sistema foi realizada por uma motobomba para que as linhas operassem sob carga de pressão média de 10 mca.

Foram realizados testes para determinar a vazão média dos gotejadores e o coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD, Eq. 5) do sistema de irrigação. Foram posicionados coletores no início, meio e fim dos canteiros, com 12 gotejadores em cada uma dessas posições, totalizando 36 amostras em cada canteiro. Foi coletado o volume de água de cada gotejador, conforme Figura 2, por 5 min, determinando-se a vazão média dos coletores e a média do menor quartil.

$$CUD = 100 \frac{\bar{q}_{25}}{\bar{q}} \quad \text{Eq. 5}$$

em que,

CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição de água, (-)

$\bar{q}_{25}$  – média das 25% menores vazões coletadas, L/h

$\bar{q}$  – média das vazões coletadas, L/h.

Constatou-se que a vazão média dos gotejadores foi de 1,4 L/h, e o CUD apresentou valor superior a 80%. Esse valor de uniformidade pode ser considerado aceitável de acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006).

Figura 2 – Teste de uniformidade de distribuição de água (CUD).



Inicialmente, havia sido instalado um hidrômetro na linha de derivação para o tratamento controle, com intuito de medir o volume total de água aplicado pelo próprio irrigante no período de avaliação. Entretanto, houve que o agricultor não ficou satisfeito com a instalação de mais um equipamento na área e acabou removendo após alguns dias. Por isso, não houve como comparar os tratamentos em termos de volume de água utilizado.

### 2.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

A colheita dos frutos começaram no dia 23 de setembro de 2019, aproximadamente 90 dias após o transplante das mudas, seguindo a decisão de início de colheita do próprio produtor. A partir daí, as colheitas foram realizadas semanalmente, nas segundas-feiras e nas sextas-feiras, até o dia 01 de novembro do mesmo ano. Na Figura 3 está apresentada uma das colheitas de um dos tratamentos do experimento.

Figura 3 – Frutos colhidos do experimento em uma das avaliações de um tratamento.



As avaliações de produção consistiram em contagem do número de frutos comerciais, medições de peso total colhido de cada repetição, largura e comprimento de cada fruto. Utilizou-se uma balança digital de precisão para as medições de peso; e um paquímetro digital para as de tamanho dos frutos. Posteriormente, essas variáveis foram processadas para gerar as variáveis estatísticas de cada repetição em cada data: peso médio dos frutos, comprimento médio, largura média e comprimento médio de cada fruto. Além disso, ao final do experimento, geraram-se as variáveis peso total e número total de frutos.

As medições foram realizadas dentro de três repetições por canteiro, distribuídas no início meio e fim, somente na linha central. Cada amostra compreendia sete plantas, totalizando um espaçamento de 2,10 m. As amostras nos extremos do canteiro foram realizadas a partir da quinta planta, formando uma bordadura. Na Figura 4 está a representação da parcela com a área útil.

O número de frutos por planta em cada tratamentos era analisado logo após a colheita. Os frutos de cada parcela do tratamento foram contados e o número total de frutos foi dividido pelo número de plantas da parcela útil, sendo expresso em frutos por planta. Em relação ao tamanho dos frutos, foi considerado para as medições o comprimento e diâmetro dos mesmos. A medição dessas duas variáveis escolhida levou em consideração o aspecto visual dos frutos, o que se torna mais atrativo aos consumidores.

A análise estatística dos dados amostrados foram submetidos à análise de variância, com a realização do teste F, considerando delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo. Assim, tratamentos corresponderam às parcelas e o tempo foi atribuído às subparcelas. Esse esquema se faz necessário porque as variáveis foram analisadas repetidamente ao longo do tempo, devendo-se considerar seu efeito nos resultados. Assim, haviam três tratamentos de irrigação (parcelas) com seis repetições (unidades experimentais), avaliadas em dez datas de colheitas (subparcelas). Para o caso de haver diferença estatística, a comparação entre médias de tratamentos com a testemunha foi realizada por meio do teste Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

Figura 4 – Área útil da unidade experimental.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

