

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM VACARIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

ALANA CIRINO SALAMÃO DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO E IRRIGAÇÃO NA SOLUÇÃO
DO SOLO EM POMAR DE MACIEIRA NA REGIÃO DOS CAMPOS DE CIMA DA
SERRA**

VACARIA

2022

ALANA CIRINO SALAMÃO DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO E IRRIGAÇÃO NA SOLUÇÃO DO SOLO EM POMAR DE MACIEIRA NA REGIÃO DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Componente Curricular: Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Bacharelado em Agronomia do convênio entre Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul e Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia

Orientadora: Prof^a. Dr^a Fabiana Lazzerini da Fonseca Barros

Coorientador: Dr. Gilmar Ribeiro Nachtigall

VACARIA

2022

Catálogo de publicação na fonte (CIP)

S237a Santos, Alana Cirino Salamão dos

Avaliação dos efeitos da fertirrigação e irrigação na solução do solo em pomar de macieira na região dos Campos de Cima da Serra/ Alana Cirino Salamão dos Santos. – Vacaria, 2022.

47 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Curso de Agronomia (Bacharelado), Unidade em Vacaria, 2022.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fabiana Lazzerini da Fonseca

Coorientador: Dr. Gilmar Ribeiro Nachtigall

1. Ions. 2. *Malus domestica* Borkh. 3. Solução do solo. 4. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação. I. Fonseca, Fabiana Lazzerini da. II. Curso de Agronomia (Bacharelado), Unidade em Vacaria, 2022. III. Título.

ALANA CIRINO SALAMÃO DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO E IRRIGAÇÃO NA
SOLUÇÃO DO SOLO EM POMAR DE MACIEIRA NA REGIÃO DOS CAMPOS
DE CIMA DA SERRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Componente Curricular: Trabalho de
Conclusão de Curso II do Curso Bacharelado
em Agronomia do convênio entre Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Rio Grande do Sul e Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Agronomia

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Fabiana Lazzerini da
Fonseca Barros

Coorientador: Dr. Gilmar Ribeiro Nachtigall

Aprovado em: 05/12/2022

BANCA EXAMINADORA

F. Fonseca

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Fabiana Lazzerini da Fonseca
Barros Universidade Estadual do Rio Grande do Sul –

UERGS

Lindomar Velho de Aguiar Júnior
Lindomar Velho de Aguiar Júnior
Engenheiro Agrônomo - Mestrando -

UFPEL

Bruna Bento Drawanz

Prof^ª. Dr^ª Bruna Bento Drawanz
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Dedico este trabalho aos meus pais que desde o início sempre estiveram ao meu lado me incentivando e tornando possível esta realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me sustentar durante este caminho.

Agradeço aos meus pais Jeovani e Fernanda por serem meus alicerces e estarem comigo independentemente da situação me dando apoio para transpor os desafios impostos nesta jornada.

Agradeço ao meu namorado Matheus por estar ao meu lado, me apoiando e me incentivando a seguir na realização deste sonho.

Agradeço à Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul por me proporcionarem um estudo público de qualidade.

Agradeço aos meus mestres pelos ensinamentos, em especial à Prof^ª Fabiana Lazzerini da Fonseca Barros que desde o meu primeiro semestre de graduação me acompanhou, ensinou e incentivou, com sua amizade e companheirismo.

Agradeço ao pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Dr. Gilmar Nachtigall por, além de disponibilizar a área para a execução deste trabalho, toda atenção, ensino, amizade e disposição em auxiliar na caminhada acadêmica.

Agradeço à minha amiga e colega de profissão Daiane Vargas não apenas por me auxiliar na realização deste trabalho, mas por todo incentivo e parceria durante estes anos.

Agradeço ao meu amigo Lorenzo Tissot pela grande parceria e apoio durante esta jornada.

Agradeço a minha amiga e colega Luana Ribeiro, por toda paciência e incentivo neste período de realização.

A todos que de uma forma ou outra contribuíram para a elaboração deste trabalho, minha admiração e gratidão.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser,
mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

Marthin Luther King

RESUMO

A disponibilidade de nutrientes na solução do solo representa um fator importante no manejo da fertilidade do solo em pomares de macieira, visando à obtenção de elevadas produtividades e qualidade de frutos ideal. Desta forma, o manejo nutricional das plantas em sistema irrigados e/ou fertirrigados pode apresentar comportamento diferenciado nos níveis de nutrientes na solução do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da irrigação e fertirrigação em parâmetros químicos da solução do solo e em parâmetros nutricionais e de produção em um pomar comercial de macieira, comparados com o cultivo convencional em sequeiro. O experimento foi conduzido em pomar comercial no município de Monte Alegre dos Campos, RS. O pomar foi implantado em 2013, utilizando a cv. Galaxy sob o porta-enxerto M9. As plantas vêm sendo conduzidas no sistema de condução 'Líder central'. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos: T1: sequeiro (adubação convencional); T2: irrigação (adubação convencional + irrigação) e T3 fertirrigação (irrigação + fertirrigação). Semanalmente, entre pós-brotação e a colheita da safra 2018/19, foram coletadas amostras da solução do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, através de extrator de solução, nas quais foram avaliadas a condutividade elétrica (CE) e os teores de nitrato (NO_3^-), potássio (K^+), cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}) na solução do solo, através de sonda multi íons (modelo Imacimus Mult ION). Foram avaliadas as concentrações de macro e micronutrientes nas folhas, coletadas na segunda quinzena de janeiro. Por ocasião da colheita, foi avaliada a produção total de frutos por tratamento. Os resultados mostraram que os valores de CE, K^+ , e NO_3^- foram significativamente superiores no tratamento com fertirrigação, em comparação com os demais tratamentos. Com exceção para o cálcio, a fertirrigação proporcionou acúmulo igual ou superior de macronutrientes no tecido foliar da macieira, em comparação com os sistemas de sequeiro e irrigação. A irrigação por gotejamento aumentou a produtividade dos frutos. Contudo, os resultados mais expressivos sobre o rendimento foram obtidos com o uso da irrigação e fertirrigação combinados.

Palavras-chave: *Malus doméstica* Borkh. Íons. Solução do solo. Água.

ABSTRACT

The availability of nutrients in the soil solution represents an important factor in the management of soil fertility in apple orchards, aiming to obtain high yields and optimal fruit quality. Thus, the nutritional management of plants in irrigated and/or fertigation systems may present different behaviors in the levels of nutrients in the soil solution. The objective of the present work was to evaluate the effects of irrigation and fertigation on soil solution chemical parameters and on nutritional and production parameters in a commercial apple orchard, compared to conventional rainfed cultivation. The experiment was conducted in a commercial orchard in the municipality of Monte Alegre dos Campos, RS, Brazil. The orchard was established in 2013, using the cv. Galaxy under the rootstock M9. The plants have been conducted in the 'Central Leader' conduction system. The experimental design used was entirely randomized, with three treatments: T1: rainfed (conventional fertilization); T2: irrigated (conventional fertilization + irrigation) and T3 fertigation (irrigation + fertigation). Weekly, between post-rotation and harvest of the 2018/19 crop, soil solution samples were collected in the layer from 0 to 20 cm depth, through a solution extractor, in which the electrical conductivity (EC) and the nitrate (NO_3^-), potassium (K^+), calcium (Ca^{++}) and magnesium (Mg^{++}) contents in the soil solution were evaluated, through a multi-ion probe (Imacimus Mult ION model). The concentration of macro and micronutrients in the leaves, collected in the second half of January, was evaluated. At harvest, the total fruit production per treatment was evaluated. The results showed that EC, K^+ , and NO_3^- values were significantly higher in the fertigation treatment, compared to the other treatments. With the exception of calcium, fertigation provided equal or greater accumulation of macro-nutrients in the leaf tissue of apple trees, compared to rain fed and irrigated systems. Drip irrigation increased fruit yield. However, the most significant results on yield were obtained with the use of irrigation and fertigation combined.

Key-words: *Malus domestica* Borkh. Ions. Soil solution. Water.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Vista aérea da área experimental dos sistemas de cultivo em sequeiro, com irrigação e fertirrigação de macieiras cv. Galaxy/M9 na empresa Agropecuária Schio Ltda., em Monte Alegre dos Campos/RS.....18
- Figura 2** - Áreas dos pomares de macieiras cv. Galaxy/M9, nos sistemas de cultivo em com irrigação / fertirrigação e sequeiro, na empresa Agropecuária Schio Ltda., em Monte Alegre dos Campos/RS.19
- Figura 3** - Quantidades aplicadas (kg ha^{-1}) de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) via fertirrigação em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19 (aplicações semanais com início em 26/09/2018).20
- Figura 4** - Exemplo de extrator de solução do solo, utilizados para monitoramento da condutividade elétrica, pH e concentração de nutrientes na solução do solo.....22
- Figura 5:** Exemplo de sonda multi íons modelo Imacimis, que permite a medição direta e ao mesmo tempo dos principais nutrientes e parâmetros químicos da amostra.22
- Figura 6** - Valores de condutividade elétrica (mS cm^{-1}) na solução de entrada via fertirrigação em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19 (aplicações semanais com início em 26/09/2018).24
- Figura 7** - Valores de pH na solução de entrada via fertirrigação em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19 (aplicações semanais com início em 26/09/2018).25
- Figura 8** - Valores de condutividade elétrica (mS cm^{-1}) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19.26
- Figura 9** - Valores de condutividade elétrica (mS cm^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19.27
- Figura 10:** Concentrações de nitrato (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19. O volume total de N aplicado por hectare foi de 80 kg ha^{-1} . (Setas indicam data de aplicação de N a lanço sobre a projeção da copa nos sistemas sequeiro e irrigado.28
- Figura 11** - Concentrações de nitrato (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19. O volume total de N aplicado por hectare foi de 80 kg ha^{-1} . (Setas indicam data de aplicação de N a lanço sobre a projeção da copa.29

