

JULIANA HUGEN CECHINEL

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRIGAÇÃO NO
DESENVOLVIMENTO DA PLANTA E NA QUALIDADE DOS
FRUTOS DE MACIEIRAS 'KINKAS' EM SÃO JOAQUIM**

Dissertação apresentada ao curso de
Pós-Graduação em Ciência do Solo como
requisito parcial para a obtenção do título
de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. PhD. Paulo Roberto Ernani

Lages, SC
2016

Cechinel, Juliana Hugen
Influência da irrigação e da fertirrigação no
desenvolvimento da planta e na qualidade dos frutos
de macieiras 'Kinkas' em São Joaquim/ Juliana Hugen
Cechinel. - Lages, 2016.

71p. :il. ; 21 cm

Orientador: Ph. D. Paulo Roberto Ernani
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, Lages, 2016.

1. Atributos pós-colheita a. 2. Concentração de
nutrientes b.3. Estruturas reprodutivas
I. Cechinel, Juliana Hugen. II. Ernani, Paulo
Roberto. III. Universidade do Estado de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do
Solo. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno.

JULIANA HUGEN CECHINEL

INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO E DA FERTIRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DA PLANTA E NA QUALIDADE DOS FRUTOS DE MACIEIRAS 'KINKAS' SÃO JOAQUIM

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Mestre em Ciência do Solo, Área de concentração: dinâmica de elementos químicos e nutrição de plantas.

Banca examinadora

Orientador/Presidente:

Ph.D. Paulo Roberto Ernani
(UDESC/Lages - SC)

Membro:

Ph. D. Cassandro Vidal Talamini
do Amarante
(UDESC/Lages - SC)

Membro externo:

Dra. Marlise Nara Ciotta
(EPAGRI/ São Joaquim SC)

Lages, SC, 18/02/2016.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar a vida, iluminar meu caminho e guiar meus passos.

Ao meu marido, Evandro, por todo apoio nessa nova fase.

A minha filha Alice, que mesmo com apenas quatro anos, me apóia e compreende os momentos de ausência.

Aos meus pais e irmãos por me apoiarem e ajudarem sempre em tudo que precisei.

Aos familiares e amigos que de alguma forma me apoiaram e ajudaram na realização deste trabalho.

Ao professor Ph.D. Paulo Roberto Ernani pela orientação.

Aos pesquisadores Dr. Gilberto Nava (Embrapa) e Dra. Marlise Nara Ciotta (Epagri) pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos funcionários da Epagri-SJ, principalmente Adriana, Adriano e Miguel, por todo apoio.

Aos colegas do laboratório de Fertilidade do Solo do CAV pela ajuda nos momentos necessários.

A todos que de alguma forma fizeram parte deste trabalho.

Muito obrigada!

“O importante não é a magnitude de nossas ações, mas sim a quantidade de amor que é colocada nelas”.

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

CECHINEL, Juliana Hugen. **Influência da irrigação e da fertirrigação no desenvolvimento da planta e na qualidade dos frutos de macieiras ‘Kinkas’ em São Joaquim.** 2016. 71 p. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Área: Fertilidade e Química do Solo. Universidade do Estado de Santa Catarina - Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, SC, 2016.

O déficit hídrico pode afetar o desenvolvimento e produtividade de macieira, principalmente quando ocorre nos estádios de maior desenvolvimento das plantas e dos frutos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade de desenvolvimento das plantas e do rendimento e qualidade de maçãs em função da irrigação e da forma de aplicação de adubos no solo. O experimento foi conduzido na safra 2014/15 em um pomar instalado em um Cambissolo Húmico na Estação Experimental da Epagri em São Joaquim (SC), com a cultivar “Kinkas”. Utilizaram-se os seguintes tratamentos: adubação sólida convencional (ASC); adubação sólida convencional + irrigação (ASC+I); fertirrigação + irrigação (F+I); e fertirrigação (F). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com oito repetições. A determinação da necessidade e tempo de irrigação foi determinada pela média das leituras de tensiômetros instalados a 15 e 30 cm de profundidade entre as unidades experimentais. Foram avaliados os teores de Ca, Mg, P e K no solo e nos frutos, teores de macro e micronutrientes nas folhas, parâmetros de produtividade, além dos sólidos solúveis, acidez titulável e firmeza de polpa. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), e teste de comparação de médias de Duncan.

Nos atributos de solo não houve diferença entre tratamentos. Nas folhas, os teores de Ca foram maiores no tratamento I +F em relação ao ACS + I. Para Mg, os maiores teores ocorreram nos tratamentos de ACS e ACS + I em relação a I + F e F. Para o K, os tratamentos de I + F e F tiveram maiores teores em relação a ACS e ACS + I. Os teores de P e N não diferiram com os tratamentos. com relação aos micronutrientes apenas o B apresentou teores maiores no tratamento com F em relação a ACS e ACS + I. O número de frutos e a produtividade não foram afetadas. A concentração de açúcares (°Brix) foi menor no tratamento com fertirrigação. Na polpa, os maiores teores de K foram observados nos tratamentos fertirrigados; já para Ca e Mg os maiores teores foram observados nos tratamentos com ASC.

Termos de indexação: Atributos pós-colheita, concentração de nutrientes, estruturas reprodutivas.

ABSTRACT

CECHINEL, Juliana Hugen. **Influence of irrigation and fertirrigation in the growth of apples, cultivar Kinkas in São Joaquim, souther of Brazil.** 2016. 71 p. Dissertation in Soil Science. Area: Fertility and Soil Chemistry. Santa Catarina State University - Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2016.

Deficit of water in the soil may affect growth and yield of apple orchards, mainly when occurs in the stages of high plant and fruit st. The objective of this study was to evaluate the effect of irrigation and forms of fertilizers addition to the soil nutrient availability in the soil, in the leaves and in the fruit as well as plant growth, and quality and yield of fruits. The experiment was conducted in the season of 2014/15 in an orchard planted on an Haplumbrept in São Joaquim, southern of Brazil, with a cultivar Kinkas. Were used the following treatments: conventional solid fertilization (CSF); CSF + irrigation (CSF+I); fertirrigation (F); and (F+I). It was used the completely randomized block design, with eight replications. The need of irrigation was determined through tensiometer readings, installed in the experimental units at 15 and 30 cm depth. It was determined the contents of Ca, Mg, P and K in the soil and in the fruits, macro and micronutrients in the leaves, fruit yield, soluble solids, acidity and flesh firmness. Data were submitted to Analysis of Variance ($p \leq 0.05$) followed by comparison of means through the Duncan test. Soil attributes were not affected by the treatments.

In the leaves, Ca contents were higher on the treatment I+F than on CSF+I. For Mg, the higher contents occurred on treatments CSF and CSF+I relatively to I+F and F. For K, treatments I+F and F presented higher values than CSF and CSF+I. The contents of P and N were not affected by treatments. For micronutrients, only B was affected, presenting higher values on the F treatment relatively to CSF and CSF+I. Fruit number and fruit yield were not affected by any treatment. The concentration of sugars (°Brix) was lowest in the fertirrigated treatment. In the fruit flesh, the higher values of K occurred on fertirrigated treatments; for Ca and Mg, however, the highest values occurred on CSF treatments.

Index terms: Postharvest attributes, concentration of nutrients, reproductive structures

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Monitoramento da tensão de água no solo com uso de tensímetro digital..... 40
- Figura 2 - Escala de degradação do amido em uma escala de 1 a 9 para comparação com os frutos da amostra..... 43
- Figura 3 - Medida da altura de plantas. 45
- Figura 4 - Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim, durante a safra 2014/15 em comparação com a média histórica na região. 46
- Figura 5 - Monitoramento da tensão de água no solo na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante a safra 2014/15. 47
- Figura 6 - Distribuição da concentração de nutrientes na polpa de maçãs 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, safra 2014/2015. 60
- Figura 7 – Distúrbios fisiológicos nos frutos de macieiras 'Kinkas' após o armazenamento em câmara fria com atmosfera controlada, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/15. 64

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores de pH e teores de nutrientes no solo cultivado com macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, no ano 2014.
..... 48
- Tabela 2 - Valores de pH e teores de nutrientes no solo cultivado com macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, no ano 2015.
..... 49
- Tabela 3 - Teores de K e Mg no solo cultivado com macieiras 'Kinkas', em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, nos anos 2014 e 2015. 50
- Tabela 4 - Parâmetros de crescimento de macieiras da cultivar Kinkas em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015..... 51
- Tabela 5 - Teores de macronutrientes nas folhas de macieira 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015..... 52
- Tabela 6 - Teores de micronutrientes nas folhas de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015..... 53
- Tabela 7 - Componentes do rendimento para os frutos de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015..... 54

Tabela 8 - Dados de sólidos solúveis, acidez e firmeza de polpa pós-colheita para os frutos de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015..... 55

Tabela 9 - Teores de macronutrientes na polpa de maçãs 'Kinkas', na região proximal do fruto, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015..... 57

Tabela 10 - Teores de macronutrientes na polpa de maçãs 'Kinkas', fatia longitudinal, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015..... 58

Tabela 11 - Teores de macronutrientes na polpa de maçãs 'Kinkas', região distal dos frutos, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015..... 59

