

**UNIVERSIDADE ALTO VALE DO RIO DO PEIXE - UNIARP
CURSO DE AGRONOMIA**

TAMARA FÁTIMA SERAFINI

**USO DA TENSIOLOGIA GASOSA NO MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO
TOMATEIRO NA REGIÃO DE CAÇADOR, SC**

**CAÇADOR
2018**

TAMARA FÁTIMA SERAFINI

**USO DA TENSIOLOGIA GASOSA NO MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO
TOMATEIRO NA REGIÃO DE CAÇADOR, SC**

Relatório de Estágio Supervisionado apresentado como exigência para a obtenção do título de Bacharel, do Curso de Agronomia, ministrado pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP, sob orientação do professor Dr. Anderson Fernando Wamser.

**CAÇADOR
2018**

**USO DA TENSIOMETRIA GASOSA NO MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO
TOMATEIRO NA REGIÃO DE CAÇADOR, SC.**

TAMARA FÁTIMA SERAFINI

Este relatório de conclusão de curso foi submetido ao processo de avaliação pela Banca Examinadora para obtenção do título de:

Bacharel em Agronomia

E aprovada na sua versão final em 19/11/2018; atendendo as normas da legislação vigente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe e a coordenação do curso de Agronomia.

Leandro Hahn

Coordenador do Curso de Agronomia – UNIARP

BANCA EXAMINADORA:

Anderson Fernando Wamser

Angela Cristina Paviani

Caroline Esperança

DECLARAÇÃO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Declaro, para todos os fins de direito, que assumo total responsabilidade pelo aporte ideológico e autoral conferido ao presente Relatório de Estágio Supervisionado, intitulado **Uso da tensiometria gasosa no manejo da irrigação no tomateiro na região de Caçador, SC**, não violando nenhum direito de propriedade intelectual, sob pena de responder civil, criminal, ética e profissionalmente por meus atos. Neste momento, ficam isentos de responsabilidade a Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, a Coordenação do Curso de Agronomia, a Banca Examinadora, o Professor Orientador e o Professor de Estágio Supervisionado, de toda e qualquer responsabilidade acerca do mesmo. Ainda que o mesmo está dentro da metodologia de trabalhos da UNIARP.

Caçador (SC), 19 de novembro de 2018.

Tamara Fátima Serafini

DEDICATÓRIA

“Dedico primeiramente esse trabalho a Deus e aos meus pais que sempre acreditaram no meu potencial e contribuíram com essa conquista”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proteger e me dar forças para ultrapassar as dificuldades encontrados nessa caminhada.

Ao meu pai Joãozinho Serafini e à minha mãe Jusilene Gheller Serafini, por me proporcionarem a vida, por estarem sempre me incentivando para buscar meus objetivos e me apoiando com palavras ou gestos por um futuro melhor.

À minha irmã Samara Juliana Serafini e à minha melhor amiga Daniela Raldi por puxarem a minha orelha e quererem meu melhor.

Ao meu namorado Christian Andrei Gatti Zuffo por acreditar em mim, por me ajudar a ter paciência e não desistir.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Estação Experimental de Caçador (EECd) pela oportunidade de realizar o estágio obrigatório.

À Universidade Alto Vale do Rio do Peixe - (UNIARP), pelas bolsas concedidas e pelo ótimo corpo docente do curso de Agronomia.

Ao professor Dr. Anderson Fernando Wamser, pela orientação, apoio e confiança na realização desse trabalho.

À Dr^a Janice Valmorbida por compartilhar seus conhecimentos e por me ajudar sempre quando preciso.

A todos os professores que me proporcionaram conhecimento.

A todos os colegas da turma por deixar nossas tardes e noites ainda mais interessantes, em sabermos dividir os conhecimentos e apreender juntos.

Em especial à minha amiga Elen Agatha Muller, por sempre estarmos juntos nestes 5 anos, apesar de tudo conseguimos vencer as conquistas juntas.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

A tensiometria gasosa é considerada uma ferramenta precisa na avaliação da tensão de umidade do solo para dar suporte ao manejo racional da irrigação. Para tanto, é necessário que o sistema seja avaliado nas condições edafoclimáticas que se propõe o seu uso. O objetivo deste trabalho é validar o sistema de tensiometria gasosa ao manejo da irrigação do tomateiro na região de Caçador, SC. O experimento da safra de 2017/2018 avaliou três manejos da irrigação, sendo o primeiro baseado na tensiometria gasosa, o segundo baseado na tensiometria convencional, e o terceiro baseado no manejo tradicionalmente utilizado pelos produtores da região de Caçador, SC. O monitoramento da umidade do solo e controle da irrigação foi realizado por sensores Irrigas® ligados ao controlador eletrônico de irrigação MRI-10/6. Foram avaliados a evolução do potencial hídrico do solo, o volume de irrigação aplicado, a produção, o número e a massa de frutos comercializáveis, a produção de frutos não comercializáveis. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Quando acusado significância estatística, foi utilizado o teste de comparação múltipla de médias de Tukey. As análises foram realizadas por meio do pacote ExpDes.pt no ambiente R. Diante dos resultados sobre produção, o número e a massa de frutos comercializáveis e a produção de frutos não comercializáveis, não houve diferença significativas entre os manejos. A tensiometria gasosa mostrou como sistema confiável, pois acionou o sistema de irrigação sempre que a tensão da umidade do solo excedia limite crítico, mas obteve volume de água em excesso e conseqüentemente maior umidade do solo em 40 cm de profundidade. A tensiometria convencional por vários momentos ultrapassou o limite crítico de -25 kPa. Podemos validar que o uso da tensiometria gasosa na região de Caçador/SC, possibilita que produtores utilizem esse manejo de irrigação na cultura do tomate.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., Irrigas®, umidade do solo, limite crítico.