- Figura 12** - Concentrações de potássio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19. O volume total de K_2O aplicado por hectare foi de 80 kg ha^{-1} . (Setas indicam data de aplicação de K_2O a lanço sobre a projeção da copa nos sistemas sequeiro e irrigado).....30
- Figura 13** - Concentrações de potássio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19. O volume total de K_2O aplicado por hectare foi de 80 kg ha^{-1} . (Setas indicam data de aplicação de K_2O a lanço sobre a projeção da copa nos sistemas sequeiro e irrigado).....31
- Figura 14** - Concentrações de cálcio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19.....32
- Figura 15** - Concentrações de cálcio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19.....33
- Figura 16** - Concentrações de magnésio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19.....34
- Figura 17** - Concentrações de magnésio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19.....34
- Figura 18** - Concentrações de macronutrientes em folhas de macieira cv. Galaxy/M9 nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, na safra 2018/19.36
- Figura 19** - Concentrações de micronutrientes em folhas de macieira cv. Galaxy/M9 nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, na safra 2018/19.37
- Figura 20** - Produção total de frutos de macieiras cv. Galaxy/M9 nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro. Safra 2018/19. Letras distintas nas barras diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 A CULTURA DA MACIEIRA.....	12
3.2 TRATOS CULTURAIS	13
3.3 ADUBAÇÃO DE PRODUÇÃO	14
3.4 PRINCIPAIS DOENÇAS E PRAGAS	14
3.5 COLHEITA	14
3.6 IRRIGAÇÃO.....	15
3.7 FERTIRRIGAÇÃO	16
3.8 SOLUÇÃO DO SOLO	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	18
4.2 SOLUÇÃO DO SOLO	21
4.3 ANÁLISE FOLIAR.....	23
4.4 ANÁLISE DE PRODUÇÃO.....	23
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
5 RESULTADOS	24
5.1 ANÁLISE DE SOLUÇÃO DE ENTRADA	24
5.2 ANÁLISE DA SOLUÇÃO DO SOLO	25
5.2.1 Condutividade elétrica.....	25
5.2.2 Concentração de nitrato	27
5.2.3 Concentração de potássio	29
5.2.4 Concentração de cálcio.....	31
5.2.5 Concentração de magnésio	33

5.3 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NO TECIDO FOLIAR	35
6 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil são produzidas aproximadamente 1,3 milhão de toneladas da fruta por ano. O estado de Santa Catarina lidera a produção, seguido do Rio Grande do Sul (IBGE, 2021). Assim como toda cultura, uma produção de qualidade depende de vários fatores, sejam eles intrínsecos da cultura como extrínsecos relacionados ao manejo e condições de solo e clima para que esta seja alcançada.

A macieira por ser uma planta de grande porte, apresenta uma evapotranspiração elevada, o que faz com que a cultura demande um volume elevado de água. Os períodos de necessidade hídrica variam conforme o ciclo, normalmente a maior demanda hídrica está relacionada com o fim do crescimento dos ramos até à colheita do fruto (BEUKES & WEBER, 1982).

Com base nestas informações e no aumento de períodos de déficit hídrico nas regiões de produção da cultura, o uso de pomares irrigados/fertirrigados tem se apresentado como uma solução para suprir estes períodos e garantir que a produção do fruto seja mantida. Segundo a Epagri (2006), a produtividade das culturas está diretamente ligada à absorção de água pelas plantas. Na macieira, a absorção de nutrientes e água é feita pelas raízes, sejam elas finas ou grossas, porém sabe-se que as mais jovens apresentam maior eficiência.

Em pomares com sistema de irrigação por gotejamento instalados é possível utilizar o sistema de fertirrigação para garantir o suprimento de nutrientes às plantas, pois esta técnica garante o fornecimento de nutrientes de forma gradual, levando em consideração o estágio que a planta se encontra, já que se sabe que a demanda nutricional varia conforme o ciclo produtivo. Quando se utiliza a irrigação e fertirrigação no pomar, é importante acompanhar a dinâmica e a distribuição dos nutrientes no perfil do solo, pois isto permite estabelecer ou ajustar a aplicação dos fertilizantes, além de prevenir danos ambientais como a salinização dos solos e a contaminação das águas pela lixiviação de nutrientes. Dessa forma, o conhecimento da composição química da solução do solo poderá fornecer subsídios importantes no manejo da fertirrigação.

Contudo, informações da literatura sobre níveis adequados de nutrientes na solução do solo, para a cultura da macieira diretamente no campo e durante o ciclo de cultivo, são escassas. A utilização de extratores de cápsulas porosas, para extrair a solução do solo, é bastante difundida, principalmente por seu fácil manejo, custo relativamente baixo e pelo fato de o extrato obtido

não requerer tratamentos prévios às análises físico-químicas. Assim, o monitoramento da solução com o uso de extratores de cápsulas de cerâmica porosa pode auxiliar na tomada de decisão da quantidade de fertilizantes a ser aplicada por fertirrigação.

Uma forma de mensurar rapidamente a presença e a disponibilidade destes íons para as plantas é a análise da solução do solo através da sonda Multi íons, a qual tem por objetivo medir a presença de alguns íons, exibido simultaneamente a quantidade de cada um, bem como à condutividade elétrica e pH da solução analisada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da irrigação e fertirrigação em parâmetros químicos da solução do solo e em parâmetros nutricionais e de produção em um pomar comercial de macieira, comparados com o cultivo convencional em sequeiro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar e comparar os efeitos das diferentes doses de nutrientes aplicados nas fases fenológicas da macieira na dinâmica dos nutrientes na solução do solo;

Quantificar a concentração dos principais nutrientes no tecido foliar da macieira;

Quantificar os efeitos da irrigação e fertirrigação na produção de frutos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CULTURA DA MACIEIRA

A maçã é o fruto pomáceo da macieira, árvore da família Rosaceae, podendo ser comercializada nas formas *in natura* e industrializada. A forma *in natura* entende-se como o fruto recém-colhido, submetido, ou não, à refrigeração. Na forma industrializada, pode ser comercializada desidratada, concentrando, assim, os nutrientes no fruto e agregando valor ao produto (MOREIRA *et al.*, 2012).

A macieira (*Malus domestica* Borkh.) é uma planta da família das rosáceas, perene de porte arbóreo, possui algumas peculiaridades quanto à exigência de frio para quebra de dormência. Originária do oeste da Ásia, foi introduzida no Brasil com os primeiros colonizadores. Em 1969, por meio de incentivos fiscais, surgiram os primeiros pomares comerciais. Desde esta época, a maçã sempre foi muito apreciada pelos consumidores, pois, além de possuir um sabor agradável e apetitoso, contém elementos altamente nutritivos e benéficos ao funcionamento do organismo e à saúde humana (FREY, 1990). No Brasil, as melhores condições climáticas para o cultivo da macieira encontram-se principalmente nos estados do Sul, onde várias técnicas já foram desenvolvidas com o objetivo de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos frutos (EBERT *et al.*, 1998).

O aumento da produtividade dos pomares de maçã é o principal responsável pelo incremento da produção no Brasil, considerando o período de 2001 a 2020. Enquanto a área plantada aumentou 29%, a produtividade cresceu 50% (MAPA, 2020). Segundo dados da Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã/AGAPOMI (2019), o Estado do Rio Grande do Sul atingiu seu ápice de área plantada e de produção no ano de 2019, com 19.993,07 ha e 502.591 toneladas, respectivamente. Já o município de Vacaria, maior produtor desta fruta no Estado, teve seus maiores índices de produção em 2018 e 2019, respectivamente, representando 58% da produção estadual. Entretanto, foi no ano de 2019 que os municípios dos Campos de Cima da Serra atingiram 62% de toda a produção gaúcha, quanto ao armazenamento em câmaras frias, onde Vacaria armazena cerca de 67% da fruta.

Apesar de existirem mais de 7.000 cultivares de macieira descritos no mundo, poucos se destacam no cenário internacional. No Brasil, as principais são ‘Eva’, ‘Golden Delicious’,

‘Granny Smith’, ‘Brasil’, ‘Anna’, ‘Condessa’, ‘Catarina’, ‘Cripps Pink’, ‘Fuji’ e ‘Gala’, sendo que estas duas últimas representam 90% da área plantada (TODA FRUTA, 2009).

A maçã foi pioneira no Brasil, tanto no que tange ao processo produtivo organizado, de acordo com as normas técnicas da produção integrada, quanto na obtenção de práticas oficializadas por meio de instrução normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Essa forma de produção resultou na racionalização da produção e na redução da utilização de agroquímicos tóxicos. A adesão a esse processo produtivo é creditada pela utilização de selo, sendo que essa produção é passível de rastreabilidade (BRDE, 2018).

Do total da maçã produzida, 70% destina-se ao consumo *in natura* e 30 % para a indústria, sendo que metade desta é utilizada para a fabricação de diversos tipos de suco e o restante para diversos produtos, tais como: purê de maçã, *chips* de maçã e pratos prontos entre outros destinos (BRDE, 2018).

3.2 TRATOS CULTURAIS

Em frutífera de clima temperado, como é o caso da macieira, a brotação de gemas e o desenvolvimento de folhas na primavera são essenciais para as plantas produzirem fotoassimilados que suportem novo crescimento especialmente a frutificação e o desenvolvimento dos frutos (WEBSTER, 2005).

O uso de diferentes técnicas de manejo pode favorecer o controle do desenvolvimento vegetativo em níveis compatíveis à frutificação das plantas. As práticas culturais que aumentam a produção tendem a minimizar o desenvolvimento vegetativo, visto que o aumento da demanda de fotoassimilados pela maior frutificação tende a diminuir a sua disponibilidade para o crescimento de ramos. Assim, o aumento da densidade de plantas invariavelmente resulta em redução no crescimento das raízes e no número e vigor dos ramos. Dessa maneira, a frutificação é uma das maneiras para controlar o vigor, o crescimento dos ramos e o tamanho das plantas (PEREIRA & PETRI, 2006).

3.3 ADUBAÇÃO DE PRODUÇÃO

A recomendação de adubo deve considerar a análise de solo e folha, idade das plantas, crescimento vegetativo, adubações anteriores, produções, tratos culturais e presença de sintomas de deficiências nutricionais. Para as condições do Rio Grande do Sul e Santa Catarina existem recomendações técnicas para a adubação na fase de produção, visando manter a fertilidade do solo do pomar, bem como repor as quantidades de nutrientes extraídos pelas plantas e exportados do pomar em função da comercialização dos frutos (HAHN et al. (2020). Para a cultura da macieira, são necessárias aplicações foliares sistemáticas de cálcio para evitar a ocorrência de distúrbios fisiológicos ligados a este nutriente, visando melhorar as condições de conservação da fruta (EMBRAPA, 2016).

3.4 PRINCIPAIS DOENÇAS E PRAGAS

As doenças da macieira podem causar perdas importantes para o produtor, com a inutilização da fruta para comercialização, o enfraquecimento das plantas e, portanto, a diminuição da produção e da produtividade, causando a morte da planta, inviabilizando, assim, essa atividade produtiva. Para a redução das perdas causadas por essas moléstias, exige-se treinamento para o reconhecimento de suas características, infraestrutura e investimentos para a implementação das recomendações de controle (SANHUEZA, 2004).

As principais doenças e pragas são: Sarna-da-macieira (*Venturia inaequalis*); Mancha da Gala (*Glomerella cingulata/Coletotrichum gloesporioides*); Cancro Europeu (*Nectria galligena*); Mosca das Frutas (*Anastrepha fraterculus*); Lagarta-enroladeira (*Bonagota salubricola*); Mariposa oriental (*Grapholita molesta*).