Tabela 12 - Sólidos solúveis, acidez e firmeza de polpa após o armazenamento em câmara fria com atmosfera controlada, para os frutos de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/15..... 62

Tabela 13 - Dados físico-químicos na pós-colheita e após o armazenamento para os frutos de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/15..... 63

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 27 |
| 2. | REFERENCIAL TEÓRICO | 30 |
| 2.1. | CULTIVAR “Kinkas”..... | 30 |
| 2.2. | IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DA MACIEIRA..... | 30 |
| 2.3. | NUTRIÇÃO MINERAL DA MACIEIRA | 33 |
| 2.4. | CRESCIMENTO DE FRUTOS | 35 |
| 3. | OBJETIVOS | 35 |
| 4. | MATERIAL E MÉTODOS | 36 |
| 4.1. | CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO | 36 |
| 4.2. | CARACTERÍSTICAS DOS TRATAMENTOS..... | 37 |
| 4.3. | CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO..... | 38 |
| 4.3.1. | Leitura dos tensiômetros | 38 |
| 4.3.2. | Determinação do tempo de irrigação..... | 39 |
| 4.4. | ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO..... | 40 |
| 4.5. | ANÁLISE QUÍMICA DAS FOLHAS..... | 41 |
| 4.6. | COLHEITA | 41 |
| 4.7. | ANÁLISE QUÍMICA DA POLPA..... | 44 |
| 4.8. | AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E ESTRUTURAS REPRODUTIVAS | 44 |
| 4.9. | ANÁLISE ESTATÍSTICA | 45 |
| 5. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 45 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.1. | MONITORAMENTO HÍDRICO DO SOLO | 45 |
| 5.2. | TEORES DE NUTRIENTES NO SOLO | 48 |
| 5.3. | PARÂMETROS DE CRESCIMENTO | 50 |
| 5.4. | TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS | 51 |
| 5.5. | RENDIMENTO DE FRUTOS | 53 |
| 5.6. | ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS NA COLHEITA..... | 54 |
| 5.7. | TEORES DE NUTRIENTES NA POLPA FRESCA | 55 |
| 5.8. | ARMAZENAMENTO DE FRUTOS | 61 |
| 6. | CONCLUSÕES | 65 |
| 7. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 65 |
| 8. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 66 |

1. INTRODUÇÃO

A macieira, *Malus domestica* Bork, é uma planta da família Rosaceae, subfamília Pomoideae, perene, de porte arbóreo, exigente em frio para superação de dormência, e se desenvolve em solos com boas profundidades e boa drenagem.

O sistema radicular das macieiras normalmente explora um grande volume de solo. Além de uma função de suporte, as raízes devem ser suficientemente ativas na produção de pelos radiculares no início da primavera, de forma a absorver água e nutrientes no início do período de crescimento rápido da parte vegetativa. (EPAGRI, 2006). A raiz principal é lenhosa e tem uma vantagem adaptativa em períodos curtos de seca, pois faz com que ainda obtenha água disponível nesses períodos. As estruturas de frutificação da macieira consistem de brindilas longas, esporões e brindilas curtas (EPAGRI, 2006).

Para que as plantas produzam adequadamente necessitam ter condições ideais para crescimento e desenvolvimento. Porém nos últimos anos, na região Sul do Brasil, tem-se observado alternância entre anos com precipitações acima da média e anos com baixos índices pluviométricos. Estas irregularidades normalmente são atribuídas aos fenômenos climáticos *La Niña* e *El Niño*. A precipitação pluviométrica é um dos fatores climáticos mais importantes para o desenvolvimento da macieira, especialmente no período de setembro a maio.

A região de São Joaquim possui, predominantemente, Neossolos e Cambissolos, caracterizados por serem pouco profundos, com ocorrência de afloramento de rochas, textura argilosa, origem basáltica, e moderadamente drenados.

Quimicamente, são solos fortemente ácidos com saturação baixa de bases e teores altos de alumínio trocável e matéria orgânica (EPAGRI, 2002).

A exigência hídrica da cultura da macieira não é muito alta, porém estiagens no período de crescimento dos frutos alteram o tamanho e a diferenciação de gemas florais do ano seguinte, além de prejudicar a absorção de nutrientes (NACHTIGALL; HOFFMANN, 2004). Sendo assim, sistemas de irrigação se mostram vantajosos para diminuir o déficit hídrico da cultura nos períodos de maior exigência, mantendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas e melhorando a qualidade dos frutos. No início do desenvolvimento dos frutos, que é o período de divisão celular, ocorre um aumento na respiração e uma maior exigência hídrica. Isso ocorre também na fase de alongação celular, que é a fase de crescimento dos frutos.

O consumo de água pelas macieiras é decorrente principalmente das condições climáticas existentes durante o ciclo de desenvolvimento das plantas, sendo que a temperatura, a irradiação global, o déficit de pressão de vapor e a umidade relativa do ar são os principais determinantes; a velocidade dos ventos apresenta poucos efeitos sobre o mesmo (CONCEIÇÃO, 2006).

A planta somente absorve nutrientes disponíveis a partir da solução do solo. A solução do solo contém praticamente todos os componentes orgânicos e inorgânicos existentes na fase sólida do solo (ERNANI, 2008). Uma vez que a planta absorve água, acaba absorvendo juntamente os nutrientes contidos na solução do solo. Quanto maior for a taxa de transpiração foliar, maior será a taxa de absorção de água e nutrientes.

Os nutrientes contidos na solução do solo podem

ser provenientes da fração mineral do solo, das adubações convencionais utilizadas ou ainda, em cultivos com sistemas de irrigação, através da fertirrigação. A fertirrigação disponibiliza nutrientes dissolvidos na água de irrigação, que podem ser prontamente incorporados à solução do solo e disponíveis para serem absorvidos pelas plantas.

Segundo DENARDI (2006), pomares implantados com porta-enxertos M9 e seus descendentes absorvem cálcio facilmente, elemento esse essencial para a qualidade dos frutos. O cálcio é de fundamental importância na cultura da macieira e sua absorção é favorecida por um balanço entre a disponibilidade de outros nutrientes como o nitrogênio. Além disso, pH baixo e alta disponibilidade de potássio e magnésio dificultam a absorção do cálcio. A deficiência de cálcio na cultura da macieira resulta no aparecimento de distúrbios fisiológicos, tanto durante o crescimento e desenvolvimento dos frutos quanto em pós-colheita.

Em condições de baixa disponibilidade de cálcio, ocorre forte competição entre a absorção pelas folhas e pelos frutos, e os frutos são os mais prejudicados principalmente quando o suprimento de água é escasso e a transpiração foliar é alta devido a altas temperaturas. Essas condições diminuem a absorção de cálcio via sistema radicular (BASSO, 2006). A disponibilidade de nutrientes adequada, via fertirrigação, pode melhorar as condições de absorção de cálcio e dos demais nutrientes, podendo diminuir assim a ocorrência de distúrbios fisiológicos.

Com a utilização da fertirrigação torna-se possível a aplicação de água e nutrientes durante os estádios onde a cultura mais necessita. Com a utilização da fertirrigação a planta passa a utilizar mais efetivamente o seu sistema radicular na absorção de nutrientes

(COELHO et al., 2003). A planta pode atingir todo seu potencial na absorção de nutrientes, inclusive absorvendo mais do que o necessário.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. CULTIVAR “Kinkas”

A cultivar Kinkas (acesso SCS 146) é resistente à sarna da macieira (*Venturia inaequalis*), à mancha da Gala (*Colletotrichum gloeosporioides*), de boa aparência produtiva, exigente em frio e de ciclo tardio (BONETI et al., 2009). A maturação de seus frutos ocorre aproximadamente uma semana após a maturação da cv. Fuji. Entretanto, mostrou-se sensível a deficiências de cálcio, devendo-se realizar adubações corretivas e de manutenção conforme as recomendações para a cultura da macieira. Em anos com primavera seca ou em plantas com excesso de vigor pode haver a incidência de ‘biter pit’ na mesma intensidade que ocorre na cv. Fuji. Por isso, recomenda-se uma boa correção do solo e pulverização das plantas com cálcio durante a primavera e o verão, de modo similar ao efetuado nas cvs. Fuji e Gala (BONETI et al., 2009). Desse modo, a utilização do sistema de irrigação e fertirrigação pode diminuir a ocorrência de distúrbios fisiológicos em anos com déficit hídrico.

2.2. IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DA MACIEIRA

O aporte de água para as frutíferas temperadas e tropicais é necessário para assegurar a floração, a

fecundação e o crescimento dos frutos (PEREIRA et al., 2009). Em áreas irrigadas, o monitoramento da água no solo é indispensável para um manejo correto e econômico dos recursos hídricos, a fim de se evitar perdas de água, energia e produção. O solo é considerado um reservatório no qual a água é armazenada e disponibilizada para as culturas (CONCEIÇÃO, 2010). Cada solo apresenta uma capacidade de água disponível (CAD). De maneira geral, os valores da CAD são de 50 mm de água por metro de profundidade (50 mm/m), em solos de menor capacidade de retenção de água, até 200 mm/m, nos solos de maior capacidade de retenção (ALLEN et al., 1998). Quanto mais seco o solo, maior a dificuldade da planta em absorver água e nutrientes.