ABSTRACT

Gaseous tensiometry is considered an accurate tool in the evaluation of soil moisture tension to support rational irrigation management. For this, it is necessary that the system be evaluated in the soil and climatic conditions proposed for its use. The objective of this work is to validate the gas tensiometry system for the irrigation management of the tomato in the region of Caçador, SC. The experiment of the 2017/2018 harvest evaluated three irrigation management, the first one based on gas tensiometry, the second based on conventional tensiometry, and the third based on the management traditionally used by the producers of the region of Caçador, SC. Monitoring of soil moisture and irrigation control was performed by Irrigas® sensors connected to the MRI-10/6 irrigation electronic controller. The evolution of the soil water potential, the volume of irrigation applied, the production, number and mass of marketable fruits, and the production of non-marketable fruits were evaluated. The data were submitted to analysis of variance by the F test at 5% probability of error. When the statistical significance was statistically significant, a multiple comparison test of Tukey's means was used. The analyzes were performed using the ExpDes.pt package in the R. In view of the results on production, the number and mass of marketable fruits and the production of non-marketable fruits, there was no significant difference between managements. Gas tensiometry showed as a reliable system, as it triggered the irrigation system whenever the soil moisture tension exceeded the critical limit, but obtained an excess volume of water and, consequently, a greater soil moisture of 40 cm depth. Conventional tensiometry for several moments exceeded the critical limit of -25 kPa. We can validate that the use of gas tensiometry in the Caçador/SC region, allows producers to use this irrigation management in the tomato crop.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., Irrigas®, soil moisture, critical limit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Controlador eletrônico de irrigação e sensores Irrigas® (cápsulas porosas).....	20
Figura 2 – Medidor de vácuo (tensímetro de punção) e tubo de plástico com cápsula na ponta e tampa de borracha (tensiômetros).....	21
Figura 3 – Evolução da tensão do solo no mês de fevereiro registrado pelo controlador eletrônico de irrigação MRI ligado aos sensores Irrigas® do tratamento baseado no manejo da irrigação pela tensiometria gasosa.....	23
Figura 4 – Evolução da tensão do solo medido por tensiômetros convencionais nos tratamentos baseados no manejo da irrigação por tensiometria convencional e pelo “produtor”.....	24
Figura 5 – Volume de água irrigada durante o ciclo de cultivo do tomate em função dos métodos de manejo da irrigação.....	27
Figura 6 – Tensão de umidade do solo média ao longo do ciclo na profundidade de 40 cm em função dos manejos de irrigação. Dados obtidos por tensiometria convencional.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtividade total, comercial e descarte de frutos de tomate em função do manejo da irrigação.....	25
Tabela 2 – Massa média de frutos comercial em função do manejo da irrigação do tomate.....	25
Tabela 3 – Porcentagem de frutos comerciais, miúdos, com podridão apical em relação a produção total, em função do manejo da irrigação.....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA	13
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO	19
3.1	Atividades Desenvolvidas no Estágio Supervisionado	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de tomate em Santa Catarina vem crescendo gradativamente e está hortaliça vem compondo a mesa dos brasileiros com mais frequência. Esta cultura agrícola tem grande importância econômica ao estado de Santa Catarina, pois apresenta uma área de 2,8 mil hectares cultivado com tomate (ANATER, 2017).

O município de Caçador localizado no meio oeste do estado de Santa Catarina o qual faz parte do Planalto Sul Brasileiro destaca-se por obter o maior volume de tomate de mesa produzido. O cultivo dessa hortaliça expõe de uma área de 700 hectares conforme ANATER (2017). A produtividade de tomate na região de Caçador (SC), propriedades de pequena escalas com área de 1,8 ha em 2017/18 apresentaram 2.975 caixas/hectares; porém nas propriedade de grande escalas com área de 25 ha em 2017/18 apresentaram 3.500 caixas/hectares de tomate (HORTIFRUTI/CEPEA, 2018).

A explicação para desenvolver a cultura de tomate em Caçador/SC é por suas condições climáticas vigente; a altitude média em torno de 1000m, o verão sendo ameno assim podendo colher o tomate nos meses de janeiro, fevereiro e março. Entretanto, os produtores enfrentam obstáculos no desenvolvimento da cultura como o uso excessivo de defensivos químicos e adubos, produção de mudas sem normalização, comercialização feita por atravessadores, falta de tecnologia para armazenagem da hortaliça entre outras (KREUZ et al, 2004).

Conforme FELTRIM (2016), os produtores geralmente monitoram e aplicam a irrigação de forma empírica por observações visuais da umidade do solo, podendo superestimar ou subestimas a necessidade real da água para cultura o tomate. Por consequência pode provocar salinização do solo, lixiviação de nutrientes, baixa produtividade, aumento de doenças fúngicas, qualidade de frutos inferiores e além do desperdício de água.

O aspecto mais importante relacionado ao manejo da água é a determinação da quantidade correta e o momento certo de realizar a irrigação para evitar que ocorra perda de água por percolação e lixiviação de nutrientes, impedindo que a planta expresse seu potencial produtivo, seja pelo excesso ou falta de água (FELTRIM,2016).

De acordo com FELTRIM (2016), na região Alto Vale do Rio do Peixe os produtores atualmente utilizam como método de manejo de irrigação o turno de rega fixo, variando entre 1 a 3 dias, raramente aplicam outros manejos de irrigação, como por monitoramento por tensiômetro, tanque classe “A” ou qualquer outro método para determinar a necessidade real da água na cultura do tomate.

Segundo FELTRIM (2016), a irrigação por gotejamento é uma prática agrícola que permite aplicações de adubos via água de irrigação denominada como fertirrigação; essa técnica é eficiente em relação a adubação convencional, diminuindo mão de obra, fornecimento dos nutrientes em quantidades e época certas.

Como cita FELTRIM (2016), a tensiometria convencional é considerada uma ferramenta bastante precisa quando realizada avaliação da tensão de umidade do solo sendo assim suporte ao manejo da irrigação. O tensiômetro é o equipamento que faz aferição da tensão no solo, à medida que o tensiômetro vai perdendo água para o solo forma uma tensão no interior do equipamento assim o potencial da água dentro do tensímetro igual ao potencial de água do solo.

Como caracteriza CALBO e SILVA (2005), a Embrapa no ano de 2000 patenteou o “sistema gasoso de controle de irrigação”, denominado como marca registrada de Irrigas®. Este sistema é completo contendo vários acessórios para o manejo de irrigação agrícola, além do que cápsulas porosas. O Irrigas® é um sensor de sistema tensiométricos para aplicações científicas em engenharia agrícola, fisiologia vegetal e geologia, sendo úteis em ambientes variados tais como, casa de vegetação, vasos de plantas ornamentais, por irrigação de gotejamento, aspersão e sulcos. Este método avalia a tensão matricial sendo assim medindo a “força” com que a água está aderida ao solo, afetando assim na absorção das plantas.

1.1 PROBLEMA

A Estação Experimental de Caçador/Epagri vem desenvolvendo e adequando as bases tecnológicas do Sistema de Produção Integrada de Tomate Tutorado (SISPIT), desde 2004. Sendo um processo contínuo e que já culminou na validação de tecnologias voltadas ao preparo do solo e de plantas, ao controle de insetos-praga, doenças e a nutrição de plantas, usando de forma racional os recursos disponíveis. Entretanto, o manejo da água de irrigação é um aspecto que necessita de estudos com o objetivo de definir ou recomendar o melhor de sistema de irrigação.

Essencialmente, os tomaticultores da região de Caçador encontram dificuldades em manejar a água de irrigação usando métodos criteriosos e adotam frequência de lâminas de irrigação conforme experiência prática e que, por sua vez, frequentemente são excessivas ou deficitárias. Essas situações de excesso ou déficit hídrico podem influenciar negativamente a produção das culturas, interferir na eficiência de outras práticas culturais, como a adubação de plantas, e aumentar o custo de produção em virtude do maior gasto de energia com a irrigação.

1.2 JUSTIFICATIVA

A prática de irrigação na cultura do tomate na região de Caçador/SC, obtém de custo de produção R\$ 900,00 a 2.300,00, dependendo da escala de produção (DELEO e TANUS, 2016). Esses valores podem representar cerca de 3,4% do custo total da cultura, sendo que na última safra (2015/2016) houve aumento de 185% nos custos com essa prática em relação à safra anterior (DELEO e TANUS, 2016). Embora a maioria dos produtores de tomate da região de Caçador migraram do sistema de irrigação por sulcos para o sistema de irrigação por gotejamento, esse último com maior eficiência na aplicação dos recursos hídricos, observa-se que cerca de 80% dos produtores não utilizam nenhum critério técnico para determinação da lâmina e do turno de rega (WAMSER et al, 2015). Esse fato pode contribuir com o aumento dos custos na prática da irrigação.