3.5 COLHEITA

A colheita deve ser determinada de acordo com diversos aspectos, como o destino destes frutos, o estado de maturação fisiológica, o aspecto dos frutos e a disponibilidade de recursos

para a realização desta colheita (CHITARRA, 2005). As frutas devem ser colhidas no momento adequado, segundo a espécie, variedade e a utilização prevista, ou seja, armazenamento a curto, médio ou longo prazo, ou mesmo a comercialização imediata (mercado interno ou exportação) (EMBRAPA, 2016).

Há vários métodos para determinar o momento de início da colheita para se obter um armazenamento prolongado, sendo normalmente utilizados testes que permitem caracterizar alterações nas características físico-químicas das frutas para cada cultivar, baseando-se em parâmetros preestabelecidos pela pesquisa. Não é aconselhável utilizar um único parâmetro, pois ocorrem variações muito acentuadas, sendo necessário obter correlação entre as diversas medidas ou índices de colheita.

Dentre os numerosos testes de maturação existentes para a maçã, são normalmente utilizados o índice de iodo-amido, o teor de sólidos solúveis totais (SST), a firmeza de polpa (FP), a acidez total titulável (ATT) e a cor de fundo da epiderme (KOVALESKI et al., 2003).

Para isso, deve-se assegurar que os índices mínimos de maturação estabelecidos pela pesquisa sejam respeitados no início da colheita e no posterior armazenamento e/ou comercialização, permitindo com isto, uma máxima eficiência na conservação e manutenção da qualidade interna e externa da fruta. Deve-se sempre utilizar embalagens (na colheita, transporte, armazenamento e comercialização) limpas e de material não abrasivo para não contaminar e machucar as frutas (EMBRAPA, 2016).

É sempre importante realizar uma pré-seleção da fruta no campo, evitando misturar frutas sadias com as caídas no chão, granizadas, com danos por insetos, podridões, machucadas, etc. Não se deve deixar as frutas colhidas expostas ao sol, transportando imediatamente para a empacotadora ou "*packing house*" no mesmo dia, evitando-se golpes e danos durante o transporte (EMBRAPA, 2016).

3.6 IRRIGAÇÃO

A irrigação nos pomares de macieira ainda não é uma técnica muito empregada no Brasil, no entanto, nos pomares que a utilizam, os métodos com maior são por gotejamento e por

aspersão. O uso da irrigação é recomendado especialmente em regiões sujeitas a período de estiagem mais prolongadas. Em pomares comerciais a prática somente deve ser utilizada se necessitar.

Os principais benefícios da irrigação em regiões sujeitas a estiagem é o incremento de produtividade, a melhor qualidade de frutas e a constância da produção ao longo dos anos. Observa-se que a medida que se oferece água para as plantas nas quantidades necessárias, ocorre respostas em crescimento vegetativo e, na época de desenvolvimento das frutas, faz com que a planta produza frutos maiores, mais adequados a comercialização in natura e com melhor remuneração aos produtores que utilizam essa tecnologia. Durante as fases críticas das plantas (no início da floração e no crescimento rápido dos frutos) a água disponível no solo para as plantas é fundamental para o potencial produtivo alcançado.

O sistema de irrigação para as espécies fruteiras, de maneira geral, mais usado é por gotejamento, sistema onde se irriga somente parte da superfície do solo, reduzindo o consumo de água. Pode ser automatizado, servindo, também, como distribuidor de fertilizantes, podendo ser utilizado em diferentes topografias e tipos de solo.

3.7 FERTIRRIGAÇÃO

O uso da fertirrigação é recomendado sempre que se dispõe de um sistema de irrigação por gotejamento. A aplicação de fertilizantes via água de irrigação permite o parcelamento de acordo com a demanda nutricional das plantas e a aplicação dos fertilizantes em condições ideais de umidade, possibilitando melhor aproveitamento dos nutrientes e tornando-os prontamente disponíveis a serem absorvidos pelas plantas.

Os fertilizantes mais utilizados para fertirrigação são aqueles com maior mobilidade no solo as quantidades totais de nutrientes a serem aplicadas via fertirrigação devem ser determinadas com base nos resultados da análise de solo e na demanda nutricional das plantas, a qual depende da espécie e cultivar plantada, da produtividade esperada e, no caso do nitrogênio, do teor de matéria orgânica do solo, entre outros.

O uso de irrigação e adubação pode ser uma alternativa para fornecer água e nutrientes nas fases em que a cultura mais necessita. Além disso, a planta passa a utilizar seu sistema radicular de forma mais eficaz para absorver os nutrientes (COELHO et al., 2003).

A principal vantagem da fertirrigação é a eficiência do uso do adubo, que resulta da facilidade de distribuição do fertilizante, o que permite o fornecimento de nutrientes para melhor adaptação às necessidades das plantas em diferentes estágios de desenvolvimento. (SOUZA et al., 2012)

3.8 SOLUÇÃO DO SOLO

O monitoramento da composição da solução do solo é frequentemente adotado em experimentos agrícolas, sendo utilizado para avaliar a evolução da fertilidade do solo (SILVA JÚNIOR et al., 2010), bem como da sua salinidade (OLIVEIRA et al., 2011). Além disso, auxilia estudos ambientais, para monitorar a lixiviação de NO_3^- e de compostos orgânicos (OLIVEIRA et al., 2001, OYEWOLE et al., 2013).

A utilização de extratores de cápsula porosa para extrair a solução do solo vem sendo bastante difundida, principalmente por representar as condições reais de umidade do solo e por avaliar os elementos disponíveis às plantas. Além disso, possibilita a coleta da solução diretamente no campo, de forma não destrutiva, permitindo repetição no mesmo local, o que favorece o monitoramento por longos períodos (SOUZA et al., 2013).

O monitoramento da solução do solo tem sido útil para avaliar a eficácia da fertirrigação com N (NEILSEN et al., 1998). Contudo, são escassas as informações sobre a variação das concentrações de potássio na solução do solo em resposta à fertirrigação (NEILSEN et al., 2004). No Brasil, pesquisas relacionadas com a concentração e o monitoramento dos nutrientes na solução do solo praticamente inexistem, principalmente em frutíferas, e necessitam de especial atenção por se tratar de um método promissor de diagnóstico da fertilidade de solo, principalmente em sistemas de fertirrigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O trabalho experimental foi conduzido na safra 2018/19, em pomar comercial de macieira da empresa Agropecuária Schio Ltda. (Figura 1), situada no município de Monte Alegre dos Campos, Rio Grande do Sul, com altitude de 945 metros do nível do mar, Latitude: 28° 40' 33" Sul, Longitude: 50° 47' 42" Oeste. De acordo com a classificação climática de Köppen & Geiger, o clima da região de Monte Alegre dos Campos é subtropical (Cfb).

Figura 1 - Vista aérea da área experimental dos sistemas de cultivo em sequeiro, com irrigação e fertirrigação de macieiras cv. Galaxy/M9 na empresa Agropecuária Schio Ltda., em Monte Alegre dos Campos/RS



Fonte: Embrapa (2022)

A região exibe relevo suave a ondulado, com solo classificado como Latossolo Bruno, que apresenta na sua composição original pH relativamente ácido, com altos teores de argila e alumínio (Embrapa, 2006).

O pomar foi implantado em 2013, utilizando a cultivar Galaxy sob o porta-enxerto M9. As plantas vêm sendo conduzidas no sistema de condução 'Líder central'. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos (adubação

convencional (sequeiro), adubação convencional +irrigação e fertirrigação), conforme ilustrada na Figura 2.

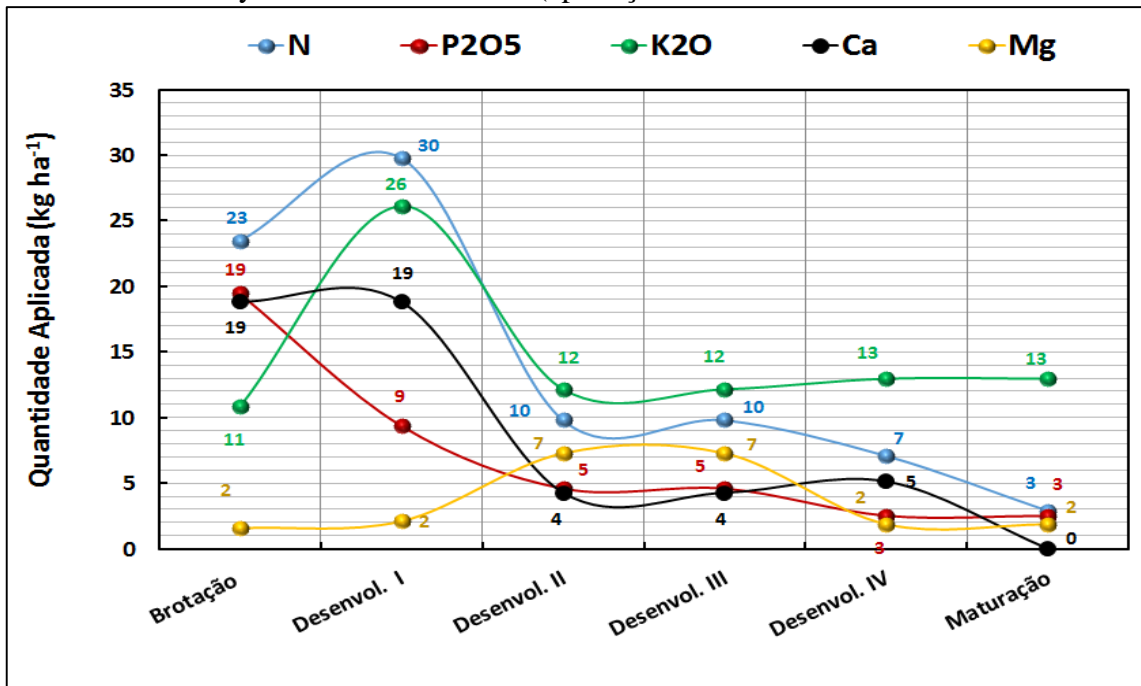
As adubações foram divididas de forma que no sequeiro e irrigado à aplicação foi via solo com fertilizantes granulados, seguindo às seguintes quantidades: nitrogênio 80 kg /ha na forma de ureia, divididos em duas parcelas (desenvolvimento de fruto e pós colheita), potássio 80kg/ha K_2O na forma de cloreto de potássio, aplicados em uma única vez na fase inicial de desenvolvimento de frutos. A fertirrigação foi realizada seguindo um programa de fertirrigação, cujas doses de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, por fase de desenvolvimento vegetativo, são apresentadas, na Figura 3.