Os atributos que influem na retenção de água no solo têm sido intensamente estudados por ser a água um dos fatores limitantes à produtividade das culturas. O conteúdo de água retido no solo em determinada tensão é característica específica de cada solo e resulta da ação conjunta e complexa de vários fatores como porosidade, densidade, textura e superfície específica (BEUTLER et al., 2002).

A partir do consumo da água do solo facilmente disponível para a cultura (AFDC), se inicia um processo de déficit hídrico, com a redução da evapotranspiração da cultura (ET_c) (CONCEIÇÃO, 2010). A utilização de tensiômetros vem sendo amplamente utilizada visando a interpretação correta da de tensão da água no solo. Esses instrumentos medem a tensão matricial de água no solo, indicando o momento apropriado para realização da irrigação.

A estimativa da demanda hídrica da cultura é realizada através de dados do coeficiente da cultura (K_c). Existem dados de K_c para macieira em diferentes

partes do mundo, porém estes valores dependem de fatores específicos de cada solo. A demanda hídrica e os coeficientes da cultura (K_c) da macieira para as condições brasileiras foram determinados por Conceição et al. (2011) na região de Vacaria, RS, sendo em média 0,58.

Na fase de crescimento, as altas temperaturas, iguais ou superiores a 30°C, tendem a ser mais prejudiciais que baixas temperaturas, agravando-se quando acompanhadas de estresse hídrico (PETRI, 2006), podendo causar além de distúrbios fisiológicos, a redução da frutificação efetiva e do tamanho final dos frutos. Queimaduras de sol nos frutos também são frequentes em condições de temperaturas elevadas e déficit hídrico (PETRI, 2006). Fallahi et al. (2010) relatam que houve redução da incidência de queimadura de sol em frutos de plantas sob sistemas de irrigação localizada, pois possuem uma copa mais desenvolvida e maior área foliar.

Segundo Petri (2006), períodos de estiagem durante o estágio de crescimento dos frutos poderão afetar o tamanho dos mesmos, além da diferenciação de gemas floríferas para o ano seguinte, sendo que a formação de flores coincide temporalmente com o desenvolvimento de brotos e frutos, influenciando no metabolismo das gemas jovens (PETRI et al., 2011).

O manejo da irrigação em regiões de clima temperado, tropical e subtropical que apresentam precipitação pluviométrica em volumes adequados, porém mal distribuídos, ainda não está bem estabelecido (AL-YAHYAI, 2012). Com a crescente demanda por novas cultivares, pomares mais adensados e diferentes sistemas de condução, o impacto dos vários sistemas de irrigação e da forma de aplicação da água na qualidade dos frutos e na produção de maçãs precisam ser melhor

estudados (FALLAHI et al., 2010).

2.3. NUTRIÇÃO MINERAL DA MACIEIRA

Na implantação do pomar é imprescindível proceder a escolha adequada do local, bem como tomar medidas para melhorar as condições físicas do solo, através de subsolagem e aração profunda, bem como das condições químicas, através de calagem e da adubação (NAVA et al., 2003).

Para obter o melhor rendimento da cultura o solo deve ser bem preparado antes do plantio das mudas de macieira. Deve-se corrigir o pH em água do solo para 6,0-6,5 e aumentar o teor de nutrientes através de adubações, conforme as recomendações do órgão oficial de pesquisa para Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004). Anualmente é realizada a adubação de manutenção do pomar, visando repor os nutrientes extraídos pela cultura considerando a análise de solo e das folhas. Em pomares com sistema de irrigação é possível realizar essa reposição através de fertirrigações, de forma gradual, em diferentes estádios do ciclo produtivo da cultura.

O nitrogênio (N) tem grande influência na macieira. A deficiência de N prejudica o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a frutificação efetiva, além de favorecer a queda prematura das folhas e a alternância anual da produção. O excesso de N, por outro lado, também é prejudicial, pois estimula o desenvolvimento excessivo da vegetação, com reflexos negativos na qualidade das gemas e dos frutos, principalmente na coloração, no aparecimento de distúrbios fisiológicos, e na conservação (ERNANI, 2003). O N é suprido às raízes basicamente por fluxo de massa, em virtude de

que as formas no solo prontamente disponíveis às plantas (amônio e nitrato) se encontram quase que totalmente na solução do solo. Em épocas de déficit hídrico o suprimento de N é prejudicado. Embora os solos da região de São Joaquim possuam altos teores de matéria orgânica, a macieira tem respondido à adubação nitrogenada em função da característica de serem solos rasos e pedregosos, e o volume explorado pelas raízes ser pequeno.

As frutíferas em geral respondem pouco à adubação fosfatada de manutenção em solos que são corretamente corrigidos com fósforo (P) na implantação dos pomares. Esta baixa resposta das frutíferas deve-se principalmente ao maior período que essas culturas dispõem para absorver P, quando comparado às culturas anuais. Os altos teores de matéria orgânica encontrados na região de São Joaquim contribuem significativamente para o suprimento de P à cultura (NAVA et al., 2013).

O potássio (K) é dos nutrientes mais exportados pelo fruto, na colheita. Está relacionado com rendimento, mas especialmente qualidade, pela sua função no controle hídrico da planta e transporte de açúcares entre os tecidos da planta (CIOTTA, 2015). A difusão é o principal mecanismo de suprimento desse nutriente às plantas, e a umidade do solo exerce importante influência nesse processo (NAVA et al., 2002).

Para a macieira a disponibilidade e absorção de cálcio (Ca) são de grande importância, pois deficiências de Ca levam a distúrbios fisiológicos como o 'bitter pit'. O movimento de Ca para o fruto ocorre com o suprimento de água, através do xilema, especialmente durante a fase de divisão celular, que ocorre até cerca de 40 dias após a plena floração. Após este período, o suprimento de água para o fruto passa a ser via floema, no qual a mobilidade do Ca é muito baixa (Taiz & Zeiger, 2004)

2.4. CRESCIMENTO DE FRUTOS

Segundo Iuchi (2006), o desenvolvimento de um fruto de macieira pode ser dividido fisiologicamente em quatro estágios: divisão celular, diferenciação dos tecidos, maturação e senescência. De acordo com este autor, a divisão celular vai desde o início da formação do fruto até três a quatro semanas após a plena floração. Este estágio é caracterizado por intensa atividade metabólica, evidenciada pela alta taxa respiratória. A diferenciação dos tecidos é caracterizada pelo aumento no tamanho das células, proporcionando o crescimento dos frutos. A maturação ocorre quando as sementes atingem a maturação fisiológica para reprodução, sendo que ao final da maturação fisiológica ocorre a maturação comercial. O último estágio é o da senescência, quando os frutos começam a perder suas propriedades organolépticas.

Para obtenção do máximo potencial produtivo, os frutos em desenvolvimento precisam atrair fotoassimilados, nutrientes minerais e água. O déficit hídrico tem efeito maior sobre o crescimento do que sobre a produção e isso implica que, onde o suprimento de carboidratos é restrito, a alocação para os frutos tem prioridade sobre a alocação para novos crescimentos. Em solos rasos, em anos de déficit hídrico o suprimento de nutrientes é mais prejudicado que em solos profundos.

3. OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da irrigação e da fertirrigação no crescimento e desenvolvimento das plantas, no teor de nutrientes no

solo, nas folhas e na polpa dos frutos, no incremento na produtividade e na qualidade dos frutos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O presente trabalho foi desenvolvido na cidade de São Joaquim – SC (29° 16' 39" S e 49° 55' 56" W), em um pomar na Estação Experimental da Epagri – EEESJ, a 1415 metros de altitude, durante a estação produtiva 2014/2015. O clima predominante nesta região é o Cfb, segundo a classificação de Koeppen (PANDOLFO, 2002), ou seja, clima temperado úmido com verões amenos.

O pomar foi implantado em 2011 com a cultivar Kinkas sobre porta enxerto Marubakaido com interenxerto M-9, sobre um Cambissolo húmico (EPAGRI, 2002). A polinizadora utilizada foi a cultivar Monalisa, que assim como a cultivar Kinkas, é resistente a sarna da macieira (*Venturia inaequales*), principal doença da macieira na região de estudo, e a mancha da Gala (*Colletotrichum gloeosporioides*). As plantas foram conduzidas no sistema de líder central, com espaçamento entre plantas de 1,5 m e entre filas de 4,5 m, totalizando 1481 plantas por hectare.

O pomar foi implantado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura, realizando o preparo inicial do solo com aração e gradagem, correção da acidez e fertilidade do solo. O pH_{H₂O} do solo foi corrigido para 6,5. A adubação corretiva foi realizada com a aplicação de K₂O e P₂O₅, de acordo com as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para RS e SC (2004). Em outubro de 2012 foi

instalado o sistema de irrigação por gotejamento. O experimento foi conduzido por Castelo Branco durante as safras de 2012/13 e 2013/14. As análises físico-químicas do solo realizadas antes da correção revelaram os seguintes resultados: pH em água de 5,1; 6,1 mg kg⁻¹ de P; 79 mg kg⁻¹ de K; 46 mmolc dm⁻³ de Ca; 21 mmolc dm⁻³ de Mg; 65 g dm⁻³ de matéria orgânica e 290 g dm⁻³ de argila, (CASTELO BRANCO, 2014).