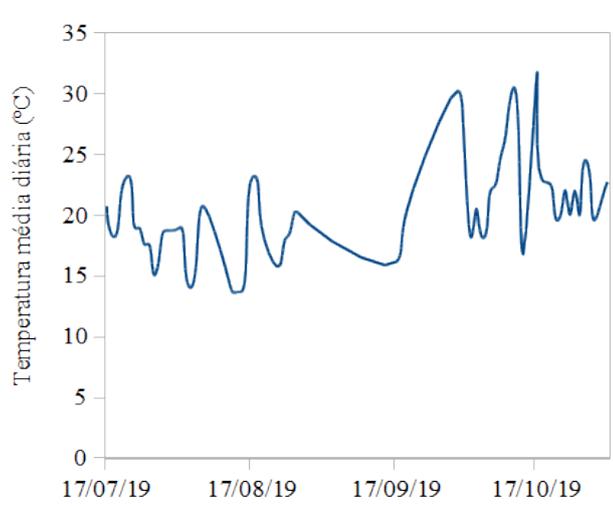
#### 3.1 IRRIGAÇÃO

Um controlador foi desenvolvido utilizando plataforma Arduino, integrando um circuito de tempo real com dispositivo DS1307 para monitoramento de data e hora, um circuito para gravação de dados em cartão de memória, um sensor de temperatura do ar, e uma interface de relés para acionamento das solenoides. O sensor de temperatura foi instalado em um abrigo meteorológico ao ar livre, fora do ambiente protegido. As medições de temperatura eram efetuadas pelo controlador e registradas em um cartão de memória com intervalo de 1 min, para uso posterior. Também havia registro dos tempos de irrigação de cada tratamento em memória não volátil (EEPROM), como segurança em caso de falta de energia elétrica. Sempre que o controlador era reiniciado, após retorno da energia elétrica, esses valores eram recuperados da memória para retomada da irrigação nos horários do fracionamento.

O agricultor se mostrou satisfeito com a operação do controlador automático, que possibilitava a realização da irrigação de maneira autônoma, a partir de medições de temperatura. Isso ficou evidente em dias em que a temperatura aumentou, quando a sensação térmica induzia a perceber uma maior demanda de água da planta, quando o sistema também aplicava maior quantidade de água em resposta a evapotranspiração. Controladores automáticos tendem a despertar o interesse dos irrigantes em decorrência de problemas e escassez de mão de obra qualificada, que além das tarefas rotineiras da propriedade consigam operar o sistema. Mesmo tendo se utilizado uma plataforma Arduino, o agricultor já consegue notar que existe a possibilidade de automação de algumas funções rotineiras da propriedade. Com isso as atividades tendem a demandar menor mão de obra, podendo ser utilizado para outras funções no seu dia a dia.

No período referente a condução do experimento, a faixa de temperatura média diária variou aproximadamente entre 14 a 30 °C (Figura 5). Segundo Ronque (1998), a temperatura anual média apropriada para o morangueiro é de 18,5 a 23,8 °C, máxima 32 °C e mínima 11,4 °C. Nota-se que a faixa de temperatura está próxima à considerada ideal para o desenvolvimento e produção da cultura do morango.

Figura 5 – Temperatura média diária, ao longo do período do experimento.



Segundo Filgueira (2002), a planta exige termoperiodicidade diária, com temperaturas diurna amena e noturna mais baixa. Em condições de temperatura elevada, o morango apresenta excesso de acidez, pouca qualidade em sabor e em aroma. De acordo com a Figura 5, observa-se que a média da temperatura máxima encontra-se no limite ideal máximo recomendado para a cultura durante o período de seu ciclo.

Percebe-se na Figura 5, que a temperatura mais baixa ocorreu no final do mês de julho e início do mês de agosto, a cultivar em estudo é considerada de ciclo de dias curtos, ou seja, a cultivar é induzida a floração quando ocorre temperaturas baixas e dias curtos (HOFFMANN; BERNARDI, 2006; ANTUNES, 2019).