Figura 2 - Áreas dos pomares de macieiras cv. Galaxy/M9, nos sistemas de cultivo em com irrigação / fertirrigação e sequeiro, na empresa Agropecuária Schio Ltda., em Monte Alegre dos Campos/RS



Fonte: Embrapa (2019)

Figura 3 - Quantidades aplicadas (kg ha^{-1}) de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) via fertirrigação em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19 (aplicações semanais com início em 26/09/2018)



Fonte: Autora (2022)

As quantidades totais de nutrientes na safra 2018/19, em cada um dos sistemas utilizados, são apresentadas na Tabela 1. No sistema com fertirrigação, o ciclo vegetativo da cultura foi dividido em seis fases ((**Brotação** - período de 4 semanas após o início da brotação; **Desenvolvimento I** - período de 4 semanas após a fase de Brotação; **Desenvolvimento II** - período de 4 semanas após a fase de Desenvolvimento I; **Desenvolvimento III** - período de 4 semanas após a fase de Desenvolvimento II; **Desenvolvimento IV** - período de 4 semanas após a fase de Desenvolvimento III; **Maturação** - período entre 2 semanas antes da colheita até 2 semanas após).

Tabela 1 - Quantidades totais aplicadas (kg ha^{-1}) de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos sistemas de cultivo em sequeiro, com irrigação (ambos com aplicação a laço na projeção da copa) e fertirrigação (aplicação via irrigação)

Sistemas de cultivo	Nutrientes aplicados (kg ha^{-1})				
	N	P_2O_5	K_2O	Ca*	Mg**
Sequeiro	80	40	80	0	0
Irrigação	80	40	80	0	0
Fertirrigação	80	40	80	51	22

Fonte: Autora (2022)

* Nos sistemas de cultivo em sequeiro e irrigado foram realizadas 10 aplicações via foliar de cloreto de cálcio a 0,4%.

** Nos sistemas de cultivo em sequeiro e irrigado foram realizadas 3 aplicações via foliar de sulfato de magnésio a 3,0%.

4.2 SOLUÇÃO DO SOLO

Semanalmente, entre a pós-brotação e a colheita da safra 2018/19, antes da nova aplicação de fertilizantes via fertirrigação, foram coletadas amostras da solução do solo nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade, através de extrator de solução, constituído de tubo de PVC com ponta de cerâmica porosa, conforme ilustrados na Figura 4. Estas amostragens foram realizadas nas áreas de sequeiro, com irrigação e fertirrigação. Paralelamente foram coletadas amostras da solução de entrada da fertirrigação. As amostras foram armazenadas em tubos tipo Falcon de 50 cm e mantidas sob refrigeração até o momento das análises. Nas amostras da solução de entrada da fertirrigação foram analisadas a condutividade elétrica (CE) e o pH, através de Medidor Portátil de pH / Condutividade. Nas amostras da solução do solo foram avaliadas a condutividade elétrica (CE) e os teores de nitrato (NO_3^-), potássio (K^+), cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}), através de sonda multi íons (modelo Imacimus Mult ION), conforme exemplificado na Figura 5.

Figura 4 - Exemplo de extrator de solução do solo, utilizados para monitoramento da condutividade elétrica, pH e concentração de nutrientes na solução do solo



Fonte: Autora (2022)

Figura 5: Exemplo de sonda multi íons modelo Imacimis, que permite a medição direta e ao mesmo tempo dos principais nutrientes e parâmetros químicos da amostra



Fonte: Imacimus (2022)

4.3 ANÁLISE FOLIAR

Na segunda quinzena de janeiro, na safra 2018/19, foram coletadas 15 folhas por planta, no terço inferior de ramos do ano, em 20 plantas de cada uma das 08 repetições, de cada um dos sistemas utilizados (sequeiro, irrigação e fertirrigação). As folhas foram secas em estufa a 60 °C até obter peso constante, após foram moídas e enviadas ao laboratório para análise de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe e Zn).

4.4 ANÁLISE DE PRODUÇÃO

Por ocasião da colheita, foram coletados o total de frutos por planta, em 20 plantas de cada uma das 08 repetições, de cada um dos sistemas utilizados (sequeiro, irrigação e fertirrigação). Os frutos foram pesados em balança de semi-precisão e os valores transformados para produção por hectare.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de solução de entrada e de solução de solo foram tabulados em planilha Excel® e através dos valores obtidos foram gerados gráficos de dispersão de pontos, visando obter uma análise exploratória da eficiência dos sistemas quanto a avaliação nutricional.

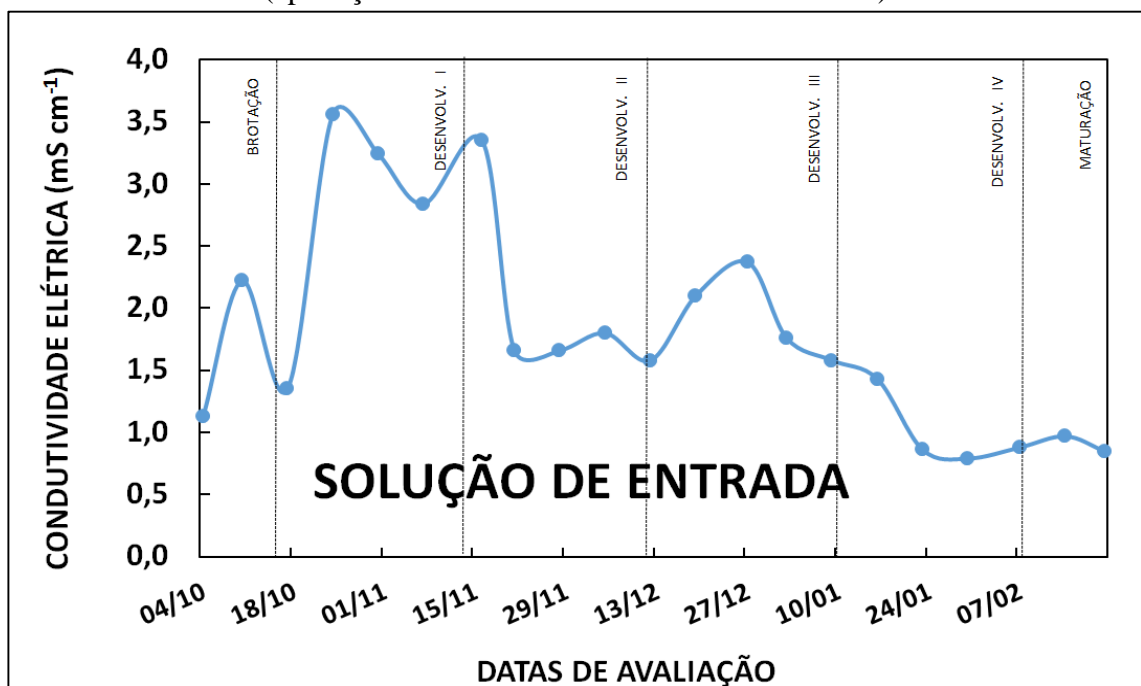
Os dados de concentração de nutrientes em folhas e de produção de frutos foram submetidos à análise de variância e no caso de efeito significativo, foram submetidos ao teste de Tukey à 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DE SOLUÇÃO DE ENTRADA

Nas Figura 6 e 7 são apresentados os valores de condutividade elétrica e de pH na solução de entrada da fertirrigação, durante o ciclo vegetativo da macieira na safra 2018/19. Considerando que os valores condutividade elétrica de pH e, são fatores que devem ser monitorados em sistemas fertirrigados, pois estão diretamente ligados à capacidade da planta em absorver os nutrientes, verifica-se que estes parâmetros estiveram dentro da faixa considerada normal para a cultura. Quanto à condutividade elétrica, o ideal é que esta se situe em valores inferiores a $2,5 \text{ mS cm}^{-1}$, de modo a não afetar o desenvolvimento radicular pela formação de uma zona de concentração de sais elevada. Somente no início de novembro de 2018 foram verificados valores superiores a $2,5 \text{ mS cm}^{-1}$, o que foi decorrente do tempo de injeção da solução da fertirrigação, o qual foi corrigido para o restante do período.

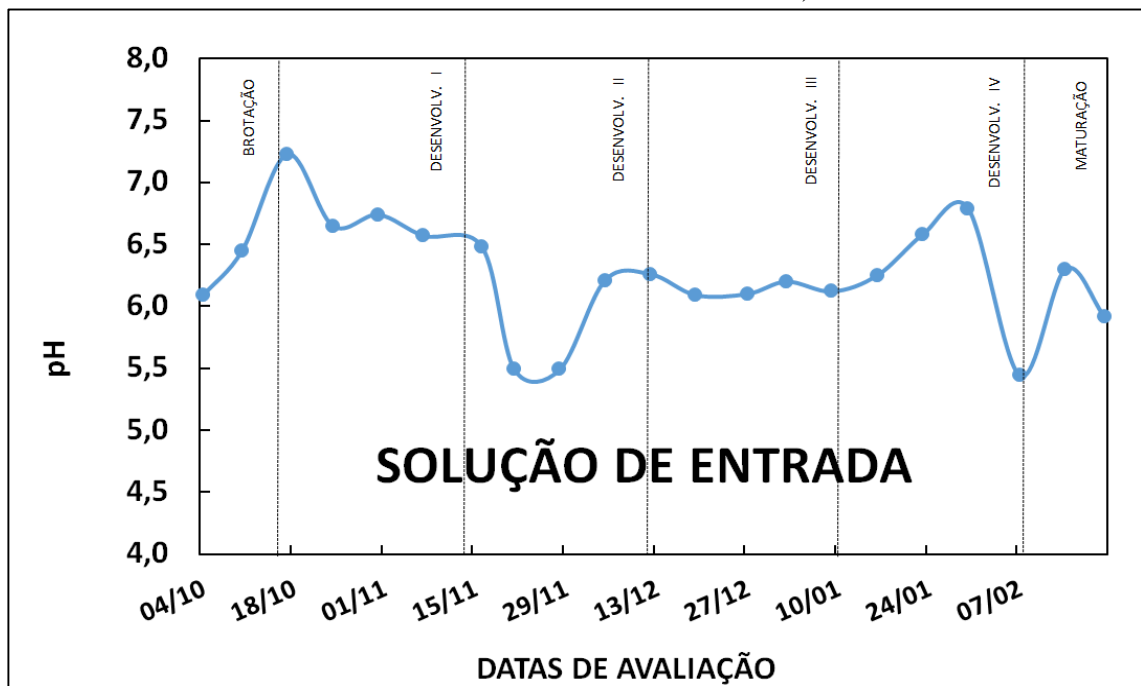
Figura 6 - Valores de condutividade elétrica (mS cm^{-1}) na solução de entrada via fertirrigação em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19 (aplicações semanais com início em 26/09/2018)



Fonte: Autora (2022)

O termo pH significa potencial hidrogeniônico, uma escala que mede a acidez, neutralidade e alcalinidade de uma determinada solução. Desta forma, quantificar o pH da solução de entrada na fertirrigação é de suma importância para garantir a eficiência na absorção dos nutrientes. Para os valores de pH da solução de entrada da fertirrigação (Figura 7), verificou-se que estes estiveram dentro da faixa considerada ideal para a fertirrigação (entre 5,5 e 6,5).