4.2. CARACTERÍSTICAS DOS TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito repetições, para quatro tratamentos, sendo eles: adubação sólida convencional (ASC) (em cobertura); adubação sólida convencional + irrigação (ASC + I); irrigação + fertirrigação (I + F); e fertirrigação (F). As parcelas foram constituídas por seis plantas, sendo as quatro centrais utilizadas para as determinações.

A quantidade de nutrientes (N e K) aplicados foi a mesma em todos os tratamentos, diferindo apenas a forma física de aplicação, ou seja, convencional ou fertirrigação. Para a adubação convencional foi utilizado ureia e cloreto de potássio; para a fertirrigação foi utilizado ureia e adubo formulado 5-5-45.

Os tratamentos fitossanitários seguiram as recomendações para a cultura da macieira segundo Epagri (2002), exceto para o controle da sarna devido a cultivar ser resistente a essa doença.

A adubação convencional foi dividida em três aplicações: 28/09/2014, 28/10/2014 e 25/11/2014. As adubações dos tratamentos com fertirrigação (I+F e F), foram realizadas quinzenalmente em seis aplicações de novembro a fevereiro: 14/11/2014, 01/12/2014,

18/12/2014, 05/01/2015, 20/01/2015, 04/02/2015. Em cada adubação foi aplicado 3,2 kg do adubo formulado 5-5-45 e 1,2 kg de ureia em cada unidade experimental.

Para realização da fertirrigação, as parcelas receberam água sequencialmente durante meia hora para enchimento completo das mangueiras, meia hora para aplicação dos adubos e mais meia hora para limpeza das mangueiras e dos gotejadores, o que equivale a 4 mm de água aplicada quinzenalmente.

4.3. CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

A obtenção da curva de retenção de água no solo foi realizada no ano da implantação do sistema de irrigação. Para obtenção da curva, utilizaram-se anéis com volumes de 98,2 cm³ para coleta de amostras com estrutura preservada, nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm. As amostras foram submetidas a tensões -0,1 kPa, -0,6 kPa, -1,0 kPa, -3,3 kPa, -10 kPa, -50 kPa, -100 kPa, -150 kPa para determinar a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), e assim obter a curva de retenção de água no solo. Obteve-se a curva relacionando-se os valores obtidos de umidade volumétrica e tensão do solo. A partir desses valores ajustou-se a equação de Van Genuchten (1980) como descrito em Castelo Branco (2014).

4.3.1. Leitura dos tensiômetros

Entre as plantas centrais de seis parcelas de cada fila foram instalados dois tensiômetros de punção para monitoramento hídrico, totalizando 48 tensiômetros no experimento. Um tensiômetro foi instalado a 15 cm e o

outro a 30 cm de profundidade, monitorando a tensão da água no solo nas faixas entre 5 e 25 cm e 20 a 40 cm de profundidade respectivamente.

Os tensiômetros de punção possuem uma cápsula de porcelana na extremidade inferior, um tubo plástico que varia de tamanho conforme a profundidade amostrada, um visor de plástico transparente que fica na superfície do solo e indica o nível de água no equipamento, além de uma tampa de borracha ou “rolha” na extremidade externa onde é fixada a agulha do tensímetro digital que realiza a leitura. O funcionamento do tensiômetro é simples. Após estar completamente cheio de água e em solo saturado, nenhuma água passará pela cápsula e não haverá vácuo. À medida que o solo seca, a água sai do tensiômetro através da capa porosa, criando um vácuo no interior do tubo equivalente a tensão da água no solo (AZEVEDO; SILVA, 1999).

No início da brotação das plantas, em setembro de 2014, iniciou-se o monitoramento dos tensiômetros para determinar o potencial matricial do solo. As leituras da tensão da água no solo foram realizadas utilizando um tensímetro digital (Figura 1), duas vezes na semana durante todo o período reprodutivo.

4.3.2. Determinação do tempo de irrigação

O sistema de irrigação localizada por gotejamento foi instalado em outubro de 2012, utilizando-se duas mangueiras, uma para irrigação e outra para fertirrigação, com gotejadores espaçados 0,6 m e vazão de 1,6 L por hora (CASTELO BRANCO, 2014).

A determinação da necessidade e do tempo de irrigação foi realizada de acordo com as médias das leituras dos tensiômetros e a curva de retenção de água

no solo determinada por Castelo Branco (2014), para que a tensão se mantivesse em -10 kPa (CC)

Figura 1 - Monitoramento da tensão de água no solo com uso de tensímetro digital.



Fonte: próprio autor

4.4. ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Em setembro de 2014 foram coletadas amostras de solo em quatro pontos distintos de cada parcela experimental, assim como em setembro de 2015. Estas foram misturadas e homogeneizadas, para avaliar a influência da fertirrigação na distribuição dos nutrientes no solo. Para a coleta das amostras foi utilizado trado de rosca, a uma profundidade de 0-20 cm. Após a coleta, as amostras foram secas em estufa a 65°C, destorroadas, peneiradas em peneiras com malha de 2 mm e acondicionadas em recipientes plásticos para posterior determinação de pH, argila, P, K, Ca, Mg, Al e matéria orgânica (MO). A metodologia utilizada para realização das análises foi a proposta por Tedesco et al. (1995).

4.5. ANÁLISE QUÍMICA DAS FOLHAS

Na primeira quinzena de fevereiro do ano de 2015 foi realizada a coleta das folhas no terço médio de ramos do ano e nos quatro quadrantes da planta, totalizando 40 folhas por amostra. As amostras foram secas em estufa a 65°C, moídas em moinho tipo Willey e armazenadas em sacos plásticos. Para a determinação de K, P, Fe, Zn e Mn foi utilizado o método de digestão seca, pela queima em mufla, (EMBRAPA, 2009). Para determinação de N, Ca e Mg, a metodologia utilizada foi a digestão úmida com H₂SO₄, descrita por Tedesco (1995). O boro (B) foi determinado pelo método Azometina-H (EMBRAPA, 2009).

4.6. COLHEITA

Em novembro de 2014 foi realizado raleio de frutos em todas as parcelas, estimando uma produtividade de 13 ton/ha. A colheita foi realizada no final do mês de março de 2015 com base nos resultados dos testes de firmeza de polpa e iodo-amido.

Antes da colheita foi realizada a contagem dos frutos por planta. Assim que colhidos, os frutos de cada parcela foram pesados e uma amostra por parcela foi armazenada em câmara fria com atmosfera controlada (AC) e outra amostra foi utilizada para realização das análises fisiológicas.

Para determinar o ponto de colheita foram realizados testes de sólidos solúveis (SS), iodo-amido e firmeza de polpa, seguindo os parâmetros da cultivar Fuji.

Na ocasião da colheita, foram coletados 10 frutos por parcela para realização da análise fisiológica. Nestes

foram avaliados parâmetros de cor, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e teste iodo-amido para verificar a maturação.

A coloração dos frutos foi estimada visualmente, dividindo o fruto em quatro quadrantes representando, cada um, 25% do total, expressando valores em porcentagem de coloração vermelha em relação a superfície total do fruto. Foi utilizado também um colorímetro para quantificar a intensidade da cor na superfície mais colorida do fruto. Pelo colorímetro, o brilho da coloração é expresso pelo valor de 'L' variando de 0° (preto) e 100° (branco). O ângulo 'hue' (°h) expressa a coloração básica relacionada ao comprimento de onda refletido, sendo 0° vermelho, 90° amarelo e 180° verde, ou seja, quanto menor o valor de °h, maior a intensidade da cor vermelha. A intensidade da cor (C; croma) varia de 0 (pouca cor) até 60 (cor intensa).

Para obtenção da firmeza de polpa utilizou-se um penetrômetro automático para medir a resistência da polpa à inserção da ponteira de 11 mm de diâmetro. Os valores são expressos em Newton (N).

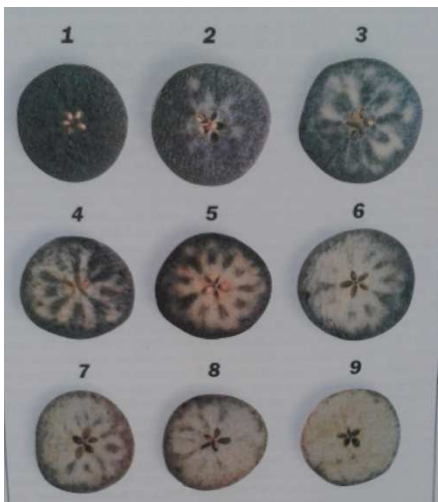
O teor de sólidos solúveis (SS), expresso em °Brix, foi obtido através de um refratômetro digital utilizando-se algumas gotas de suco sobre o prisma de leitura.

A determinação da acidez titulável (AT; % de ácido málico) foi realizada por titulometria de neutralização, utilizando-se 10 mL do suco com 3 gotas do indicador azul de bromotimol e titulando com hidróxido de sódio 0,095 N.

O teste iodo-amido foi realizado com a imersão da metade peduncular do fruto em iodo comparando-se a área que reagiu (azul-escura) com tabela (Figura 2)

variando de 1 a 9, sendo 1 fruto totalmente verde e 9 fruto com maturação avançada, sem presença de amido.

Figura 2 - Escala de degradação do amido em uma escala de 1 a 9 para comparação com os frutos da amostra.



Fonte: A Cultura da Macieira, Epagri, 2006.