A tensiometria gasosa é considerada uma ferramenta precisa na avaliação da tensão de umidade do solo. Nos últimos anos veem ganhando destaque no manejo da irrigação de muitas culturas pelo fato de poder ser conectada num controlador eletrônico de irrigação, automatizando, assim, essa atividade. Existe no mercado um controlador eletrônico de irrigação baseado na tensiometria gasosa. Esse equipamento permite a medição instantânea da umidade do solo e, ligado ao controlador de irrigação, permite proceder de forma automática a irrigação das plantas. Por ser um sistema nunca adotado pelos produtores da região de Caçador, faltam estudos nessas condições edafoclimáticas que permitam validar o uso da tensiometria gasosa no manejo da irrigação do tomate. A tensiometria gasosa servirá como uma ferramenta prática e eficiente para o produtor rural manejar a irrigação na cultura do tomateiro.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Validar o sistema de tensiometria gasosa no manejo da irrigação do tomateiro tutorado na região de Caçador, SC.

1.3.2 Objetivos Específicos

1) Comparar a produção de frutos em função dos manejos de irrigação do tomateiro tutorado na região de Caçador, SC.

2) Quantificar o volume de água utilizado em cada manejo da irrigação do tomateiro tutorado na região de Caçador, SC.

3) Avaliar o funcionamento e a precisão da tensiometria gasosa ligado ao controlador de irrigação no manejo da irrigação do tomateiro tutorado na região de Caçador, SC.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Dentre os fatores de produção, a água e os nutrientes são os que mais limitam o rendimento do tomateiro, o que requer controle eficiente da umidade do solo e da nutrição mineral, para se obter uma exploração comercial agrícola de alta qualidade e produtividade (MACEDO & ALVARENGA, 2005). Não se pode pensar em agricultura irrigada apenas como acréscimo de água ao sistema de produção tradicional. O aumento da produtividade só ocorre se houver uma integração entre todos os componentes do sistema de produção.

No Brasil, grande parte dos agricultores não é receptivo em adotar qualquer estratégia de uso e manejo racional da água de irrigação, apesar da disponibilidade de vários métodos de manejo (ESPINDULA NETO, 2002). O principal fator relacionado a essa situação é o baixo custo da água de irrigação, em comparação com o custo de implantação de um programa de manejo (JENSEN, 1983). Além disso, muitos produtores que utilizam irrigação não empregam qualquer tecnologia para controle da mesma, por que acham que estas são complicadas, tomam tempo e não trazem muitos benefícios.

A crescente demanda por água pelo setor agrícola (PIMENTEL et al., 1999; QADIR et al., 2003), tem proporcionado sérias preocupações quanto à sua disponibilidade para usos futuros. Assim, grandes esforços têm sido realizados por vários setores da agricultura com o objetivo de garantir a qualidade e a disponibilidade deste recurso (MOHAMMAD et al., 2013).

Existem diferentes procedimentos que podem ser adotados como critérios apropriados para realização do manejo da água de irrigação. A maioria é baseada em medidas do "status" da água em um ou mais componentes do sistema solo-planta-atmosfera (JAMES, 1988). Desta forma, o manejo racional da água de irrigação pode ser realizado via planta, solo, clima ou pela combinação destes.

Na visão de PIRES et al. (1999), o manejo das irrigações via clima pode simplesmente repor a demanda atmosférica do dia ou de dias anteriores desde a última irrigação ou realizar balanço hídrico (BH). O balanço hídrico considera todos os fluxos de água que entram e saem do volume de solo explorado pelas raízes. A irrigação e a precipitação são os componentes de entrada no BH. Já as perdas por percolação profunda, escoamento superficial e consumo de água pelas plantas (evapotranspiração) são os componentes de saída do BH. As perdas por escoamento

superficial ou percolação profunda devem ser eliminadas com o manejo de água adequado. Portanto, para fins de controle do BH restam às irrigações, as precipitações e a evapotranspiração.

MARTINS et al. (2007), o manejo de irrigação via solo considera a umidade do solo onde o sistema radicular da cultura está se desenvolvendo e pode ser feito usando tensiômetros. Outros métodos compreendem sensores eletrométricos e por dissipação térmica, sonda de nêutrons, sonda enviroscan, TDR (reflectometria no domínio do tempo), tomografia computadorizada e atenuação de raios gama.

Em 1999 foi desenvolvido e patenteado pela Embrapa o sistema Irrigas® (CALBO, 2000), que possibilita o monitoramento da água do solo. Trata-se de um sistema de fácil utilização e de custo muito reduzido. O Irrigas® consta de uma cápsula porosa, conectada através de um tubo flexível a uma pequena cuba transparente, que é emborcada em um frasco com água no momento da medição. A cápsula seca do Irrigas® é instalada a profundidade efetiva do sistema radicular e após algumas horas a mesma entra em equilíbrio com tensão da água do solo. Como fundamento de medição, tem-se que a passagem de ar através da cápsula porosa fica obturada enquanto a tensão da água do solo estiver menor que determinado valor crítico, característico da porosidade da cápsula. Entretanto, são necessários estudos de validação desse equipamento sobre condições contínuas de campo.

De acordo com ROMERO et al. (2012), a aproximação mais racional para otimização da irrigação é o uso de controladores automáticos. Entretanto, na maioria dos casos, eles são operados por timers e não por sensores que expressam a demanda hídrica das plantas (MEDICI et al., 2010). Diversos autores têm estudado formas de automação de baixo custo para sistemas de irrigação baseados em disponibilidade de água do solo (PINMANEE et al., 2011). Recentemente foi lançado no mercado um controlador eletrônico de irrigação que utilizam sensores Irrigas no manejo da irrigação. Esse equipamento permite estipular a tensão limite de umidade do solo para o início da irrigação, bem como programar o tempo da irrigação necessário para se atingir a capacidade de campo (CC). Esse conjunto controlador eletrônico de irrigação + sensores Irrigas permite a medida instantânea da umidade do solo determinando com precisão o momento de cada irrigação.

Vários autores obtiveram relativo sucesso com o uso do manejo da irrigação com sensores Irrigas® nas culturas da alface (GONÇALVES et al., 2014) e do café (SANTANA, 2003; VIANA, 2004). Assim, são escassos os trabalhos avaliando esse

método na cultura do tomate. MOREIRA et al. (2012) avaliando tensões de umidade do solo, por meio de tensiômetros dotados de vacuômetros, para o reinício da irrigação, obtiveram melhor resposta produtiva na cultura do tomate na tensão de -28,5 kPa. Entretanto, MAROUELLI et al. (2008) recomendam como tensões limites para a cultura do tomate de mesa a faixa de -20 a -100 kPa.