Figura 7 - Valores de pH na solução de entrada via fertirrigação em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19 (aplicações semanais com início em 26/09/2018)



Fonte: Autora (2022)

5.2 ANÁLISE DA SOLUÇÃO DO SOLO

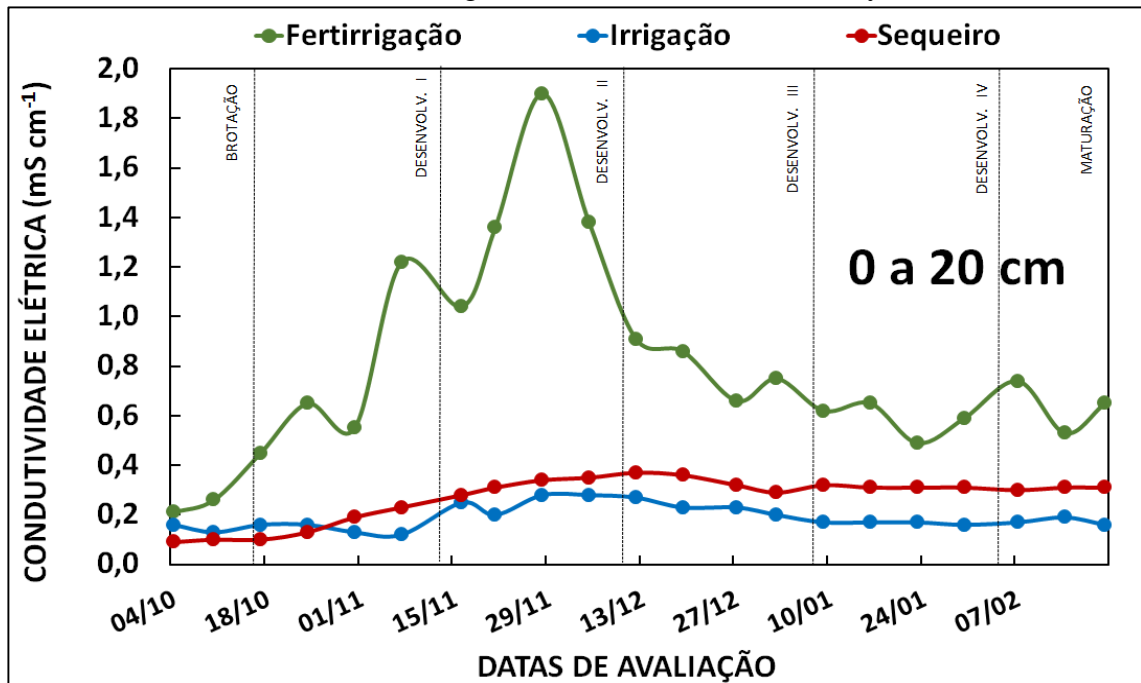
5.2.1 Condutividade elétrica

Os valores de condutividade elétrica na solução do solo nos diferentes sistemas (sequeiro, irrigação e fertirrigação), nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm são apresentados nas Figuras 8 e 9, respectivamente. Verifica-se que os valores de condutividade elétrica na camada de 0 a 20 cm, nos sistemas sequeiro e irrigado, apresentaram valores inferiores a $0,4 \text{ mS cm}^{-1}$ em todo o período avaliado, apresentando um leve aumento no início da fase de Desenvolvimento I da

cultura. Já no sistema fertirrigado, os valores de condutividade elétrica na solução do solo após o início da aplicação dos fertilizantes (duas semanas após a Brotação) apresentaram variações condizentes com as quantidades de nutrientes aplicados via fertirrigação em cada uma das fases de desenvolvimento vegetativo, com pico de valores ($1,8 \text{ mS cm}^{-1}$) entre as fases de Desenvolvimento I e II. Esta condição no sistema de fertirrigação, provavelmente esteja relacionada à aplicação semanal dos nutrientes, aliada a frente de molhamento gerada pela irrigação/fertirrigação. Estas mesmas situações são observadas na camada de 20 a 40 cm de profundidade (Figura 9).

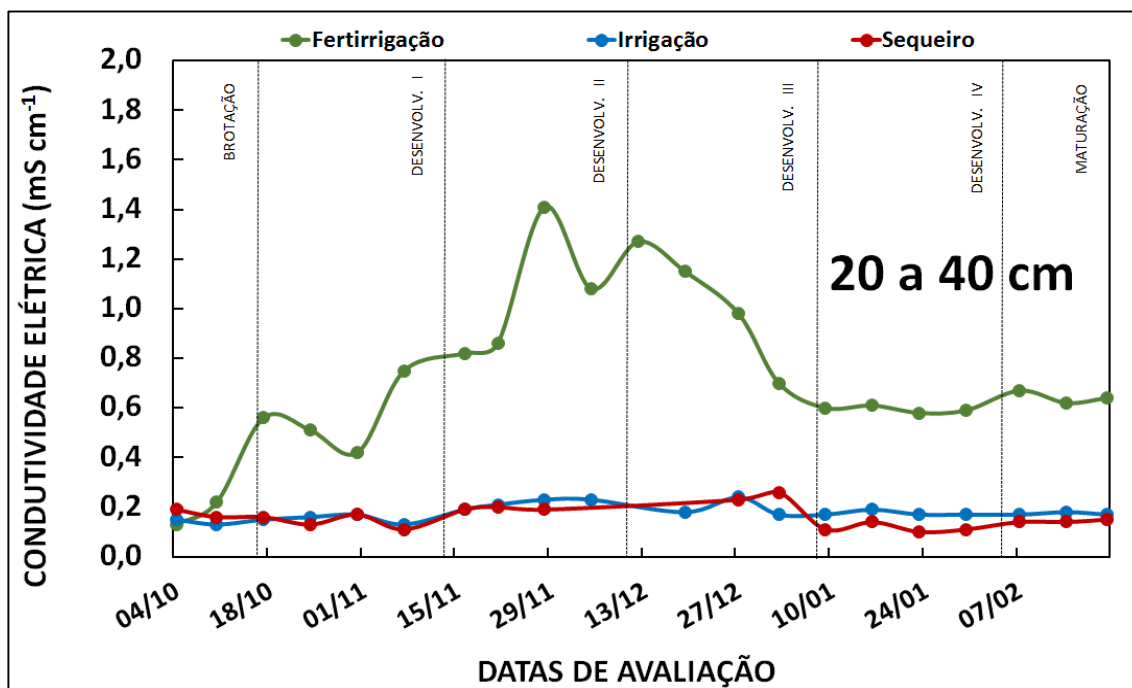
A tolerância a concentração de sais na solução do solo, para a maioria das culturas, estimada pela condutividade elétrica, varia de $1,0$ a $3,2 \text{ mS cm}^{-1}$. (DORAN et al., 1996). Considerando os valores obtidos neste trabalho, a fertirrigação não provou acúmulo de sais, tanto na camada de 0 a 20 cm como na de 20 a 40 cm, uma vez que a condutividade elétrica não ultrapassou valores superiores a $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$.

Figura 8 - Valores de condutividade elétrica (mS cm^{-1}) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19



Fonte: Autora (2022)

Figura 9 - Valores de condutividade elétrica (mS cm^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19



Fonte: Autora (2022)

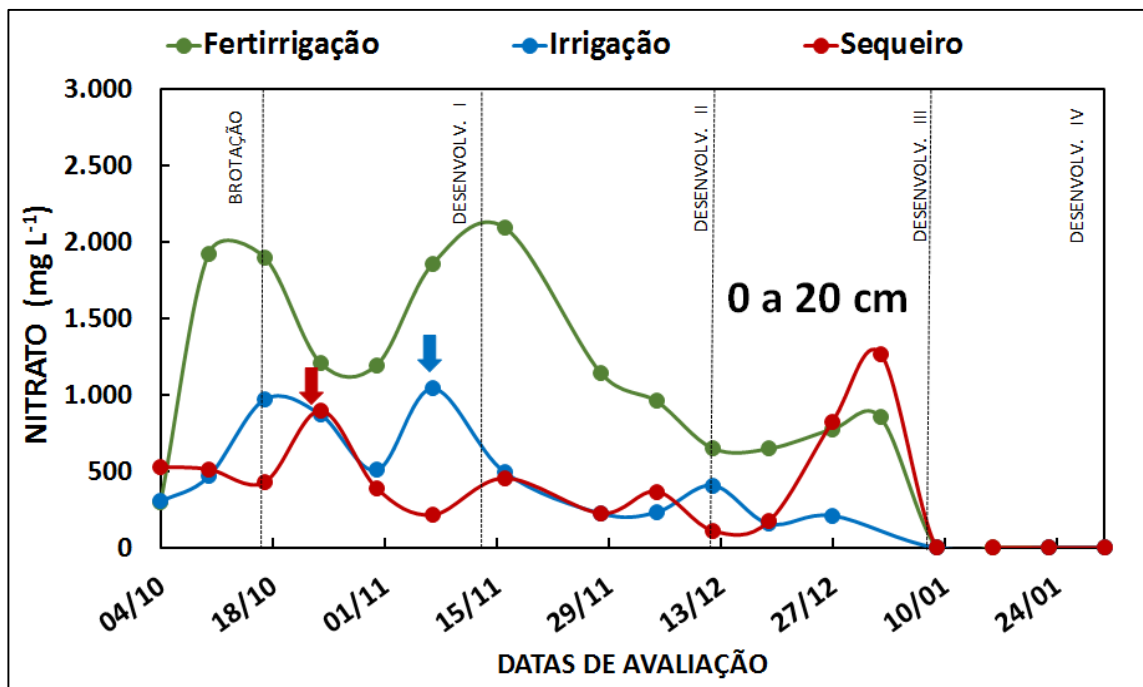
5.2.2 Concentração de nitrato

As concentrações de nitrato na solução do solo nos diferentes sistemas (sequeiro, irrigação e fertirrigação), nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm são apresentados nas Figuras 10 e 11, respectivamente. Verifica-se que a concentração de nitrato na solução do solo no sistema com fertirrigação, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, apresentou valores superiores os observados nos sistemas sequeiro e irrigação, refletindo os efeitos das aplicações semanais de nitrogênio, que teve como fonte principal o nitrato. Nos sistemas sequeiro e irrigado é possível relacionar o momento de aplicação de nitrogênio (ureia) com a elevação nos níveis de nitrato na solução do solo, porém, provavelmente é mais evidente que a dinâmica do nitrato na solução nestes dois sistemas tenha maior relação com a disponibilidade de água no solo (aumento do volume da solução) e com a atividade microbiana. Os valores obtidos de nitrato na solução do solo neste trabalho são bem superiores aos observados por Klein & Spieler (1998), que ao

avaliarem os efeitos da fertirrigação de macieiras com nitrato ou nitrogênio amoniacal sob irrigação por gotejamento, verificaram valores máximos de nitrato na solução do solo de 200 mg L⁻¹.