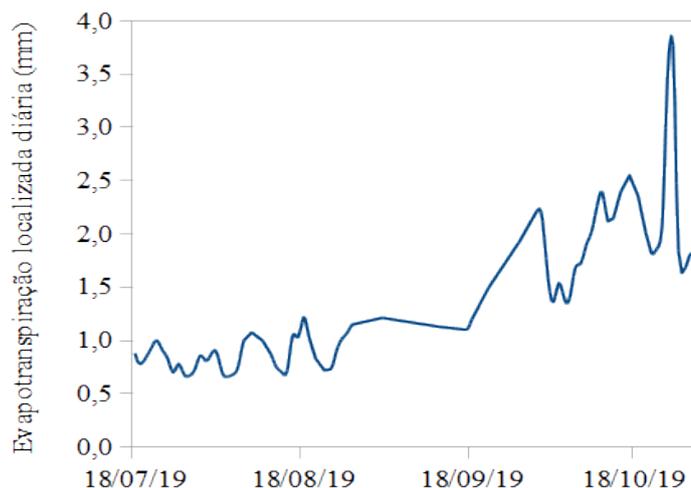
Segundo Kohler (2010), em regiões de clima temperado, onde as condições de temperatura e fotoperíodo são adequadas ao cultivo do morangueiro, os frutos apresentam melhor sabor, mais adocicados, firmes e com aroma agradável.

A ETI ao longo do período de 01/09/2019 a 30/10/2019 foi de 80,04 mm, uma média de 1,3 mm por dia. Conforme se apresenta na Figura 6, a medida que os dias começaram a aumentar, ou seja, ter mais horas de luz, caracterizados pelo aumento da temperatura à medida que se aproxima do verão na região sul, a evapotranspiração também aumentou. Com isso, houve aumento da lâmina de irrigação, atendendo a demanda da planta.

Na Figura 6, observa-se que no período de 18/07/2019 a 18/08/2019, a evapotranspiração se manteve próxima a 1 mm/d. Nesses dias, as temperaturas foram menores, ou seja, período de inverno na região sul do Brasil, e como o cálculo de ETo se baseia na temperatura média, esse valor está condizente com o método, logo se pode considerar que o controlador conseguiu prever a irrigação de forma adequada. Esses fatores

favorecem a redução da incidência da radiação solar nesta região, por isso, a taxa de evapotranspiração se torna menor e, conseqüentemente, diminui a quantidade das lâminas de irrigação.

Figura 6 – Evapotranspiração localizada diária, ao longo do período do experimento.



### 3.2 ANÁLISES DA PRODUÇÃO

As análises estatísticas foram realizadas para as variáveis de interesse, revelaram haver efeito significativo a partir do mês de outubro no tratamento 125% ETc em comparação a testemunha. A maior produção ocorreu próximo a metade do mês de outubro, onde a temperatura foi próxima dos 20 °C (Figura 5), evidenciando que o morango responde a maior produção com temperaturas dentro da faixa ideal para a cultura. A análise de variância (ANOVA) foi realizada em cada data, e para cada variável, no delineamento inteiramente casualizado, cujos resultados dos testes de médias são apresentados na Tabela 1.

Os resultados encontrados no experimento que pela análise estatística revelaram haver diferença apenas para o tratamento 125% ETc, podendo indicar alguns fatores para isso: i) a cultivar de morango não é influenciada por diferentes lâminas de irrigação próximas a 100% ETc, desde que não imprimam deficit (SANTOS, MEDEIROS, WREGGE et al., 2005); ii) o cultivo foi realizado no solo, que possui um volume expressivo em relação a parte área da planta. Assim o solo tende a homogeneizar a distribuição de água, sendo então observado as diferenças provavelmente em cultivos em vaso; iii) O agricultor mesmo não tendo um

Tabela 1 – Médias das variáveis analisadas

Data	Tratamento	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Número Frutos	Peso (g)	Peso médio (g)
23/09/19	100%ETC	38,02	27,02	1,50	23,09	12,52
	125%ETC	34,13	27,65	1,83	28,77	11,24
	Testemunha	27,39	21,87	0,83	11,49	9,74
27/09/19	100%ETC	38,17	30,08	2,00	35,62	18,30
	125%ETC	36,39	29,05	1,67	33,65	13,30
	Testemunha	33,14	23,49	1,00	16,11	9,97
30/09/19	100%ETC	31,62	23,38	2,00	25,46	14,10
	125%ETC	36,02	27,51	2,17	41,52	12,67
	Testemunha	29,39	23,08	1,33	22,24	11,03
04/10/19	100%ETC	40,26	30,54	3,00	49,76	17,66
	125%ETC	45,17	35,71	2,67	64,72	24,73
	Testemunha	38,27	28,61	2,00	43,27	17,63
07/10/19	100%ETC	44,16	36,35	3,17	82,90	25,08
	125%ETC	43,10	36,41	2,00	51,02	32,59
	Testemunha	33,33	26,81	3,00	63,20	23,45
11/10/19	100%ETC	40,03	33,26	6,83	124,48	16,81
	125%ETC	47,75**	39,94**	4,67	127,18	25,77
	Testemunha	41,24	33,61	4,33	84,25	18,23
14/10/19	100%ETC	37,41	29,73	5,00	73,08	13,92
	125%ETC	43,91**	34,06**	6,50	138,57**	20,82**
	Testemunha	37,64	29,44	4,67	68,30	14,04
18/10/19	100%ETC	34,39	29,22	3,17	39,64	12,72
	125%ETC	40,37	34,17	5,33	93,99	18,14**
	Testemunha	38,37	31,42	5,00	78,56	14,52
28/10/19	100%ETC	31,67	27,70	2,17	27,66	10,15
	125%ETC	35,48	32,22	2,17	33,41	18,03
	Testemunha	34,59	31,46	2,00	29,32	14,14
01/11/19	100%ETC	26,16	25,52	2,00	19,78	8,37
	125%ETC	31,98	29,57	2,00	29,44	12,58
	Testemunha	27,58	26,92	1,40	17,76	8,45