WAMSER et al, em 2017 determinaram a tensão limite do solo, por tensiometria gasosa, como indicativo do início da irrigação da cultura do tomateiro conduzido um experimento em ambiente protegido, na safra 2016/2017, com o híbrido de tomate Paronset. Foram avaliadas cinco tensões limites de umidade no solo para o início da fertirrigação (-20, -30, -40, -50 e -60 kPa). O monitoramento da umidade do solo foi realizado instantaneamente por meio de cinco sensores de tensão Irrigas® por tratamento (um por repetição), localizados a 20 cm de profundidade, e ligados, por meio de microtubos, ao controlador eletrônico de irrigação modelo MRI-10/6^a; a maior produção (10,9 kg/planta) e o maior número de frutos (64,5 frutos/planta) comercializáveis foram obtidos na tensão estimada de -44 kPa.

3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

O desenvolvimento do estágio foi na Estação Experimental de Caçador/SC, localizada na Rua Abílio Franco 1500, no Bairro Bom Sucesso; fundada em 1938, desenvolve pesquisas com maçã, pera, alho e tomate, além de produzir alevinos de carpas e peixes nativos. Pesquisas da unidade já ajudaram a elevar a produtividade de maçã de 20t/ha para 50t/ha (EPAGRI, 1996).

Por meio de acordos de cooperação técnica assinados com órgãos americanos, europeus e asiáticos, a Epagri/EECD se destaca como fonte de informação e pela introdução de tecnologias inéditas como o desenvolvimento e disponibilidade de novos cultivares de maçã e alho, a quebra artificial de dormência das plantas, o sistema de produção integrada de tomate tutorado de mesa(SISPIT), a conservação de frutas, além de contribuições importantes no desenvolvimento da piscicultura e de várias etapas das cadeias produtivas de maçã, alho, tomate e pera.

A estação experimental da Epagri de Caçador/SC, cedeu a área para efetuar o desenvolvimento do trabalho, a qual também ofereceu os materiais para a elaboração da pesquisa. A execução do trabalho foi supervisionada pela Engenheira Agrônoma, Dr^a Janice Valmorbida, pesquisadora da Epagri, sendo efetivado no período da safra de 2017/2018 na cultura do tomate.

3.1 Atividades Desenvolvidas no Estágio Supervisionado

No decorrer do estágio supervisionado foram realizadas as seguintes atividades:

1. Instalação e condução do experimento na área de irrigação do tomateiro;
2. Colheita e classificação de frutos;
3. Tabulação e manipulação de dados;
4. Leitura de bibliografias na área de irrigação e sistema de produção do tomateiro;
5. Visitas técnicas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental de Caçador em Santa Catarina na safra de 2017/2018. O clima da região é temperado constante úmido, com verão ameno, conforme a classificação de Köppen (PANDOLFO et al., 2002). O solo no local do experimento foi classificado como um Latossolo Bruno distrófico típico (Embrapa, 1999) e apresentaram os seguintes atributos: pH (água) = 5,8, P= 3,8 mg dm⁻³, K= 184 mg dm⁻³ e MO= 4,1.

Os tratamentos avaliados forma três manejos da irrigação do tomateiro cultivar Paronset: 1) Tensiometria gasoso ligado ao controlador eletrônico de irrigação MRI; 2) Tensiometria convencional; 3) Método empírico adotado pelo produtor padrão de Caçador, SC.

O manejo da irrigação pela tensiometria gasosa consistiu no uso cápsulas porosas de material cerâmico (sensores Irrigas®, Hidrosense, Brasil) (Figura 1) ligados por microtubos flexível ao controlador eletrônico de irrigação modelo MRI (Hidrosense, Brasil) (Figura 1). Os sensores Irrigas® enterradas na profundidade de 20 (um sensor por repetição) e 40 cm (um sensor por repetição). Quando a média dos seis sensores de 20 cm de profundidade alcançava a tensão limite de -40 kPa, acionava a irrigação automaticamente por tempo suficiente para alcançar a capacidade de campo -10 kPa. O tempo de irrigação foi estimado em 60 minutos, baseado na curva de retenção de umidade do solo caracterizado pelos solos da EECD e nas características do sistema de irrigação (vazão e espaçamento dos gotejadores).

Figura 1. Controlador eletrônico de irrigação e sensores Irrigas® (cápsulas porosas).



Fonte: (ruralcentro.uol.com.br).

Já pela tensiometria convencional foi composta por tubos de PVC (tensiômetros) contendo uma cápsula porosa numa extremidade e uma tampa de borracha em outra, e um medidor de vácuo (tensímetro de punção), (Figura 2). Os tensiômetros foram instalados nas profundidades de 20 cm (um por repetição) e 40 cm (um por repetição). Cada tubo foi preenchido com água e vedado com a tampa de borracha. Diariamente era realizada a leitura da tensão do solo por meio do tensímetro de punção e registrado em planilha. Toda vez que a média dos seis tensiômetros de 20 cm de profundidade alcançava o valor de -25 kPa, acionava-se manualmente a irrigação do respectivo tratamento pelo tempo estimado de 60 minutos.

Figura 2. Medidor de vácuo (tensímetro de punção) e tubo de plástico com cápsula na ponta e tampa de borracha (tensiômetros).



Fonte: (www.hidrosense.com.br).

Em relação ao manejo aplicado pelo produtor, de forma empírica, foi estipulada como critério a experiência do técnico agrícola da Epagri/EECD. Este, determinava o turno de rega e a lâmina de irrigação conforme as condições aparentes da lavoura e das condições climáticas, sem qualquer uso de critérios técnicos, tentando simular o realizado pela maioria dos produtores da região de Caçador, SC.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com seis repetições. As parcelas eram compostas por uma fila dupla de tomate de 6 m de comprimento espaçada em 0,8 m no interior da fila dupla, 2,2 m entre cada fila dupla (corredor por onde passava o trator pulverizando as plantas) e 0,6 m entre plantas, perfazendo 20 plantas por parcela e 11.111 plantas/hectare.

Utilizou-se o sistema de plantio direto sobre a palha de aveia branca, sem aplicação de herbicida para a dessecação. A adubação de plantio foi feita no sulco utilizando 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 2,0 kg ha⁻¹ de B (bórax). O plantio

foi realizado em 27/11/2017. As adubações de cobertura foram realizadas semanalmente, via fertirrigação, após o plantio totalizando 400 kg ha^{-1} de N, na forma de ureia, e 400 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio branco. As quantidades semanais de N e K_2O seguiram a taxa semanal de absorção proposta por HAHN e SUZUKI (2016).

O método de tutoramento de planta foi o vertical com bambu. As plantas foram conduzidas com duas hastes por planta, mantendo o broto abaixo do primeiro cacho e retirando os demais tanto da haste principal como da segunda haste. As plantas foram despontadas mantendo três folhas acima do 6^a e 7^a cacho da haste secundária e principal, respectivamente. As demais práticas culturais foram realizadas de acordo com o Sistema de Produção Integrada de Tomate Tutorado para Santa Catarina (BECKER et al., 2016).

Avaliou-se a produtividade total, comercial e descarte, e a massa média de frutos comerciais de materiais colhidos na área. Os frutos comerciais foram classificados nas classes extra AA (massa maior que 150 g) e extra A (massa entre 100 e 150 g). Foram considerados como descarte os frutos com doenças fisiológicas ou fitopatológicas, com ataque de insetos-praga e frutos miúdos (massa menor que 100 g). Foram avaliados também a frequência de irrigação e a lâmina de água aplicado durante o ciclo da cultura.