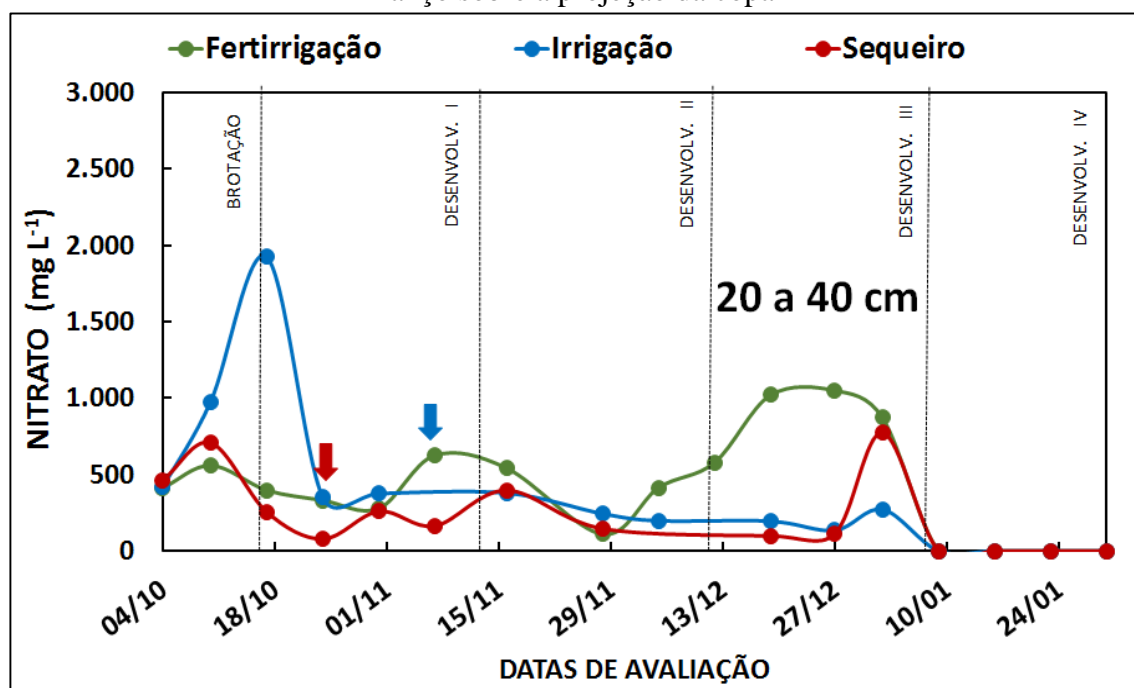
Na camada de 20 a 40 cm de profundidade (Figura 11) os efeitos das aplicações semanais de nitrogênio via fertirrigação não são evidentes. As alterações nas concentrações de nitrato nesta camada, provavelmente estejam mais relacionadas a dinâmica desta forma de nitrogênio na solução, em função da disponibilidade de água no solo e da atividade microbiana, do que aos fertilizantes nitrogenados aplicados.

Figura 10-Concentrações de nitrato (mg L⁻¹) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19. O volume total de N aplicado por hectare foi de 80 kg ha⁻¹. (Setas indicam data de aplicação de N a lanço sobre a projeção da copa nos sistemas sequeiro e irrigado



Fonte: Autora (2022)

Figura 11 - Concentrações de nitrato (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19. O volume total de N aplicado por hectare foi de 80 kg ha^{-1} . (Setas indicam data de aplicação de N a lanço sobre a projeção da copa



Fonte: Autora (2022)

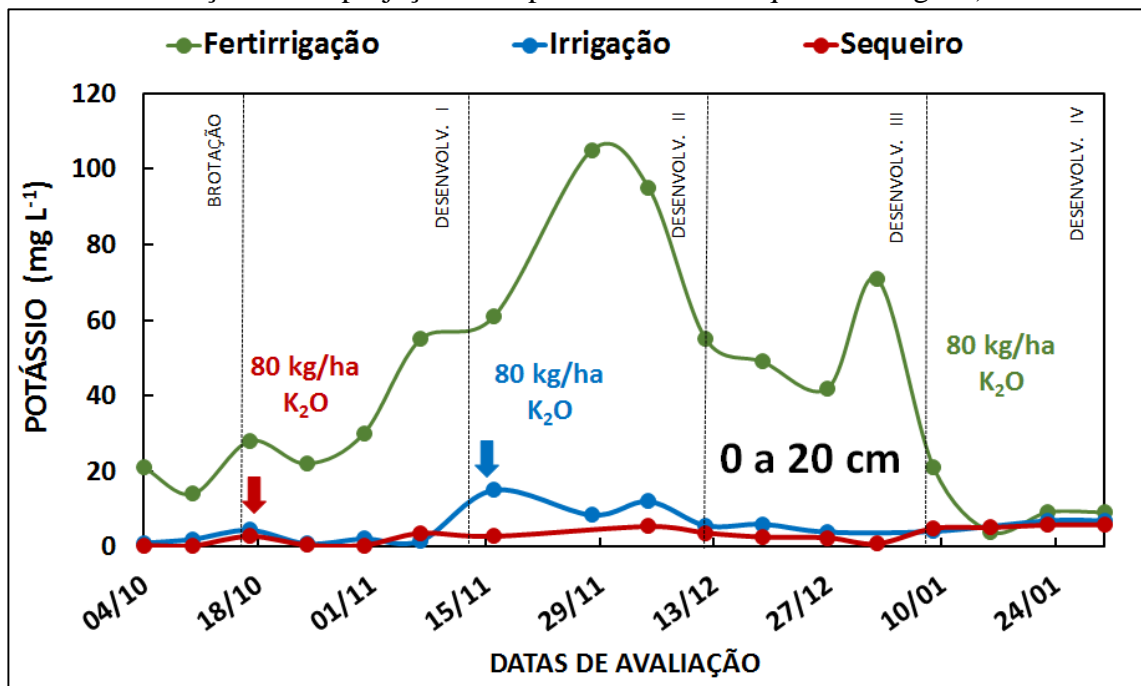
5.2.3 Concentração de potássio

Os valores de concentração de potássio na solução do solo nos diferentes sistemas (sequeiro, irrigação e fertirrigação), nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm são apresentados nas Figuras 12 e 13, respectivamente. Verifica-se que a concentração de potássio na camada de 0 a 20 cm, nos sistemas sequeiro e irrigado, apresentaram valores inferiores a 12 mg L^{-1} em todo o período avaliado, apresentando um leve aumento após o início da fase de Desenvolvimento I da cultura no sistema irrigado. Já no sistema fertirrigado, os valores de condutividade elétrica na solução do solo após o início da aplicação dos fertilizantes (duas semanas após a Brotação) apresentaram variações condizentes com as quantidades de nutrientes aplicados via fertirrigação em cada uma das fases de desenvolvimento vegetativo, com pico de valores (100 mg L^{-1}) entre as fases de Desenvolvimento I e II. Esta condição no sistema de fertirrigação, provavelmente esteja relacionada à aplicação semanal do nutriente, aliada à frente

de molhamento gerada pela irrigação/fertirrigação. Estas mesmas situações são observadas na camada de 20 a 40 cm de profundidade (Figura 13). Com a fertirrigação tem-se uma maior concentração de potássio disponível na solução do solo na camada de 20 a 40 cm.

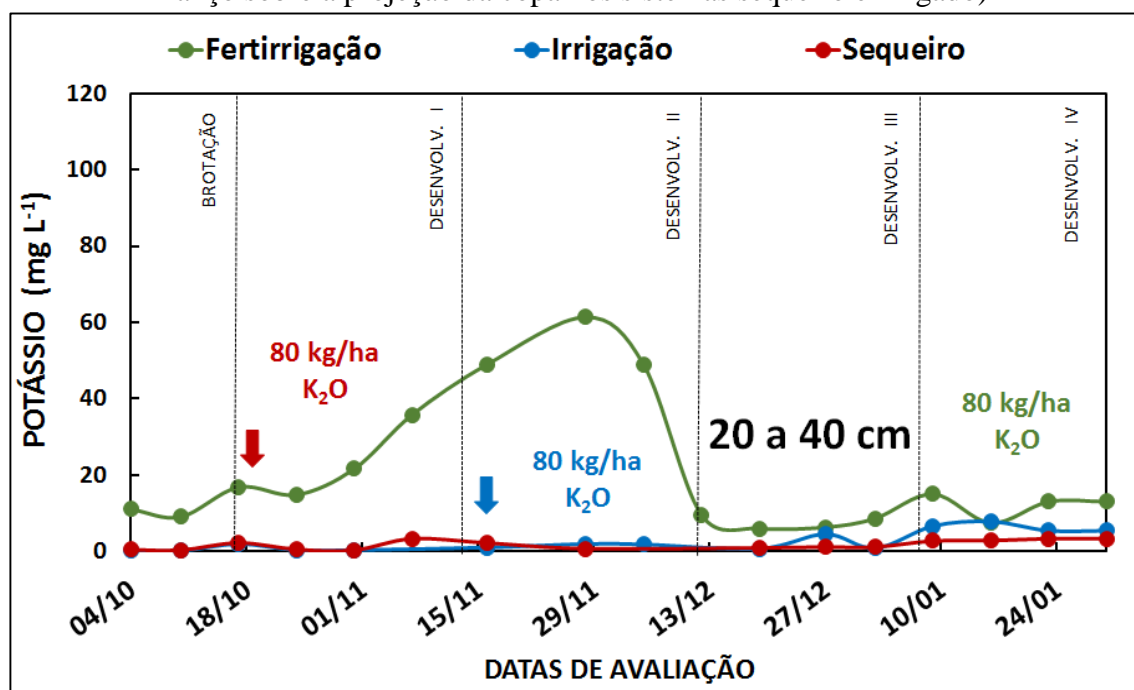
Os valores obtidos de potássio na solução do solo neste trabalho são semelhantes aos observados por Klein & Spieler (1998), que ao avaliarem os efeitos da fertirrigação de macieiras com nitrato ou nitrogênio amoniacal sob irrigação por gotejamento, verificaram valores máximos de potássio na solução do solo próximos a 80 mg L^{-1} .