Após a realização da colheita, alguns frutos foram armazenados em câmara fria AC e após seis meses de armazenamento realizaram-se análises de SS, AT, firmeza de polpa, conforme descrito anteriormente.

Quando retirados da câmara fria foram quantificados os frutos com danos de degenerescência ou escaldadura.

4.7. ANÁLISE QUÍMICA DA POLPA

Para melhor avaliação da distribuição dos nutrientes na polpa dos frutos de macieira, dividiu-se a avaliação em três partes: parte do fruto próxima ao pedúnculo, fatia longitudinal do fruto, que é a avaliação de rotina e parte inferior do fruto.

Para realização da análise química da polpa cortaram-se duas fatias longitudinais de lados opostos dos 10 frutos para posterior moagem em processador e digestão para realização das análises. A determinação de N e K foi realizada através de digestão úmida por H_2SO_4 . Após a digestão determinou-se N em aparelho semimicro-Kjeldahl, P pelo método de Murphy & Riley (1962) e K por espectrofotometria de absorção atômica. Ca e Mg foram digeridos por combustão seca, por queima em mufla e posterior adição de HCl e determinados em espectrofotômetro de absorção atômica.

4.8. AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E ESTRUTURAS REPRODUTIVAS

Durante o período de dormência das plantas foi determinado o diâmetro do tronco a 15 cm do ponto de enxertia e a altura das plantas (Figura 3), assim como se realizou a quantificação das estruturas reprodutivas divididas em esporões, brindilas curtas (até 15 cm) e brindilas longas (mais de 15 cm). Essa contagem foi realizada para verificar se a irrigação ou a forma física de aplicação dos nutrientes teve influência na quantidade das estruturas reprodutivas.

Figura 3 - Medida da altura de plantas.



Fonte: próprio autor.

4.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

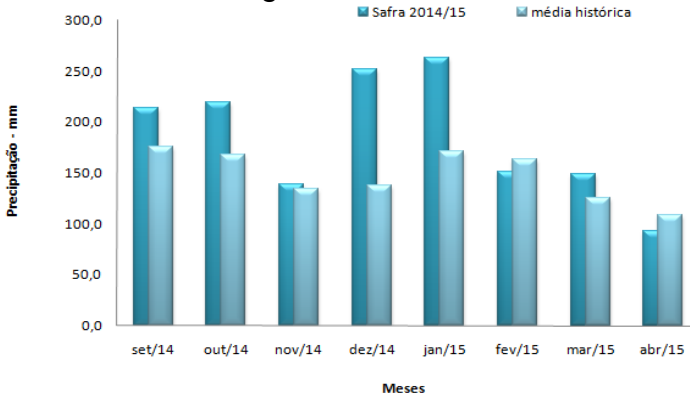
Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas através do programa SAS 6.08 (SAS, 1996).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. MONITORAMENTO HÍDRICO DO SOLO

Durante a safra 2014/15 ocorreram chuvas acima da média histórica dos últimos 60 anos para a região de São Joaquim, principalmente nos meses de brotação da macieira (setembro e outubro) e desenvolvimento de frutos (dezembro e janeiro) como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Precipitação pluviométrica na região de São Joaquim, durante a safra 2014/15 em comparação com a média histórica na região.



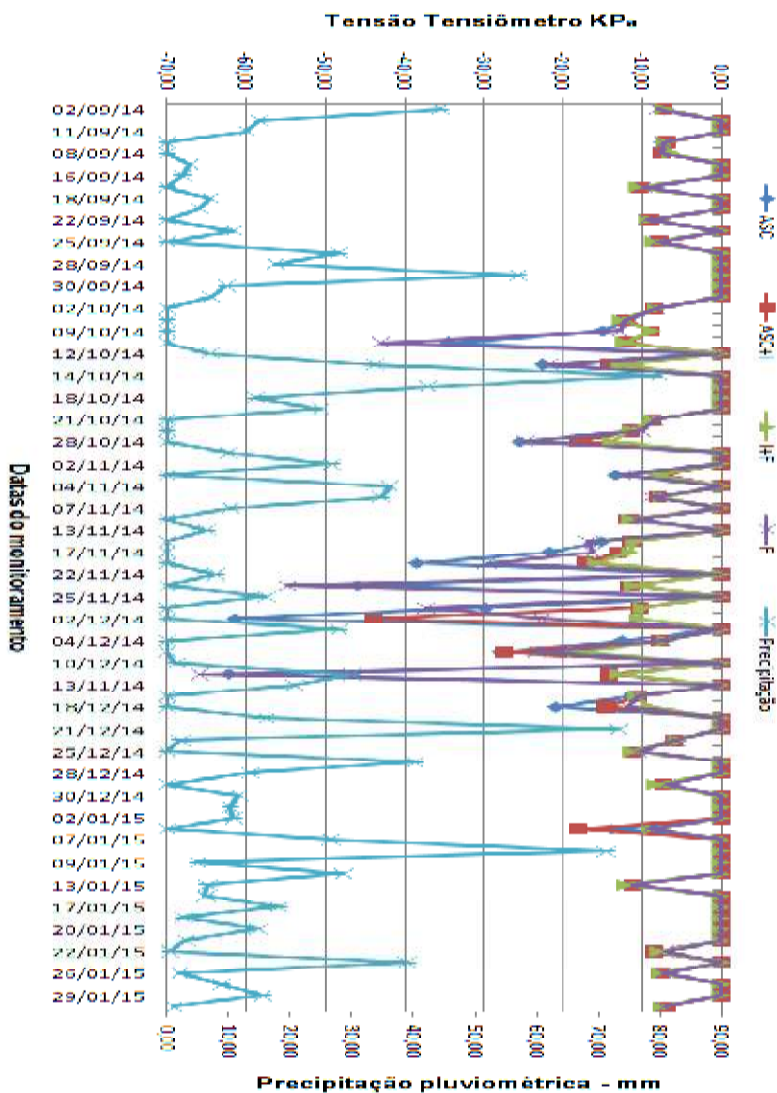
Fonte: Dados fornecidos pela Estação Experimental da Epagri – São Joaquim.

Durante o período inicial de brotação da macieira, a tensão da água no solo estava adequada para o desenvolvimento das plantas, ficando acima de -10 kPa (Figura 5). Entre os meses de outubro e dezembro, observaram-se períodos em que a tensão do solo ficou bem abaixo do recomendado para a cultura, chegando a -60 kPa, principalmente nos tratamentos sem irrigação (ASC e F), mesmo com chuvas acima de 40 mm.

Segundo Bolland et al. (2002), a fase de brotação da macieira é crítica para a divisão celular e formação do fruto, por isso deve ser mantido adequado o suprimento de água para as plantas.

Com o uso da irrigação foi possível manter a tensão da água no solo dentro do valor recomendado para a macieira, que é -10 kPa.

Figura 5 - Monitoramento da tensão de água no solo na profundidade de 10 a 40 cm e precipitação pluviométrica durante a safra 2014/15.



Os períodos mais chuvosos foram os períodos em que a macieira é mais exigente em água, pois são as fases de maior desenvolvimento e crescimento de frutos.

5.2. TEORES DE NUTRIENTES NO SOLO

O pH e os teores de P, K, Ca e Mg no solo, nos anos de 2014 (Tabela 1) e 2015 (Tabela 2), não diferiram entre os tratamentos. No ano de 2014 foi realizado, também, análise dos teores de argila e MO que foram, em média 25% e 5,8%, respectivamente. Estes valores ocorrem em grande parte dos Cambissolos da região. Como não houve períodos prolongados de estiagem, a disponibilidade de nutrientes no solo não foi significativamente afetada.

Tabela 1 - Valores de pH e teores de nutrientes no solo cultivado com macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, no ano 2014.

| Trat ¹ | pH | P | K | Ca | Mg |
|-------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|---|---|
| | | mg dm ³ | mg dm ³ | cmol _c dm ³ | cmol _c dm ³ |
| ASC | 6,01 | 14,85 | 140 | 8,43 | 4,09 |
| ASC + I | 5,98 | 15,36 | 128 | 7,14 | 3,45 |
| I + F | 6,04 | 17,09 | 122 | 7,88 | 3,67 |
| F | 6,14 | 20,00 | 140 | 8,29 | 3,81 |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Não houve diferença significativa entre tratamentos pela ANOVA ($p \geq 0,05$) para os atributos químicos.

Tabela 2 - Valores de pH e teores de nutrientes no solo cultivado com macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, no ano 2015.

| Trat ¹ | pH | P | K | Ca | Mg |
|-------------------|------|--------------------------------|-----|--|------|
| | | mg/dm ³ | | cmol _c /dm ³ | |
| ASC | 5,96 | 23,7 | 109 | 7,96 | 5,00 |
| ASC + I | 5,94 | 18,4 | 109 | 7,96 | 5,05 |
| I + F | 6,03 | 15,9 | 81 | 8,06 | 5,18 |
| F | 6,11 | 19,7 | 79 | 8,58 | 5,65 |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Não houve diferença significativa entre tratamentos pela ANOVA ($p \geq 0,05$) para os atributos químicos.

Os valores de pH, após três anos de implantação do pomar, estão próximos de 6,0 o que indica uma correção do solo com quantidades adequadas de calcário, visto que o pH inicial era 5,1.