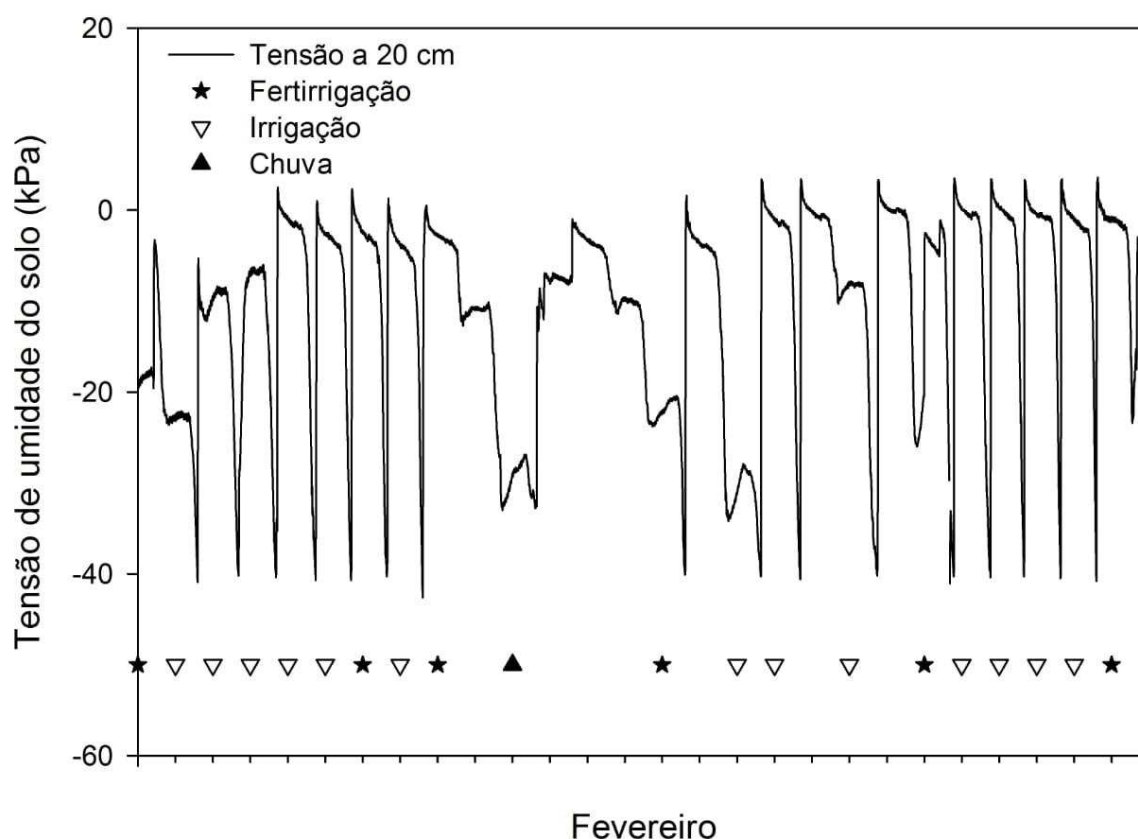
Também foram verificados a umidade do solo por tensiometria convencional e por tensiometria gasosa em todos os tratamentos nas profundidades de 20 e 40 cm. Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos de estação agroclimática automática distante em 50 metros da área experimental.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F). Havendo significância estatística ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 3, podemos observar a evolução da tensão do solo no tratamento que recebeu o manejo da irrigação pela tensiometria gasosa. Os sensores Irrigas® foram precisos em determinar as mudanças na umidade do solo por ocasião das fertirrigações bem como das precipitações. Da mesma forma a tensiometria gasosa foi eficiente em acionar o sistema de irrigação sempre que a tensão da umidade do solo excedeu o limite crítico de -40 kPa, elevando a umidade do solo para próximo da capacidade de campo (-10 kPa). Em nenhum momento a tensão de umidade do solo ficou acima do limite crítico estabelecido, o que tornou este sistema bastante confiável para o manejo da irrigação.

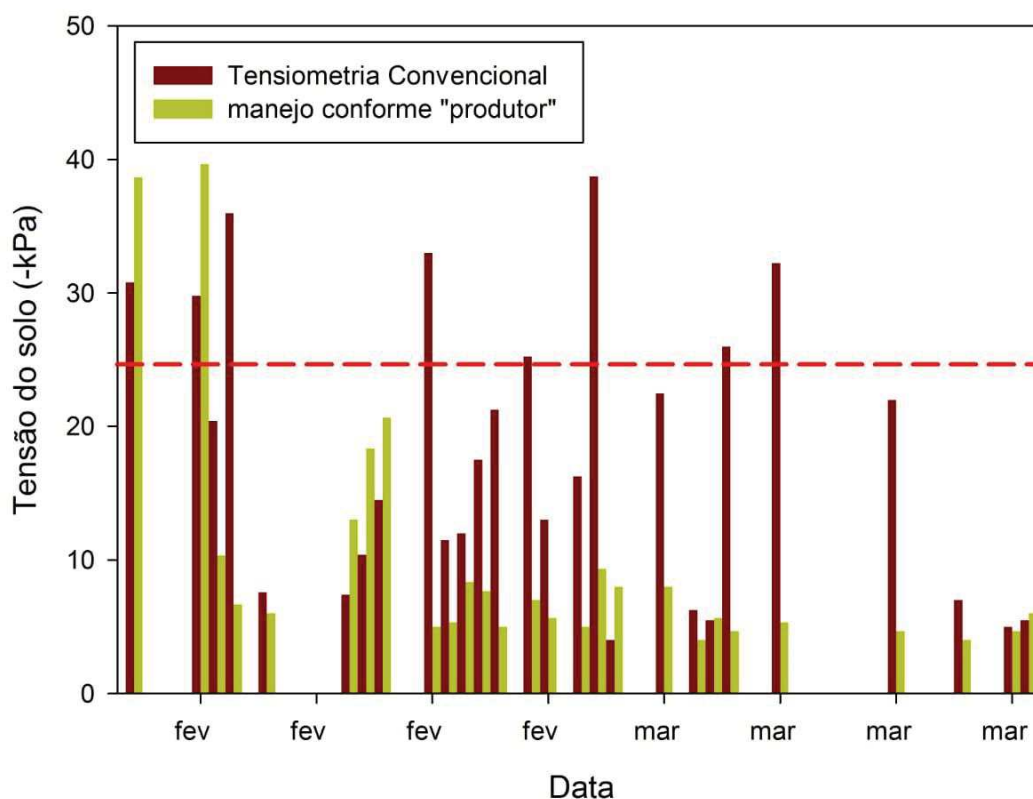
Figura 3. Evolução da tensão do solo no mês de fevereiro registrado pelo controlador eletrônico de irrigação MRI ligado aos sensores Irrigas® do tratamento baseado no manejo da irrigação pela tensiometria gasosa.



Fonte: (SERAFINI,2018).