Figura 12 - Concentrações de potássio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19. O volume total de K_2O aplicado por hectare foi de 80 kg ha^{-1} . (Setas indicam data de aplicação de K_2O a lanço sobre a projeção da copa nos sistemas sequeiro e irrigado)



Fonte: Autora (2022)

Figura 13 - Concentrações de potássio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19. O volume total de K_2O aplicado por hectare foi de 80 kg ha^{-1} . (Setas indicam data de aplicação de K_2O a lanço sobre a projeção da copa nos sistemas sequeiro e irrigado)



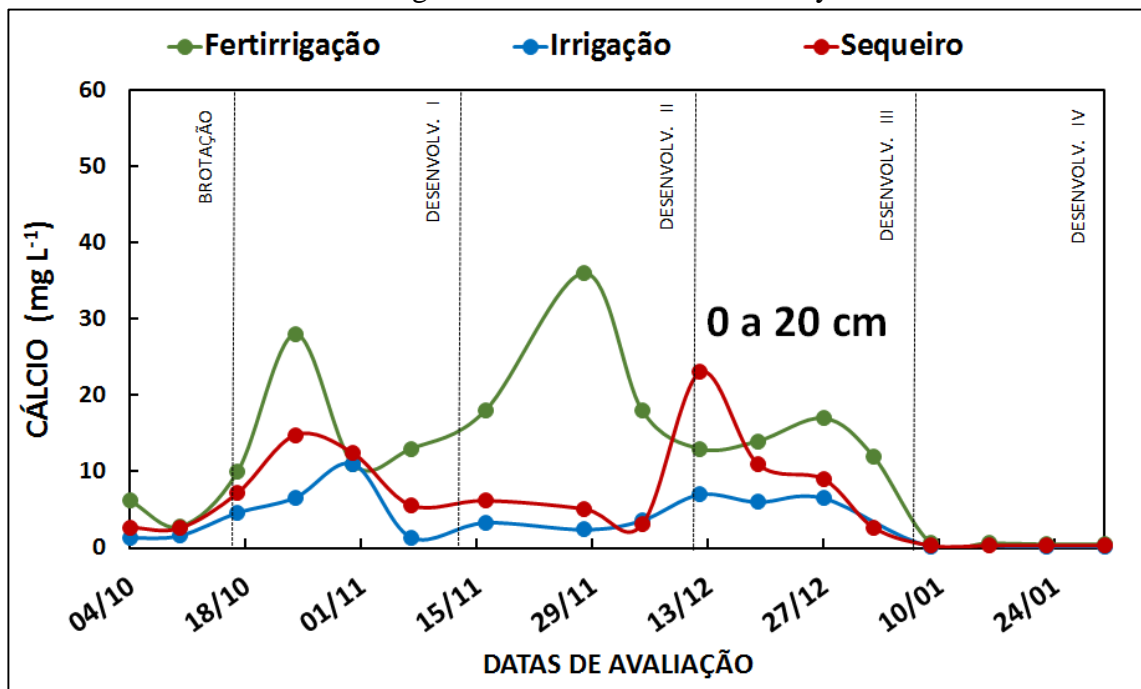
Fonte: Autora (2022)

5.2.4 Concentração de cálcio

As concentrações de cálcio na solução do solo nos diferentes sistemas (sequeiro, irrigação e fertirrigação), nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm são apresentados nas Figuras 14 e 15, respectivamente. Verifica-se que a concentração de cálcio na solução do solo no sistema com fertirrigação, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, apresentou valores superiores os observados nos sistemas sequeiro e irrigação, refletindo os efeitos das aplicações semanais de cálcio, que teve como fonte principal o nitrato de cálcio. Nos sistemas de sequeiro e irrigação, os picos nas concentrações de cálcio, provavelmente, estejam relacionados à dinâmica do nutriente na solução nestes dois sistemas, a qual tem relação com a disponibilidade de água no solo (aumento do volume da solução). Provavelmente a origem deste cálcio na solução do solo nestes dois sistemas seja a calagem do solo, realizada na implantação do pomar.

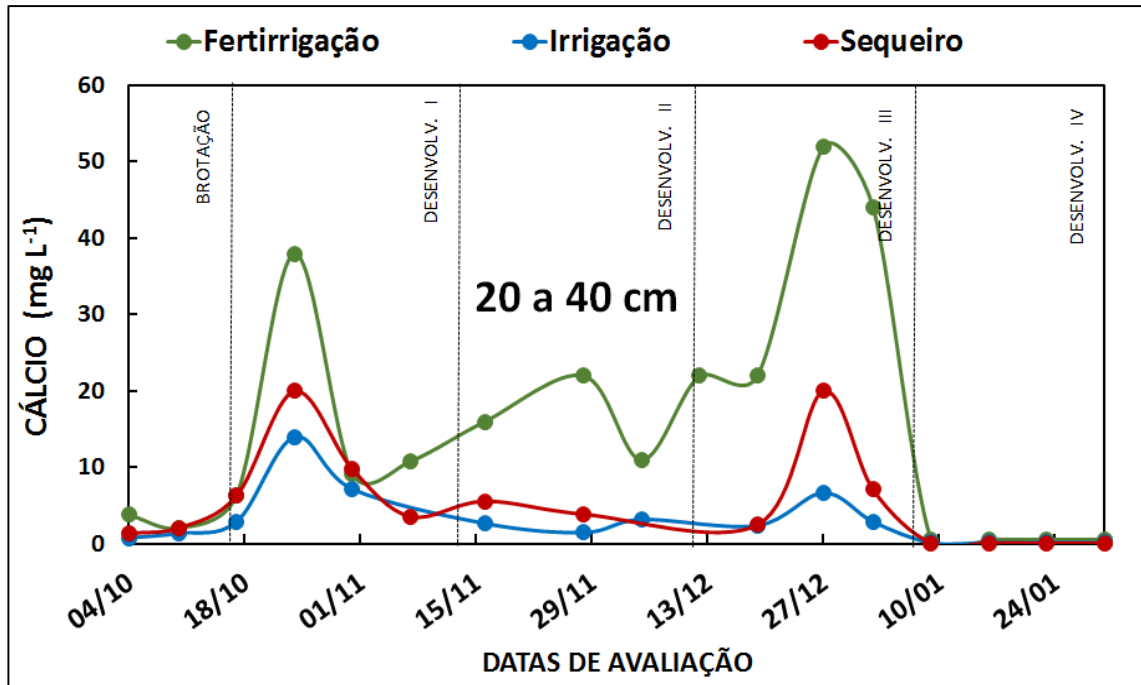
Na camada de 20 a 40 cm de profundidade (Figura 15), as variações nas concentrações de cálcio na solução do solo, provavelmente estejam mais relacionadas a dinâmica deste nutriente na solução, em função da disponibilidade de água no solo do que aos fertilizantes aplicados, principalmente em fertirrigação.

Figura 14 - Concentrações de cálcio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19



Fonte: Autora (2022)

Figura 15 - Concentrações de cálcio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19

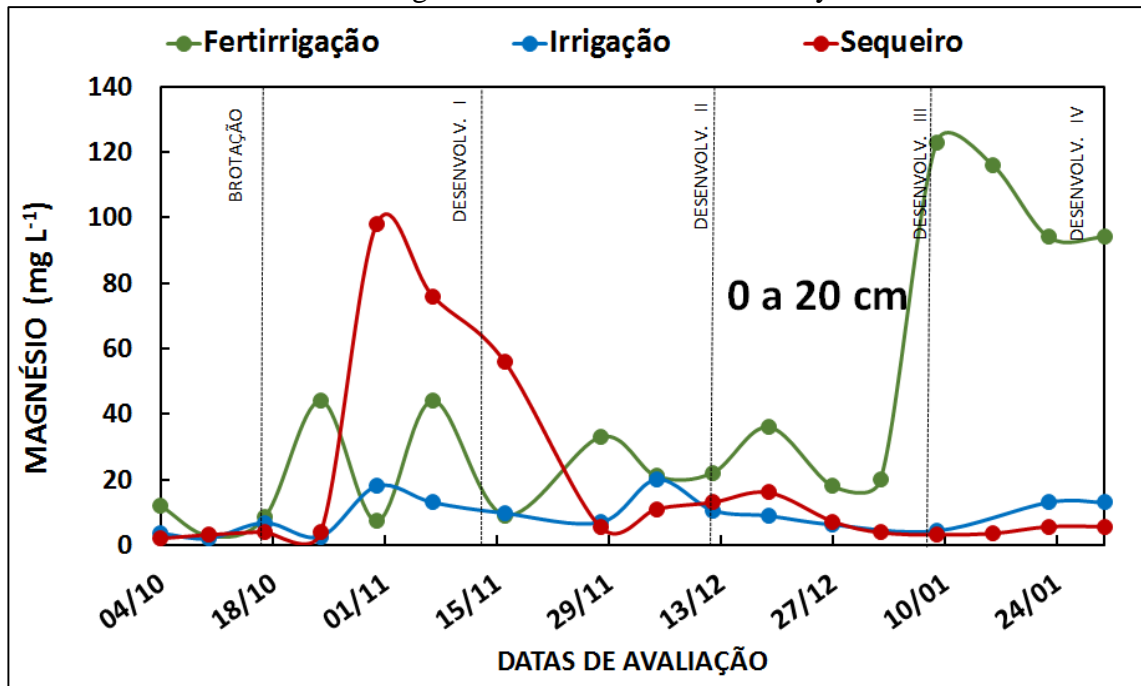


Fonte: Autora (2022)