\*Médias seguidas por “\*\*” na vertical, dentro de cada data, diferem estatisticamente do tratamento testemunha pelo teste Dunnett a 5% de significância.

parâmetro de medição pode ter aplicado lâminas próximas ao requerido pela cultura; iv) O modelo de evapotranspiração utilizado (Camargo), não estimou adequadamente a necessidade

da cultura para as condições do experimento por ter sido desenvolvido para ambientes com ampla área vegetada (bordadura) (Pereira e Camargo, 1989). Deve-se considerar também que foi utilizado um coeficiente da redução da evapotranspiração para ambientes protegidos (KI), que reduziu a lâmina de irrigação e pode ter afetado a produção, portanto se enfatiza a necessidade de pesquisa para desenvolvimento/ajuste de métodos adequados a estimativa da evapotranspiração da região.

O tratamento 125% ETc proporcionou maior peso por fruto quando comparado ao tratamento testemunha (Tabela 1). A irrigação com lâmina correspondente à 100% ETc não proporcionou aumento do peso em relação à testemunha. Por isso, pode ser interessante repor a quantidade de água superior à ETc, quando o interesse for produzir frutos com maior peso.

Apesar de haver efeito do tempo em todas as variáveis ao longo do ciclo de colheita, não havia interesse em comparar as datas de colheita entre si. Logo, somente se apresentam as figuras de evolução das variáveis ao longo do período de avaliação das variáveis, como na Figura 7 que ilustra a evolução do peso médio de um fruto. Nota-se que o pico de peso médio dos frutos ocorreu na semana do dia 14 de outubro.

A produção média por planta para os três tratamentos, foi de 75 g, havendo diferença estatística apenas para o tratamento 125% ETc, nos 45 dias de avaliação. Considerando que o agricultor vislumbrava encerrar a colheita aproximadamente em 20 de dezembro, estima-se, linearmente, uma produção média por planta 158 g. Dessa forma, se as previsões se confirmassem, os três tratamentos não apresentariam produção dentro da média esperada para o Estado, tida como 300 a 400 g por planta (PAGOT & HOFFMANN, 2003; REBELO & BALARDIN, 1997; AGRIANUAL, 2007). Além disso, pela Figura 8, observa-se que o pico de produção por planta ocorreu na semana do dia 14 de outubro, sendo assim a partir dessa data a produção tende a diminuir e provavelmente a colheita será encerrada antes do prazo previsto, não alcançando o mínimo que viabilizaria a produção.

Em relação ao número de frutos colhidos por planta, o valor médio nos três tratamentos foi de aproximadamente 4,15 frutos/planta. Comparando esse valor em relação a 16,24 morangos por planta, obtidos por Pereira (2013) para as cultivar Oso Grande, os resultados encontram-se abaixo do esperado. Entretanto, para a cultivar Camarosa, os mesmos autores encontraram 4,4 morangos por planta obtidos pela, outra cultivar também de dias curtos.