Na Figura 4 encontra-se a evolução da tensão do solo medida por tensiômetros convencionais nos tratamentos com manejo da irrigação por tensiometria convencional e conforme o produtor padrão. Observa-se que durante o período avaliado, no tratamento baseado no manejo da irrigação pela tensiometria convencional, em vários momentos a tensão do solo ultrapassou a tensão crítica de -25 kPa estipulada para este método. Isto se deve a dificuldade de acompanhar a tensão do solo com este método em virtude que o solo pode atingir a tensão crítica em poucas horas, dependendo do clima e da fase de crescimento das plantas. É possível que as plantas sofreram estresse hídrico nesta situação. Já para o manejo baseado no produtor observa-se que em boa parte do período considerado a úmida ficou abaixo da capacidade de campo (-10 kPa), ou seja, indicando irrigações em excesso. As irrigações em excesso podem levar a problemas de lixiviação de nutrientes e falta de oxigênio as raízes.

Figura 4. Evolução da tensão do solo medido por tensiômetros convencionais nos tratamentos baseados no manejo da irrigação por tensiometria convencional e pelo “produtor”.



Fonte: (SERAFINI,2018).

A produtividade de frutos total, comercial, extra AA e extra A foi maior no manejo da irrigação pelo tensiometria gasosa, porém não se diferiu dos demais métodos de manejo (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por SANTANA et al. (2004) na cultura do cafeeiro no Distrito Federal não encontrando diferenças entre o manejo da irrigação pela tensiometria convencional, usando as tensões limites de 20; 40 e 60 kPa, e o manejo da irrigação pela tensiometria gasosa. Isto demonstra que a tensiometria gasosa pode ser utilizada sem prejuízos a produção de frutos. Entretanto destaca-se que a produtividade de tomate no presente trabalho foi baixa devido à alta incidência de murcha bacteriana na área experimental, o que afetou a expressão do potencial produtivo da cultura e, possivelmente, a obtenção de diferenças entre tratamentos.

Tabela 1. Produtividade total, comercial e descarte de frutos de tomate em função do manejo da irrigação.

Manejo da irrigação	Total	Comercial	Extra AA	Extra A	Descarte
	----- t ha ⁻¹ -----				
Tensiometria gasosa (Irrigas®)	88,5	75,6	55,2	20,4	12,9
Tensiometria convencional	80,9	66,6	49,7	16,8	14,3
Produtor (empírico)	84,4	67,5	48,3	19,2	16,9
Pr > F	0,2880 ^{ns}	0,2611 ^{ns}	0,4887 ^{ns}	0,2074 ^{ns}	0,1564 ^{ns}
C.V. (%)	9,2	14,0	19,9	17,3	22,5

^{ns} não houve diferenças significativas entre tratamentos a 5% de probabilidade de erro. Fonte: (SERAFINI,2018).

As variáveis de massa média de fruto comercial, extra AA e extra A (Tabela 2), bem como a porcentagem de frutos comerciais (Tabela 3) também apresentaram o mesmo comportamento da produtividade, sendo que as maiores massas médias foram observadas com a tensiometria gasosa, porém não se diferindo dos demais manejos.

Tabela 2. Massa média de frutos comercial em função do manejo da irrigação do tomate.

Manejo da irrigação	Comercial	Extra AA	Extra A
	----- g fruto ⁻¹ -----		
Tensiometria gasosa (Irrigas®)	177,5	198,3	139,8
Tensiometria convencional	175,8	197,3	133,7
Produtor (empírico)	170,7	193,1	132,5
Pr > F	0,2169 ^{ns}	0,3439 ^{ns}	0,1921 ^{ns}
C.V. (%)	3,7	3,1	5,1

^{ns} não houve diferenças significativas entre tratamentos a 5% de probabilidade de erro. Fonte: (SERAFINI,2018).

Já a porcentagem de frutos miúdos na irrigação manejada pelo Irrigas foi menor, mas não diferiu dos demais manejos de irrigação avaliados (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de frutos comerciais, miúdos, com podridão apical em relação a produção total, em função do manejo da irrigação.

Manejo da irrigação	Comercial	Miúdos	Podridão apical
	----- % -----		
Tensiometria gasosa (Irrigas®)	85,2	11,2	4,4
Tensiometria convencional	81,8	18,2	3,3
Produtor (empírico)	79,7	19,8	4,1
Pr > F	0,2302 ^{ns}	0,1742 ^{ns}	0,4389 ^{ns}
C.V. (%)	6,3	47,1	36,2

^{ns} não houve diferenças significativas entre tratamentos a 5% de probabilidade de erro. Fonte: (SERAFINI,2018).

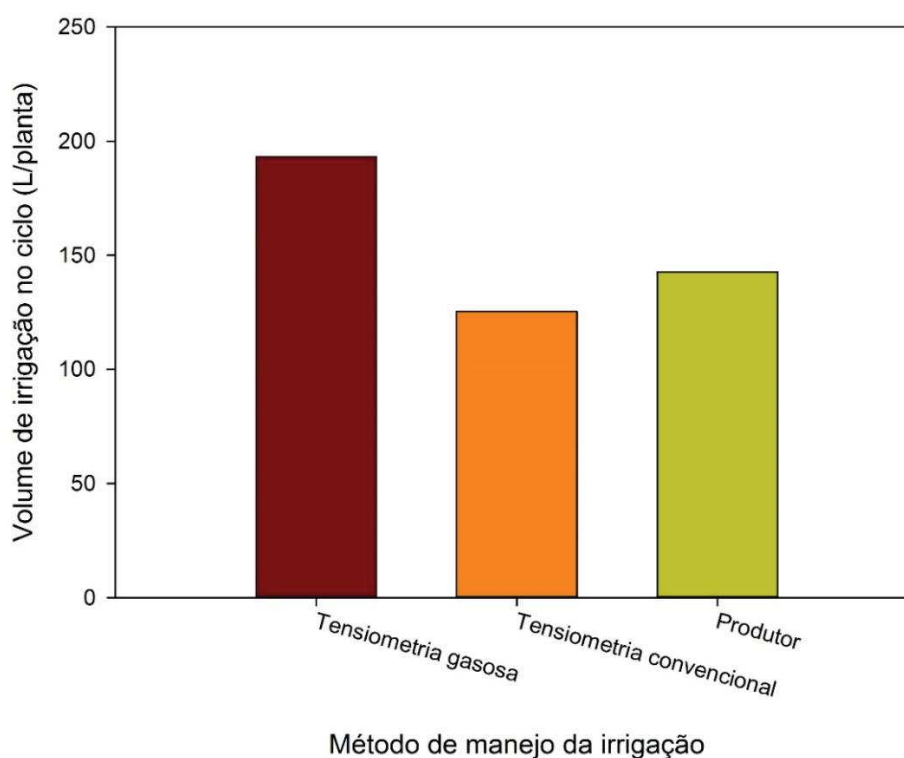
Apesar de não haver diferenças entre os manejos de irrigação para todas as variáveis analisadas, pode-se ressaltar algumas vantagens do uso da tensiometria gasosa no manejo da irrigação do tomateiro. Entre elas, a utilização do sistema Irrigas®: permite automatizar o sistema de irrigação, irrigando as plantas exatamente quando a umidade do solo atinge o limite crítico para o pleno desenvolvimento da cultura. Destaca-se que isto não acontece com outros métodos de irrigação. Na tensiometria convencional há a necessidade de diariamente se fazer as leituras manuais dos tensiômetros, independente do dia da semana. Além disso, o limite crítico de tensão no solo, para se realizar a irrigação, pode ser alcançado após a leitura dos tensiômetros convencionais e a constatação desse fato pode ser observado somente no dia seguinte, período no qual a planta ficará exposta ao déficit hídrico.