Comparando o ano de 2014 com 2015 (Tabela 3) observa-se que houve redução no teor de K no solo para todos os tratamentos, sendo que no tratamento com fertirrigação ocorreu o maior decréscimo, em torno de 40%, e nos demais tratamentos em torno de 20%. O Mg, por outro lado, foi, em média, 30% maior em 2015 do que em 2014. Provavelmente isso ocorreu devido a absorção de K pelas plantas, e o aumento da dissolução de calcário ao longo do tempo.

Os valores de pH e os teores de P e Ca no solo não diferiram entre os anos de 2014 e 2015.

De acordo com a interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para os Estados do RS e SC (2004) os teores de todos os nutrientes avaliados no

solo estão altos para todos os tratamentos, nos dois anos de avaliação.

Tabela 3 - Teores de K e Mg no solo cultivado com macieiras 'Kinkas', em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, nos anos 2014 e 2015.

| Trat ¹ | K | | Mg | |
|-------------------|--------------------------------|-------|---|--------|
| | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
| | mg dm ³ | | ... cmol _c dm ³ ... | |
| ASC | 140 a | 109 b | 4,09 b | 5,00 a |
| ASC + I | 128 a | 109 b | 3,45 a | 5,05 a |
| I + F | 122 a | 81 b | 3,67 b | 518 a |
| F | 140 a | 79 b | 3,81 b | 5,65 a |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$) para cada atributo químico.

5.3. PARÂMETROS DE CRESCIMENTO

Os dados da Tabela 4 mostram que não houve diferença significativa entre os tratamentos para as estruturas reprodutivas e crescimento de plantas. Este resultado já era esperado, pois as plantas ainda estão em início de desenvolvimento e com o solo bem nutrido, visto que a correção do pH do solo e a adubação inicial foram feitas de acordo com as recomendações para a cultura.

Tabela 4 - Parâmetros de crescimento de macieiras da cultivar Kinkas em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015.

| Trat ¹ | ESP ² | BL | BC | AP | DT |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| | | | | ... m ... | .. cm .. |
| ASC | 36 ^{ns} | 21 ^{ns} | 37 ^{ns} | 3,14 ^{ns} | 4,6 ^{ns} |
| ASC + I | 37 | 20 | 37 | 3,15 | 4,6 |
| I + F | 34 | 18 | 42 | 3,23 | 4,8 |
| F | 32 | 21 | 40 | 3,13 | 4,6 |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

²ESP: esporões; BL: brindilas longas; BC: brindilas curtas; AP: altura de planta; DT: diâmetro do tronco.

^{ns}Não houve significativo, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

5.4. TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS

Os tratamentos com fertirrigação foram aqueles que proporcionaram os maiores teores de K nas folhas da macieira, em torno de 11 g kg^{-1} (Tabela 5). Para o Mg, entretanto, ocorreu o contrário, ou seja, os tratamentos com fertirrigação foram aqueles que proporcionaram os menores teores nas folhas, em torno de $2,5 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto o tratamento com adubação sólida apresentou teores de $3,1 \text{ g kg}^{-1}$. O Ca diferiu apenas quanto a forma física do adubo aplicado e não pela presença de irrigação, sendo o tratamento com irrigação + fertirrigação o que apresentou maiores teores foliares, $11,51 \text{ g kg}^{-1}$. O P apresentou teores foliares em médios de $2,1 \text{ g kg}^{-1}$, não diferindo entre tratamentos. Assim como o N que apresentou teores foliares médios de 30 g kg^{-1} . Estes resultados para P e N ocorreram devido ao

alto teor de matéria orgânica do solo e dissolução do calcário aplicado na implantação do pomar.

A maior absorção de K pelas plantas com maior disponibilidade de água se dá pelo fato de este elemento ser absorvido pelas raízes, principalmente, por fluxo de massa e difusão (ERNANI et al., 2007), explicando os maiores teores para os tratamentos com fertirrigação, onde o nutriente já é aplicado dissolvido.

Tabela 5 - Teores de macronutrientes nas folhas de macieira 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015.

| Trat ¹ | Ca | Mg | K | P ² | N |
|-------------------|--------------------------------|--------|---------|--------------------|--------------------|
| | g Kg ⁻¹ | | | | |
| ASC | 10,81 ab | 3,26 a | 9,15 b | 2,16 ^{ns} | 29,3 ^{ns} |
| ASC + I | 10,40 b | 3,15 a | 9,63 b | 2,19 | 30,2 |
| I + F | 11,51 a | 2,45 b | 11,55 a | 2,15 | 29,0 |
| F | 11,44 ab | 2,72 b | 10,97 a | 2,11 | 32,2 |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

^{ns} Não significativo..

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

O B foi o único micronutriente avaliado onde houve efeito dos tratamentos na concentração das folhas, sendo que a maior concentração ocorreu nos tratamentos com fertirrigação (Tabela 6). As concentrações de Fe, Zn e Mn nas folhas não foi afetada pela forma de aplicação dos adubos ou pela irrigação, ficando em média 30 mg kg⁻¹, 42 mg kg⁻¹ e 221 mg kg⁻¹, respectivamente.

A concentração de macro e micronutrientes nas folhas, no entanto, estão dentro da faixa normal para a cultura (CQFS/RS e SC, 2004).

Tabela 6 - Teores de micronutrientes nas folhas de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015.

| Trat ¹ | B | Fe ² | Zn | Mn |
|---------------------------------|---------|--------------------|--------------------|---------------------|
| mg Kg ⁻¹ | | | | |
| ASC | 59,9 b | 30,2 ^{ns} | 41,5 ^{ns} | 217,5 ^{ns} |
| ASC + I | 61,2 b | 29,5 | 45,1 | 221,9 |
| I + F | 65,9 ab | 32,1 | 42,3 | 222,8 |
| F | 69,0 a | 30,4 | 45,7 | 229,8 |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

^{ns} Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

5.5. RENDIMENTO DE FRUTOS

Após a colheita os frutos foram contados e pesados, estes valores são apresentados na Tabela 7. Os valores médios de peso por fruto, produção por árvore e produção por hectare foram, respectivamente, de 173 g, 43 kg e 16 ton. Observa-se que os tratamentos não afetaram nenhum dos atributos relacionados com a produção.

O pomar avaliado ainda é jovem, está apenas na terceira safra de produção e, por isso, a produtividade está adequada, pois não atingiu a máxima produtividade.

Tabela 7 - Componentes do rendimento para os frutos de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015.

| Trat ¹ | Peso/plKg.... | F/pl ..un.. | PMFg.... | Rendim ton |
|-------------------|-----------------------|------------------|----------------------|---------------------|
| ASC | 10,05 ^{ns} | 59 ^{ns} | 171,92 ^{ns} | 14,89 ^{ns} |
| ASC + I | 10,90 | 64 | 168,93 | 16,15 |
| I + F | 11,30 | 63 | 178,33 | 16,74 |
| F | 11,28 | 64 | 173,68 | 16,72 |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

²pl: planta; F: fruto; PMF: peso médio por fruto; P: produção; Rendim: rendimento.

^{ns}Não significativo pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

5.6. ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS NA COLHEITA

O teor de SS diferiu apenas entre a forma de aplicação dos fertilizantes, onde a adubação convencional proporcionou o maior valor (14,85 °Brix), e a fertirrigação o menor (14,21 °Brix) (Tabela 8). Acidez e firmeza de polpa não diferiram entre tratamentos, com média de 4,3 cmol L⁻¹ e 84,69 N, respectivamente.

A avaliação visual da cor ficou em torno de 91% de cor vermelha, não diferindo entre tratamentos.

Tabela 8 - Dados de sólidos solúveis, acidez e firmeza de polpa pós-colheita para os frutos de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015.

| Trat ¹ | SST ² ...°Brix... | Acidez cmol L ⁻¹ | Firmeza ...N... |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| ASC | 14,85 a | 4,19 ^{ns} | 86,5 ^{ns} |
| ASC + I | 14,58 ab | 4,19 | 88,8 |
| I + F | 14,30 ab | 4,48 | 88,8 |
| F | 14,21 b | 4,30 | 86,5 |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

²SS: sólidos solúveis totais.

^{ns} Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

5.7. TEORES DE NUTRIENTES NA POLPA FRESCA

O tratamento com fertirrigação proporcionou maior teor de K na região proximal dos frutos (1379 mg kg⁻¹), diferindo apenas daquele onde a adubação foi aplicada de maneira convencional (1147 mg kg⁻¹). Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários (média de 1202 mg kg⁻¹). Os teores de Ca e Mg foram maiores no tratamento com adubação convencional, com valores de 79,1 mg kg⁻¹ e de 60,9 mg kg⁻¹, respectivamente. Os tratamentos com a presença da fertirrigação ficaram com

teores médios de $12,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de Ca e de $37,2 \text{ mg Kg}^{-1}$ de Mg (Tabela 9).

O principal mecanismo de suprimento do K às raízes é a difusão, o que justifica a importância do adequado suprimento de água às plantas. Já a redistribuição do K, que é o movimento de um local de residência na planta para outros órgãos com maior demanda, se dá principalmente via floema, e é facilitada pela alta solubilidade em água desse nutriente (NAVA, 2007). O excesso de K pode interferir negativamente na absorção de Ca. As folhas transpiram mais que os frutos e por isso tendem a acumular mais Ca, assim quanto maior a área foliar, maior a competição entre folhas e frutos por esse nutriente (EPAGRI, 2006). Altos teores de K e Mg, e baixos teores de Ca podem levar à competição dos primeiros elementos por sítios de ligação do Ca na membrana plasmática. Porém, tanto K como Mg não desempenham a mesma função de integridade de membranas que o Ca, o que provoca o colapso da membrana e a morte celular (Freitas et al., 2010).