Figura 7 – Peso médio dos Frutos do morangueiro, em função de três lâminas de irrigação

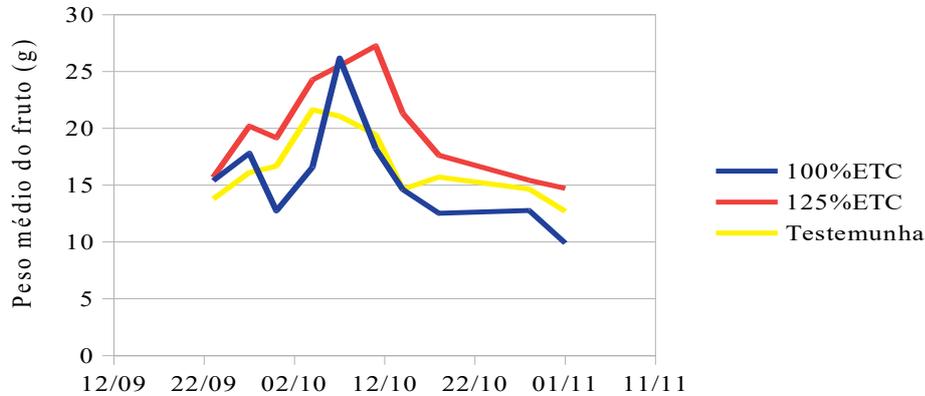
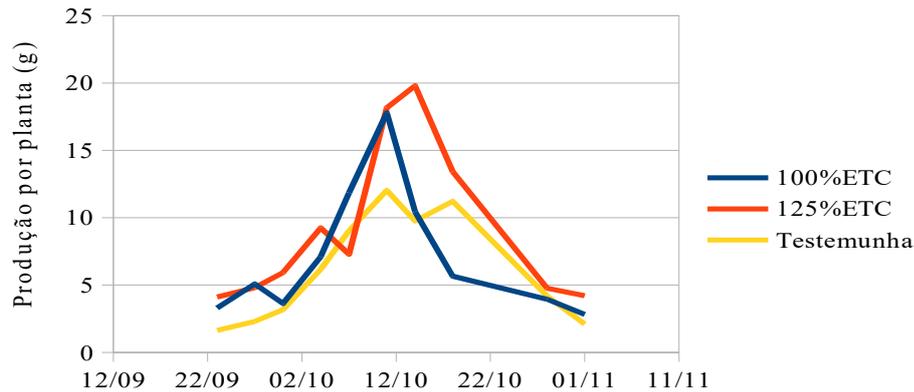
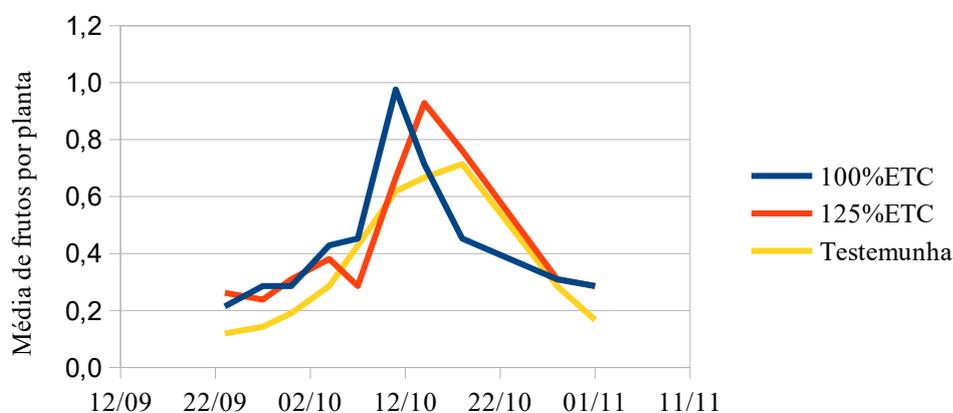


Figura 8 – Produção por planta do morangueiro, em função de três lâminas de irrigação.