Como desvantagens do sistema de tensiometria gasosa, no qual os sensores Irrigas® são ligados ao controlador eletrônico de irrigação, pode-se citar primeiramente a necessidade de energia elétrica próxima a lavoura. A energia elétrica é necessária para energizar, além do controlador eletrônico de irrigação, o compressor de ar com reservatório (fonte de ar comprimido para a tensiometria gasosa), as válvulas solenoides (caso a irrigação seja por gravidade) ou as motobombas para o recalque.

Destaca-se também como desvantagens o alto custo de aquisição e implantação do sistema. Apesar do sistema de tensiometria gasosa ser preciso, ele é sensível a vazamentos nas tubulações que levam o ar comprimido aos sensores Irrigas®. Este exige maior cuidado dos trabalhadores nos tratos culturais para impedir que os tubos sejam perfurados por ferramentas utilizadas na lavoura.

Na figura 5, se encontram os volumes de água irrigado por planta ao longo do ciclo do tomateiro, em função dos manejos da irrigação. O maior volume de irrigação foi observado na tensiometria gasosa, seguida pelo manejo do produtor e por último na tensiometria convencional. O volume gasto na tensiometria gasosa foi excessivo, se comparado aos outros métodos, devido ao uso da curva característica de umidade do solo (FELTRIM, 2016) para o cálculo do tempo de irrigação. Por ser um modelo teórico, que pode variar dependendo do tipo de solo e do seu preparo, provavelmente este método superestimou o tempo de irrigação. Um método prático, e que considera a característica do solo da lavoura, baseia-se no uso do tensiômetro profundo, ou seja, aquele instalado na profundidade limite do sistema radicular da cultura. A indicado que o tempo de irrigação seja o suficiente para que a tensão registrada por este tensiômetro, após a irrigação, permaneça próximo da capacidade de campo (-10 kPa). Valores inferiores de tensão (-20 kPa, por exemplo) indicam que o tempo de irrigação é insuficiente para que a água da irrigação desça para a camada limite do sistema radicular. Valores superiores de tensão (-1 kPa, por exemplo) indicam que o tempo de irrigação é excessivo.

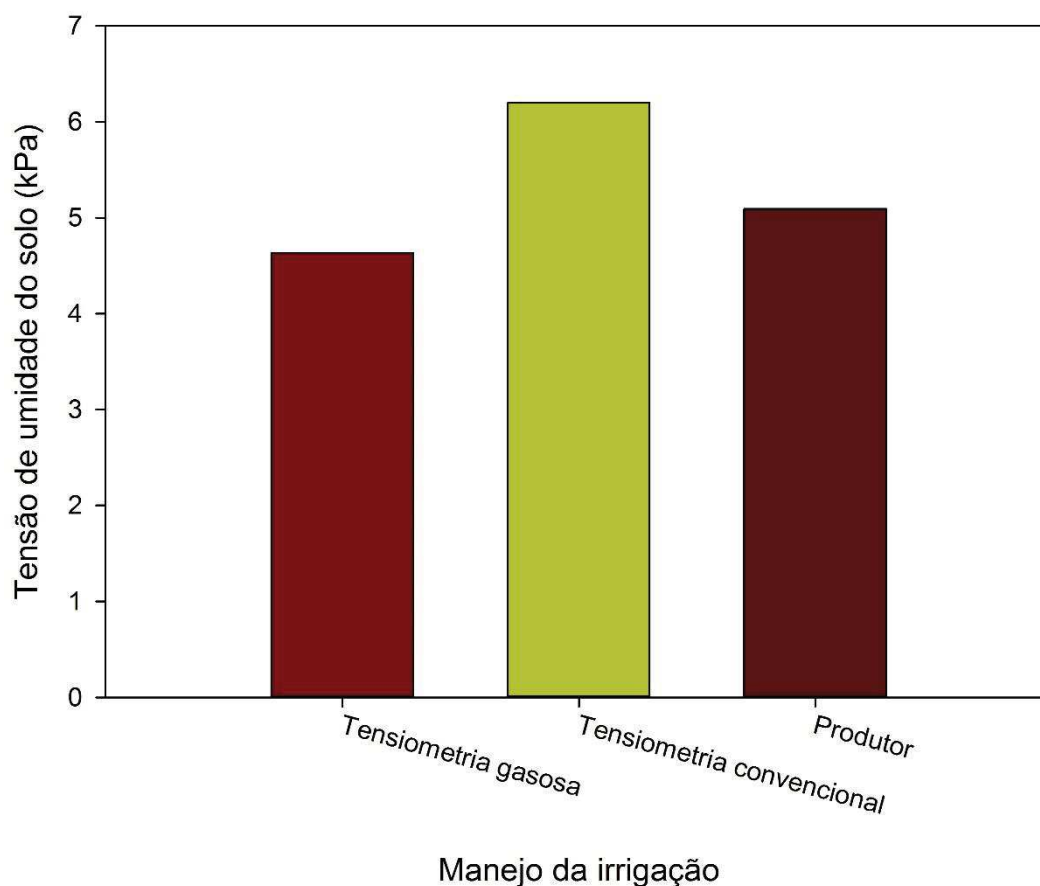
Figura 5. Volume de água irrigada durante o ciclo de cultivo do tomate em função dos métodos de manejo da irrigação.



Fonte: (SERAFINI,2018).

Já na figura 6, mostra a tensão da umidade do solo durante o ciclo em profundidade de 40 cm nos diferentes manejos. A tensiometria gasosa apontou a maior umidade do solo na profundidade de 40 cm, seguida do manejo pelo produtor e tensiometria convencional por último. O manejo pela tensiometria gasosa (Irrigas®) indica possivelmente um tempo de irrigação excessivo, assim mantendo a umidade do solo superior aos outros manejos. A tensão da umidade do solo foi menor no manejo de tensiometria convencional, pois aferia os tensiômetros todo os dias mas pode haver uma alteração em meio as avaliações e isso não acontece no Irrigas®. O Irrigas® verifica a tensão do solo em diferença de segundos, assim podendo controlar melhor a umidade do solo.

Figura 6. Tensão de umidade do solo média ao longo do ciclo na profundidade de 40 cm em função dos manejos de irrigação. Dados obtidos por tensiometria convencional.



Fonte: (SERAFINI,2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos observados como a produção, o número e a massa de frutos comercializáveis e a produção de frutos não comercializáveis, os manejos de irrigação não apresentam diferença significativa; mas na área do experimento ocorreu alta incidência de murcha bacteriana, desta forma podendo haver alterações nos dados obtidos.

Em virtude do tempo de irrigação utilizada pelo sistema Irrigas®, considerando umidade do solo em profundidade de 40 cm de profundidade e volume de água aplicado pelo método observamos uso excessivo de água; o sistema deve ser melhor ajustado para evitar desperdícios.