O teor de K foi alto para todos os tratamentos, já os teores de Ca e Mg foram altos apenas nos tratamentos onde a adubação foi aplicada de forma convencional, e os teores de Ca foram baixos nos tratamentos fertirrigados, o que pode levar a ocorrência de distúrbios fisiológicos durante a conservação dos frutos.

Tabela 9 - Teores de macronutrientes na polpa de maçãs 'Kinkas', na região proximal do fruto, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015.

| Trat¹ | K | Mg | Ca |
|-------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|
| | mg Kg ⁻¹ | | |
| ASC | 1147 b | 60,9 a | 79,1 a |
| ASC+I | 1203 ab | 52,7 b | 80,4 a |
| F+I | 1205 ab | 38,6 c | 13,7 b |
| F | 1379 a | 35,9 c | 11,7 b |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

Na análise da fatia longitudinal dos frutos o tratamento com fertirrigação + irrigação proporcionou maior teor de K (1124 mg kg^{-1}), diferindo apenas do tratamento com adubação convencional (881 mg kg^{-1}). Os demais tratamentos ficaram com média de 1015 mg kg^{-1} de K. Ca e Mg tiveram teores maiores no tratamento com adubação convencional, com valores $40,8 \text{ mg kg}^{-1}$ e $52,6 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente, ficando abaixo do ideal nos tratamentos fertirrigados, em média de $6,5 \text{ mg Kg}^{-1}$ de Ca e de 33 mg kg^{-1} de Mg. Os teores de N foram em média $549,5 \text{ mg kg}^{-1}$, não diferindo entre tratamentos. Os baixos teores de Ca nos tratamentos fertirrigados podem favorecer a ocorrência de distúrbios fisiológicos durante o armazenamento dos frutos (Tabela 10).

Tabela 10 - Teores de macronutrientes na polpa de maçãs 'Kinkas', fatia longitudinal, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015.

| Trat¹ | K | Mg | Ca | N |
|-------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|----------|
| | mg Kg ⁻¹ | | | |
| ASC | 881 b | 52,6 a | 40,8 b | 570,3 a |
| ASC+I | 1015 ab | 56,9 a | 48,7 a | 519,9 a |
| F+I | 1124 a | 33,3 b | 6,5 c | 593,2 a |
| F | 1013 ab | 33,8 b | 7,0 c | 515,3 a |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

Na avaliação da parte distal do fruto, os tratamentos com fertirrigação + irrigação proporcionaram maiores teores de K (1099 mg Kg⁻¹), em relação aos demais tratamentos (que tiveram teores médios de 950 mg kg⁻¹). O tratamento com adubação convencional teve maiores teores de Ca e Mg, sendo em média de 32,1 mg kg⁻¹ e de 65,6 mg kg⁻¹, respectivamente, ficando os tratamentos com fertirrigação com valores médios de 4,9 mg kg⁻¹ para Ca e de 44,5 mg kg⁻¹ para Mg (Tabela 11).

Tabela 11 - Teores de macronutrientes na polpa de maçãs 'Kinkas', região distal dos frutos, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/2015.

| Trat¹ | K | Mg | Ca |
|-------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|
| | mg Kg ⁻¹ | | |
| ASC | 922 b | 65,6 a | 32,1 a |
| ASC+I | 954 b | 58,3 b | 30,0 a |
| F+I | 1099 a | 42,0 c | 4,5 b |
| F | 975 b | 47,5 c | 5,4 b |

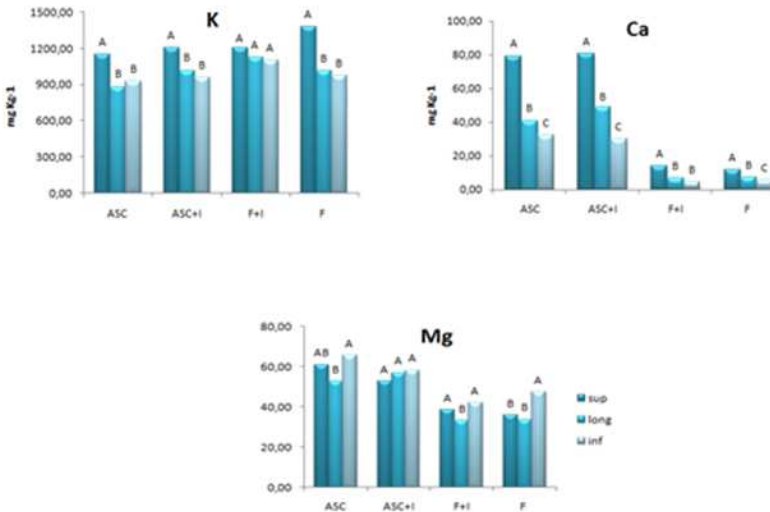
Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

Dentro de cada tratamento, comparando a concentração de nutrientes de acordo com sua disposição no fruto, observaram-se diferenças significativas para cada atributo químico (Figura 6).

Figura 6 - Distribuição da concentração de nutrientes na polpa de maçãs 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, safra 2014/2015.



Fonte: produção do próprio autor.

ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra na barra, para cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

Os tratamentos com adubação sólida convencional e o tratamento somente com fertirrigação apresentaram os maiores teores de K na parte superior do fruto. O tratamento com fertirrigação + irrigação não apresentou diferença significativa para K. Em todos os tratamentos a concentração de Ca foi maior na parte superior do fruto em relação a fatia longitudinal e a parte distal, ficando menor em média 40% e 60%, respectivamente. O tratamento somente com fertirrigação proporcionou maior teor de Mg na parte superior do fruto em relação as demais. O tratamento com adubação convencional obteve maior teor de Mg na

parte distal do fruto, diferindo apenas da fatia longitudinal. O tratamento com fertirrigação mais irrigação teve maiores teores de Mg na parte superior e inferior do fruto. Já no tratamento com adubação convencional mais irrigação não houve diferença de concentração de Mg entre as diferentes partes do fruto. Dados de N não são mostrados, pois não houve diferença significativa entre as concentrações e a localização no fruto para nenhum tratamento.

Segundo Malavolta (2006) os elementos mais móveis se redistribuem mais na planta, enquanto os menos móveis fazem-no em menor proporção. Sendo K e Mg elementos móveis e o Ca quase imóvel, são confirmados os resultados obtidos.

5.8. ARMAZENAMENTO DE FRUTOS

O tratamento com adubação convencional apresentou maior firmeza de polpa (79 N), e o tratamento com apenas fertirrigação foi o que apresentou menor firmeza (73,7 N). A presença de irrigação (sem fertirrigação) não influenciou na firmeza de polpa após o armazenamento dos frutos (Tabela 12). Possivelmente os baixos teores de Ca na parede celular aumentam a atividade das enzimas responsáveis pela redução da firmeza dos frutos (Huber et al., 2001), concordando com os resultados obtidos.

Tabela 12 - Sólidos solúveis, acidez e firmeza de polpa após o armazenamento em câmara fria com atmosfera controlada, para os frutos de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/15.

| Trat¹ | SST² ... °Brix... | Acidez cmol L ⁻¹ | Firmeza ...lbs... |
|-------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------|
| ASC | 15,5 ^{ns} | 4,0 ^{ns} | 79,0 a |
| ASC + I | 15,6 | 4,3 | 76,8 ab |
| I + F | 15,0 | 4,5 | 78,1 ab |
| F | 15,5 | 4,0 | 73,7 b |

Fonte: produção do próprio autor.

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

²SS: sólidos solúveis totais.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

^{ns}Não significativo

Quando comparamos os dados da colheita e após o armazenamento (Tabela 13), percebemos que os teores de SS aumentaram após o armazenamento em torno de 8% em relação a colheita nos tratamentos irrigados e fertirrigados, sendo que no tratamento com adubação convencional não houve diferença para o teor de SS. A firmeza da polpa diminui em todos os tratamentos após o armazenamento, em torno de 11% mas se mantendo dentro do ideal, o que já é esperado.

Tabela 13 - Dados físico-químicos na pós-colheita e após o armazenamento para os frutos de macieiras 'Kinkas' em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional sólida ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/15.

| Trat ¹ | SST ² | | Firmeza | |
|-------------------|------------------|--------------------|-----------|--------------------|
| | Colheita | Armaz ³ | Colheita | Armaz ³ |
| | ...°Brix... | | ...lbs... | |
| ASC | 14,85 a | 15,46 a | 86,5 a | 79,0 b |
| ASC + I | 14,58 b | 15,60 a | 88,8 a | 76,8 b |
| I + F | 14,30 b | 15,03 a | 88,8 a | 78,1 b |
| F | 14,21 b | 15,49 a | 86,5 a | 73,7 b |

¹Trat: tratamentos. ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

²SS: sólidos solúveis totais.