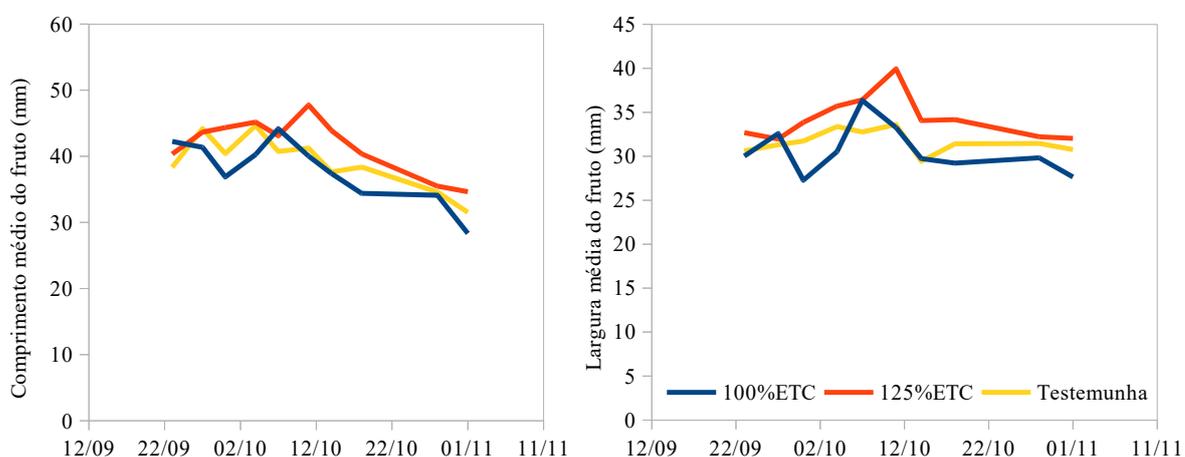
Estudos realizados por Schuch e Barros (2010), em Viamão-RS, com a cultivar Oso Grande, relatam até de 23,6 frutos por planta, discordando do valor médio encontrado no presente estudo. O menor número de frutos encontrado neste trabalho pode ser explicado por Ronque (1998), ao afirmar que uma mesma cultivar pode frutificar continuamente em uma região e apenas por poucas semanas em outra, em virtude da sua adaptação, por interação genótipo e ambiente, que depende do fotoperíodo e, sobretudo, da temperatura. A evolução do número de frutos ao longo do tempo, em cada tratamento é apresentada Figura 9. Assim como as outras variáveis anteriores, o pico desta também foi na semana de 14 de outubro.

Figura 9 – Média de frutos do morangueiro por planta, em função de três lâminas de irrigação ao longo do tempo.



De acordo os resultados apresentados na Tabela 1, estatisticamente houve diferença com relação ao tamanho dos frutos para o tratamento 125% ETC. Segundo Conti et al. (2002) o tamanho dos frutos é uma característica importante, pois frutos grandes além de tornarem a colheita e a embalagem um processo mais rápido, têm maior valor para o mercado consumidor, resultando em maiores ganhos ao produtor. Conforme a Figura 10, o tamanho médio dos frutos em função das lâminas de irrigação e do tempo não exatamente apresentou os maiores tamanhos na semana do dia 14 de outubro, como para as outras variáveis. Apesar de haver diferença entre as datas de colheita, o tamanho de certa forma se manteve uniforme, o que é interessante para a venda, tendo-se um padrão de frutos ao longo do tempo. Isso facilita a embalagem e a satisfação do consumidor, tendo sempre à disposição o mesmo padrão de frutos.

Figura 10 – Tamanho dos Frutos do morangueiro ao longo das datas de colheita.



#### 4 CONCLUSÕES

O sistema automático operou de forma adequada e o agricultor se mostrou satisfeito, principalmente por dispensar mão de obra.

Para os tratamentos analisados, o número de frutos foi a única variável que não apresentou diferença estatística, para as demais variáveis analisadas o tratamento 125% ETc proporcionou maiores valores quando comparado à testemunha.

A análise estatística de efeitos de medidas repetidas, demonstrou que houve diferenças ao longo do tempo para todas as variáveis analisadas, com pico de produção cerca de 20 dias após o início da colheita.

**REFERÊNCIAS**

- ABDELRAOUF, R.E. et al. Effect of pulse irrigation on clogging emitters, application efficiency and water productivity of potato crop under organic agriculture conditions. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.6, n.3, p. 807-816, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017. 169 p.
- AGRIANUAL 2007: **Anuário da agricultura brasileira**. 2007. São Paulo-SP: FNP, 2007. 515p.
- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: FAO, 1998.
- ALVARES, C.A. et al.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728. 2013.
- ANTUNES, L.E.C. Morango: cultivares. In: **Árvore do conhecimento**. Brasília: EMBRAPA, 2019. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 07 de nov. 2019.
- ANTUNES, L.E.C.; VIGNOLO, G.; GONÇALVES, M. Morango novas tecnologias incrementam o setor. **Anuário HF 2013: Revista Campo & Negócios**. p.56-59, 2013.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006, 623 p.
- CAMARGO, A.P. **Balanço hídrico no estado de São Paulo**. Boletim técnico n.116. Campinas: IAC, 1971. 24 p.
- CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p.10-17, 2002.
- EID, A.R.; BAKRY, B.A.; TAHA, M.H. Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions. **Agricultural Sciences**. v. 4, p.249-261, 2013.
- ELNESR, M.N.; ALAZBA, A.A.; ZEIN EL-ABEDEIN A.I.; EL-ADL, M.M. Evaluating the effect of three water management techniques on tomato crop. **Plos one**, v.10 n.6, 2015.
- EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. **Morango**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/morango/arvore/CONT000fmxotm4d02wyiv8065610do1fgl2q.html>>. Acesso em: 25 de out. 2019.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2002. 402 p.

FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.D.; REZENDE, R.; FARIA, M.D. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012.

GUERRA, G.C. **Produção e Qualidade de frutos do morangueiro, sob diferentes tensões da água no solo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Lavras: UFLA, 2011. 76 p.

HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. **Produção de morango no sistema semi-hidropônico**. In: EMBRAPA UVA E VINHO, Sistema de produção. 2006. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/MorangoSemiHidroponico/index.htm>>. Acesso em: 13 de set. 2019.

KOHLER, A. **Cultivo de Morango**. Disponível em: <<http://apostilasgratuitas.info/oportunidades-e-negocios/52-oportunidades-enegocios/405-cultivo-de-morango>>. Acesso em: 12 set. 2019.

PAGOT, E; HOFFMANN, A. **Produção de pequenas frutas**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO PEQUENAS FRUTAS, 1. Anais. Vacaria: Embrapa Uva e Vinho. p. 9-17. 2003.

PEREIRA, A.R.; CAMARGO, A.P. An analysis of the criticism of Thornthwaite's equation for estimating potencial evapotranspiration. **Agric. For. Meteorol.**, v.46, p. 149-157, 1989.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 86 p.

REBELO, J.A.; BALARDIN, R.S. **A cultura do morangueiro**. Florianópolis: EPAGRI, 1997. 44 p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 46).

RONQUE, E.R.V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: EMATER-PR, 1998. 206 p.

SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M.; WREGE, M.S. **Sistema e Produção de Morango: irrigação e fertilização**. Pelotas: Embrapa Clima temperado, 2005. (Sistemas de Produção; 5). Disponível em: <<http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap10.htm>>. Acesso em: 06 de ago. 2019.

SPECHT, S.; BLUME, R. **A Competitividade da Cadeia do Morango no Rio Grande do Sul**. In: 48 Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2010, Campo Grande.

SCHUCH, S.M.L; BARROS, I.B.I. Caracterização agrônômica de cultivares de morangueiro na região da depressão central no RS. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.16, n. 1 e 2, p. 59-65, 2010.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**  
**CAMPUS CACHOEIRA DO SUL**  
 PROJETO PEDAGÓGICO DE CURSO  
**CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
 NORMAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (Continuação)

**ATA DE DEFESA FINAL DO TCC**

Bacharelado em Engenharia Agrícola.

Aos 04 dias do mês de dezembro do ano de 2019, no horário das 16 às \_\_\_\_\_ horas, foi realizada, na sala 102 do Campus Cachoeira do Sul da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do(a) aluno(a) André Luis Teles dos Santos

intitulado Produtividade de merango em ambiente protegido com fracionamento da irrigação.

Os trabalhos foram instalados pelo(a) Professor(a) Orientador(a) Ezequiel Saretta, presidente da Banca Examinadora, constituída pelos seguintes membros: Profa. Zanandra Boff de Oliveira e Prof. Christiano Lamb. A Banca Examinadora avaliou o trabalho e atribuiu a nota média no valor de 9,60 (nove vírgula seis), sendo o(a) discente considerado(a) Aprovado. Encerrados os trabalhos, o(a) presidente da sessão deu ciência, ao examinado, da decisão. Proclamada a decisão pelo presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e para constar, confiro e assino a presente Ata com os demais membros da Banca Examinadora.

(Presidente)

Prof. (a): Ezequiel Saretta

Ezequiel Saretta  
Assinatura

Membro: Zanandra Boff de Oliveira

Zanandra Boff de Oliveira  
Assinatura

Membro: Christiano de Carvalho Lamb

Christiano de Carvalho Lamb  
Assinatura