Podemos validar que o uso da tensiometria gasosa na região de Caçador/SC, possibilita que produtores utilizem esse manejo na cultura do tomate tendo produtividade tanto quando os outros métodos de manejo de irrigação. Para resultados melhores no sistema Irrigas® é necessário repetir o experimento a fim de aperfeiçoar o uso da tensiometria gasosa para cultura do tomate.

REFERÊNCIAS

- ANATER, Epagri/Cepa, **Sistema Anual da Agricultura de Santa Catarina**. Disponível em <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese-Anual-da-Agricultura-SC_2016_17.pdf>. Acesso em 23 jun. 2018.
- BECKER, Walter Ferreira. et al. **Sistema de Produção Integrada para o Tomate Tutorado em Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2016.149p.
- CALBO, Adonai Gimenez. **Sistema de controle gasoso de irrigação baseado na determinação de umidade do solo por meio de cápsulas porosas**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 10.p, 2000.
- CALBO, Adonai Gimenez; SILVA, Washington Luiz de Carvalho e. **Sistema Irrigas para Manejo de Irrigação: Fundamentos, Aplicações e Desenvolvimentos**. 1.ed. Brasília (DF). Embrapa, 2005.
- DELEO, João Paulo; TANUS, Tárík. **Gestão Sustentável: Tomate**. Hortifruti Brasil 14(152): 10-26p, 2016.
- Embrapa. **Soluções Tecnológicas**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/572/irrigas>>. Acesso em 24 jul. 2018.
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Estação Experimental de Caçador – EECD (1996)**. Florianópolis/SC. Disponível em:< <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/a-epagri/unidades/unidade-de-pesquisa/>>. Acesso em 18 de set.2018.
- ESPINDULA NETO, Dalmácio. **Uso racional de água e de energia elétrica na cafeicultura irrigada por pivô central e gotejamento**. 2002. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2002.
- FELTRIM, Anderson Luiz. Manejo da irrigação por gotejamento. In: BECKER, Walter Ferreira et al (Org.). **Sistema de Produção Integrada para o Tomate Tutorado em Santa Catarina**. Florianópolis. Epagri/DEMC, Cap. 5 p.57-68, dez.2016.
- GONÇALVES, Fabíola Vieira. et al. **Irrigação no cultivo orgânico de alface utilizando Irrigás, tanque Classe A e um sistema automático de baixo custo**. Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.11, p.1950-1955, nov. 2014.
- HAHN, Leandro e SUZUKI, Atsuo. Manejo de solo, adubação e nutrição de plantas. In: BECKER, Walter Ferreira et al (Org). **Sistema de Produção Integrada para o Tomate Tutorado em Santa Catarina**. Florianópolis. EPAGRI/DEMC, Cap.4 p.41-56, dez.2016.
- Hidrosense Comercio de Sistemas para Irrigação Ltda. **Tensiômetro de Punção**. Jundiaí/SP. Disponível em:<<http://www.hidrosense.com.br/controle-de->

irrigacao/tensiometro-de-puncao-20-cm>. Acesso em 23 de out. 2018.

JAMES, L. G. **Principles of farm irrigation system design**. New York: John Wiley & Sons, Krieger Publishing Company, 543 p,1988.

JENSEN, M. E. **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph. Madison, American Society of Agricultural Engineers, 829 p,1983.

KREUZ, Carlos Leomar.et al. **Análise de Estratégias para os Tomaticultores da Região de Caçador/SC (2004)**. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/12/02O129.pdf>>. Acesso em 15 jul.2018.

MACEDO, Ladilson de Souza; ALVARENGA, Marco Antônio Rezende. **Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 2, p. 296-304, mar/abr., 2005.

MARQUELLI, Waldir A; CALBO, Adonai G. **Manejo de Irrigação em Hortaliças com Sistema Irrigás**. 1. ed. Brasília (DF): Circular técnico 69, Setembro 2009.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. e; SILVA, H. R. da. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2 ed. rev. atual. ampl. - Brasília. DF: Embrapa Informação Tecnológica. 150 p, 2008.

MARTINS, et al. **Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro**. Biosci. J., Uberlândia/MG, v. 23, n. 2, p. 61-69, abr./Jun,2007.

MEDICI, L.O.et al. Automatic controller to water plants. **Scientia Agricola**, v.67, n.6, p.727-730, 2010.

MOHAMMAD, F.S. et al. Adoption of an intelligent irrigation scheduling technique and its effect on water use efficiency for tomato crops in arid regions. **Australian Journal of Crop Science**, v.7, n.3, p.305-313,2013.

MOREIRA, J.A.A.; CARDOSO, A.F.; COSTA, L.L.; RODRIGUES, M.S.; PEIXOTO, N.; LEILA T. BRAZ, L.T. Manejo da irrigação para otimização da produtividade e qualidade de frutos de tomateiro em sistema de plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 408 - 417, outubro - dezembro, 2012.

PIMENTEL, D.et al. Will limits of the earth's resources control human numbers? **Environ. Sustainability**, v.1, n.1, p.19-39, 1999.

PINMANEE, S. et al. Development of a low-cost tensiometer driven irrigation control unit and evaluation of its suitability for irrigation of lychee trees in the uplands of Northern Thailand in a participatory approach. **Journal of Horticulture and Forestry**, v.3, n.7, p.226-230,2011.

PIRES, Regina C. de M. et al. **Métodos e Manejo da Irrigação**. Centro de Ecofisiologia e Biofísica. Nov.1999.

Rural Centro. **Controlador de Irrigação e Cápsulas Porosas**. Brasília/DF. Disponível em:< <http://ruralcentro.uol.com.br/noticias/embrapa-desenvolve-novo-controlador-para-automacao-da-irrigacao-com-tecnologia-irrigas-72418>>. Acesso em 10 de out.2018.

ROMERO, R. et al. Research on automatic irrigation control: State of the art and recent results. **Agricultural Water Management**, v.114, p.59-66, 2012.

SANTANA, Márcio S; OLIVEIRA, Carlos A. da S; QUADROS, Michael. **Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada**. 2003/2004. 50 p. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília, Brasília, 2003/2004.

VIANA, J. L. B. **Manejo da irrigação por gotejamento durante o segundo ano de cultivo do cafeeiro adensado**. 2004. 44 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

WAMSER, Anderson Fernando. et al. **Produtividade de híbridos de tomate submetidos ao cultivo superadensado**. Hort. Bras. vol.30 . Vitória da Conquista/BA. jan/mar. 2012.

WAMSER, Anderson Fernando. et al. **Análise de correspondência múltipla para caracterização de produtores rurais por práticas agrícolas: tomaticultura em Caçador, Brasil**. Revista de Ciências Agroveterinárias 14: 75-83p, 2015.

WAMSER, Anderson Fernando. et al. **Uso da Tensiometria Gasosa no Manejo da Irrigação do Tomateiro em Cultivo Protegido**. Horticultura: Ciência e Tecnologia em prol ao agricultor. Simpósio Sul Brasileiro de Olericultura. Maringá/PR, agos/set. 2017.

WaterControl Instrumentos de Pesquisa e Medição. **Tensímetro Digital de Punção**. São Paulo/SP. Disponível em:<<https://www.watercontrol.com.br/produtos/irrigacao/tensimetro-digital-de-puncao>>. Acesso em 05 de nov. 2018.