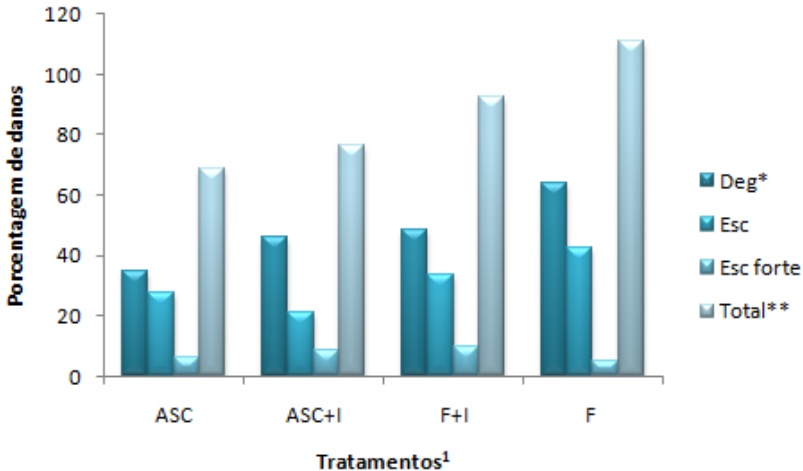
³Armaz: armazenamento.

Médias seguidas pela mesma letra na linha, comparando colheita e armazenamento para um mesmo atributo, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p = 0,05$).

Após o armazenamento foi observado a ocorrência de degenerescência de polpa e escaldadura na maioria dos frutos avaliados. O tratamento com fertirrigação teve maior ocorrência desses distúrbios ao contrário do tratamento com adubação convencional, que obteve os menores valores (Figura 7).

Conforme Freitas et al. (2010) elevados teores de K no fruto inibem a absorção de Ca, provocando colapso da membrana e a morte celular, aumentando o risco de ocorrência de distúrbios fisiológicos. Além de aumentar a predisposição à ocorrência de "bitter pit" em maçãs, o baixo teor de Ca promove alterações nos atributos fisiológicos e físico-químicos dos frutos.

Figura 7 – Distúrbios fisiológicos nos frutos de macieiras 'Kinkas' após o armazenamento em câmara fria com atmosfera controlada, em função da forma física de aplicação dos fertilizantes (convencional ou fertirrigação) e da presença ou não de irrigação, na safra 2014/15.



Fonte: produção do próprio autor.

¹Tratamentos: ASC: adubação sólida convencional; I: irrigação; F: fertirrigação.

*Deg: degenerescência de polpa; Esc: escaldadura (menos de 50% do fruto); Esc forte: escaldadura forte (mais de 50% do fruto).

**Total de frutos com danos em uma amostra de 80 frutos por tratamento.

6. CONCLUSÕES

A fertirrigação prejudicou o armazenamento de frutos, ocorrendo maior número de distúrbios fisiológicos.

A irrigação ou fertirrigação não influenciou no desenvolvimento da planta, estruturas reprodutivas e rendimento de frutos, porém influenciou positivamente o teor de SST após o armazenamento.

O uso de somente irrigação melhorou a disponibilidade de nutrientes na polpa dos frutos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este experimento é ainda inicial para a cultura da macieira, que é perene e está em desenvolvimento, por isso devem ser feitas novas análises para poder comparar melhor os resultados.

As doses e a melhor época de aplicação dos adubos a serem utilizados na fertirrigação deverão ser aprimoradas, pois na região de estudo a fertirrigação é pouco utilizada.

Deve-se avaliar a diferença de calibres dos frutos, pois é um parâmetro importante para a comercialização.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

AL- YAHYAI, R. Managing irrigation of fruit trees using plant water status. **Agricultural Sciences**, v. 3, n.1, p. 35-43, 2012.

AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da. **Tensiômetro: dispositivo prático para o controle da irrigação.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 33p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001).

BASSO, C. **Distúrbios Fisiológicos.** In: **A Cultura da Macieira.** Epagri. Florianópolis-SC,. 2006. p.609-635.

BEUTLER, A. N. et al. **Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:829-834, 2002.

BOLAND, A-M.; ZIEHRL, A.; BEAUMONT, J. **Guide to best practice in water management: orchard crops.** Department of Natural Resources and Environment, Melbourne, 120 p., 2002.

BONETI, J. I. S. et al. **Kinkas: nova cultivar de macieira resistente a sarna e a mancha da gala.** Jornal da Fruta. Artigo jornalístico. 2009.

CASTELO BRANCO, M. S., **Desenvolvimento inicial de macieiras submetidas a regimes de irrigação e**

fertirrigação em São Joaquim-SC. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

CIOTTA, M.N. **Adubação de manutenção em macieiras.** A Tribuna, São Joaquim, v.2, n.13, p.18, 2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10 ed. Porto Alegre, 400 p., 2004.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Irrigação e Fertilização de Macieiras.** Circular Técnica Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves-RS, 2006.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Balço hídrico em fruteiras.** Circular Técnica Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves-RS, 2010.

CONCEIÇÃO, M.A.F. et al. **Demanda hídrica e coeficientes da cultura (Kc) para macieiras em Vacaria-RS.** Ciência Rural, Santa Maria-RS, mar, 2011. v.41,n.3,p.459-462.

COELHO, E.F.; SOUZA, V.F.; PINTO, J. M. **Manejo da Fertilização em Fruteiras.** Bahia Agrícola. v.6, n.1, Nov. 2003. P 65-70. Disponível em: http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/V6N1_pesq_manejo.pdf, acesso em: 02 jun 2014.

DENARDI, F.; **Porta enxertos.** In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis-SC, 2006. p.169-226.

DRAGONI, D. et al. **Transpiration of an apple orchard in a cool humid climate: measurement and modeling.** Acta Horticulturae, Wageningen, v.664, p.175-180, 2004. Disponível em: http://www.actahort.org/books/664/664_19.htm . Acesso em: 02/06/2014.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627p., 2009.

EPAGRI. **A Cultura da Macieira.** Florianópolis, 2006. 743 p.

EPAGRI. **Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Planalto Sul Catarinense – UPR 3.** Epagri, Florianópolis. 2002.

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira.** Lages, 76p., 2003.

ERNANI et al, 2007. In: **Fertilidade do Solo.** Editores NOVAIS et al. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes.** Lages-SC, 2008. 230 p.

FALLAHI, E. et al. **Efficient irrigation for optimum fruit quality and yield in apples.** HortScience, v. 45, p. 1616-1619, 2010.

FREITAS, S.T. de. et al. **Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit.** Postharvest Biology and Technology, v.57, p.6-13, 2010.

HOFFMANN, A., BERNARDI, J. **Aspectos botânicos.** In: NACHTIGALL, G.R.(Ed.) Maçã: Produção. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 17-24 p.

HUBER, D.J.; KARAKURT, Y.; JEONG, J. **Pectin degradation in ripening and wounded fruits.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.13, p.224-241, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – **Cidades: Lavoura permanente: Maçã 2013.** Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=421650&idtema=136&search=santa-catarina|sao-joaquim|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2013> . Acesso em: 02/07/2015.

IUCHI, V. L. **Botânica e Fisiologia.** In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis, p.59-104, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças.** Comunicado Técnico. Embrapa Hortaliças. Brasília-DF. Jun. 2008.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.** Analytica Chimica Acta, Oxford, v. 27, p. 31-36, 1962.

NACHTIGALL, G. ; BASSO, C.; FREIRE, C. J. Da A. **Nutrição e adubação de pomares.** Embrapa.

Disponível em:

https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/8NutricaoAdubacaoPomaresProducao_000fi6d9o0p02wyiv80mr28rzbhwmooh.pdf Acesso em: 10/06/2015.

NAVA, G. et al. **Fertilidade do solo e nutrição na produção integrada de maçã.** Bento Gonçalves: EMBRAPA, 14p., 2002 (Circular Técnica 33).

NAVA et al, Produção Integrada de Maçãs no Brasil. **Solos e Nutrição.** Embrapa 2003. (Versão eletrônica).

Disponível em:

<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Maca/ProducaoIntegradaMaca/solos.htm> Acesso em: 14/05/2015

NAVA, G. **Nutrição e rendimento da macieira em respostas às adubações nitrogenada e potássica e ao déficit hídrico.** Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

NAVA, G.; CIOTTA, M. N.; ROCCO, M. A. **Resposta à adubação fosfatada durante a fase produtiva da macieira 'Fuji'.** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2013. Disponível em:

http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_33203.pdf Acesso em: 14/05/2015.

PANDOLFO, C. et al. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom

PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N. A.; ALFARO, A. T. **Necessidades hídricas de citros e macieiras a partir da área foliar e da energia solar**. *Rev. Bras. Frutic.* [online]. 2009, vol.31, n.3. pp. 671-679 .

Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452009000300008&script=sci_arttext. Acesso em: 11/03/2015.

PETRI, J. L. **Formação de flores, polinização e fertilização**. In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis, p. , 2006.

PETRI, J.L. et al. **Estudo da biologia floral de macieira cultivar Gala e Fuji**. In: NACHTIGALL, G. R.(Editor) Inovações tecnológicas para o setor da maçã: Inovamaçã. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, p.237-256, 2011.

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows: release 6.08 (Software)**. Cary, 633 p., 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Traduzido por Eliane Romanato Santarém et al. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 710 p., 2004.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre-RS. Departamento de Solos UFRGS, 174 p., 1995.