5.2.5 Concentração de magnésio

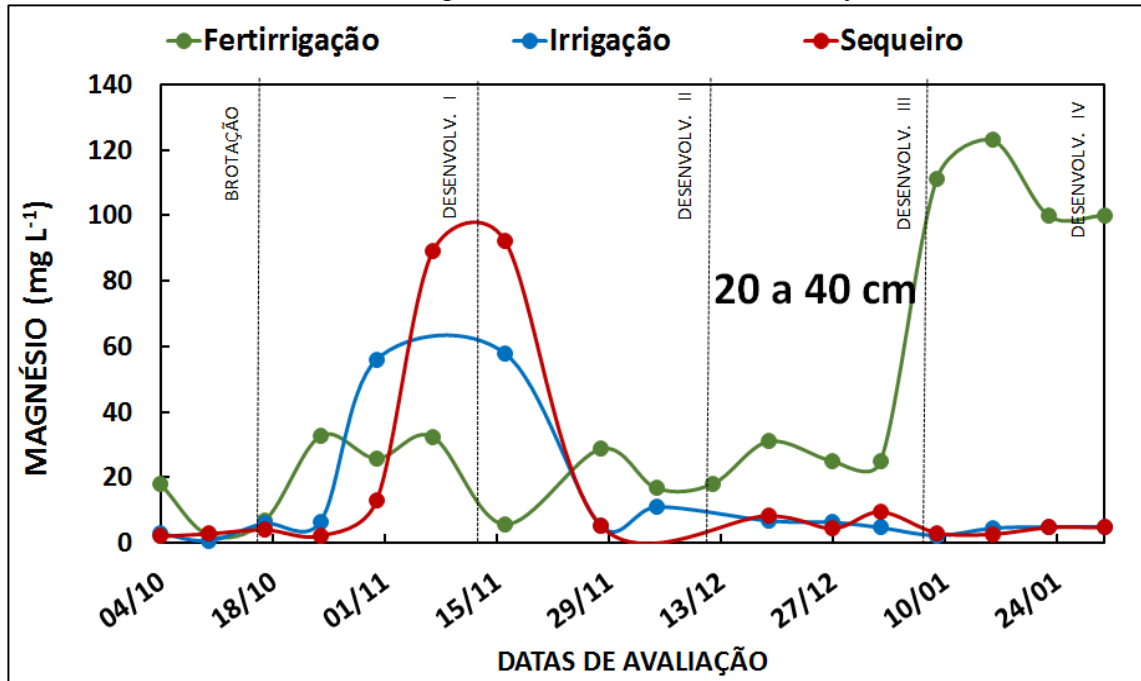
As concentrações de magnésio na solução do solo nos diferentes sistemas (sequeiro, irrigação e fertirrigação), nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm são apresentados nas Figuras 16 e 17, respectivamente. Verifica-se que a concentração de magnésio na solução do solo em função da fertirrigação, tanto na camada de 0 a 20 cm como na de 20 a 40 cm de profundidade não apresenta uma relação direta com o período de maior aporte deste nutriente via fertirrigação (entre as fases de Desenvolvimento II e III), apresentando um pico expressivo na fase de Desenvolvimento IV. Uma provável explicação para esta condição pode estar relacionada ao fato de que as quantidades aportadas via fertirrigação foram superiores as quantidades demandadas pelas plantas, acumulando o nutriente no final da fase avaliada. Já os picos de concentração verificados no sistema de sequeiro, provavelmente estejam relacionados à dinâmica do nutriente na solução do solo.

Figura 16 - Concentrações de magnésio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 0 a 20 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19



Fonte: Autora (2022)

Figura 17 - Concentrações de magnésio (mg L^{-1}) na solução do solo (camada de 20 a 40 cm de profundidade) nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, em seis fases de desenvolvimento vegetativo de macieiras cv. Galaxy/M9 na safra 2018/19



Fonte: Autora (2022)

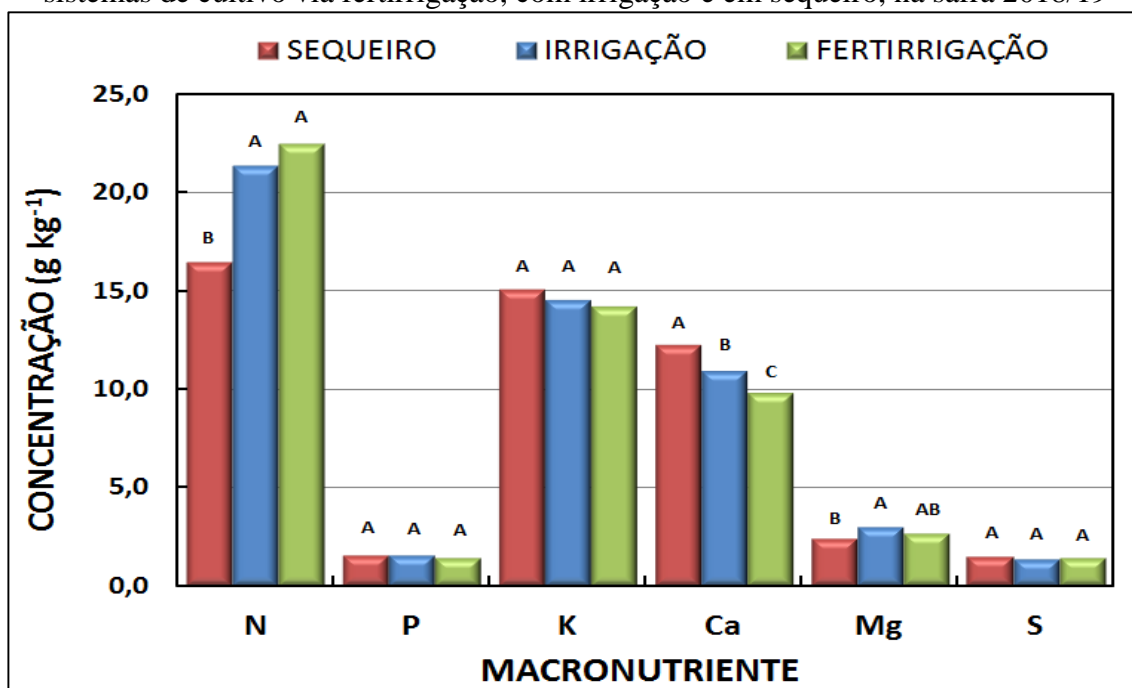
5.3 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NO TECIDO FOLIAR

As concentrações de macronutrientes no tecido foliar de macieiras cultivadas nos diferentes sistemas (sequeiro, irrigação e fertirrigação), na safra 2018/19, são apresentadas na Figura 18. Verifica-se que as concentrações de fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) não diferiram entre si em função dos sistemas utilizados. Considerando os valores utilizados para a interpretação da análise foliar em macieira, as concentrações obtidas para estes nutrientes neste trabalho estão dentro da faixa considerada normal para a cultura (HAHN et al., 2020).

Para nitrogênio (N), as concentrações obtidas nos sistemas de irrigação e fertirrigação foram significativamente superiores às do sistema sequeiro, cujos valores ($16,4 \text{ g kg}^{-1}$) são classificados com abaixo do normal para a cultura (faixa normal de 20 a 25 g kg^{-1}). Já para cálcio (Ca), as concentrações diferiram significativamente entre os sistemas, onde o sistema sequeiro apresentou os maiores valores e a fertirrigação os menores. Considerando os valores utilizados para a interpretação da análise foliar em macieira, as concentrações de cálcio neste trabalho estão dentro da faixa considerada normal para a cultura somente no sistema sequeiro, sendo consideradas abaixo do normal nos sistemas irrigado e fertirrigado (HAHN et al., 2020). Para magnésio (Mg), as concentrações obtidas no sistema de irrigação foram significativamente superiores às do sistema sequeiro, cujos valores ($2,4 \text{ g kg}^{-1}$) são classificados com abaixo do normal para a cultura (faixa normal de 2,5 a $4,5 \text{ g kg}^{-1}$). Os valores obtidos para este nutriente no sistema com fertirrigação não diferiram significativamente dos valores obtidos nos demais sistemas.

Em termos gerais, com exceção para o Ca, a fertirrigação proporcionou acúmulo igual ou superior de macronutrientes no tecido foliar da macieira na safra 2018/19, em comparação com os sistemas de sequeiro e irrigação. Provavelmente isto se deve pelo fato de que neste sistema os nutrientes são ofertados à planta na forma parcelada durante o ciclo vegetativo, proporcionando maior absorção pelas plantas.

Figura 18 - Concentrações de macronutrientes em folhas de macieira cv. Galaxy/M9 nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, na safra 2018/19



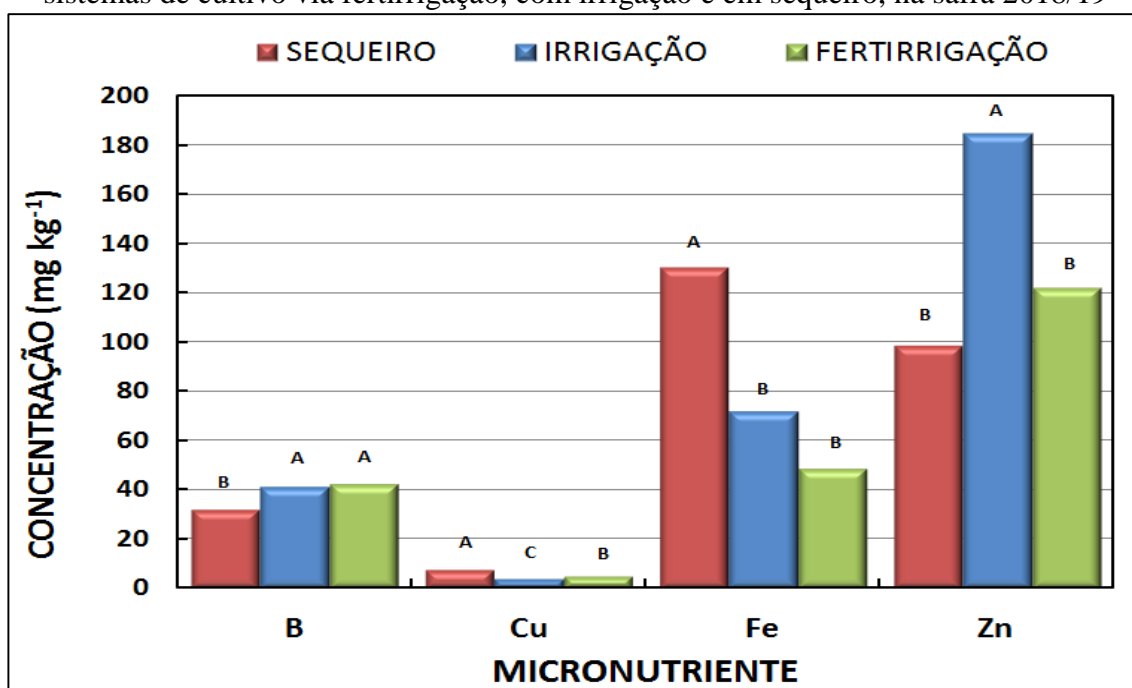
Fonte: Autora (2022)

As concentrações de micronutrientes no tecido foliar de macieiras cultivadas nos diferentes sistemas (sequeiro, irrigação e fertirrigação), na safra 2018/19, são apresentadas na Figura 19. Verifica-se que as concentrações de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) diferiram significativamente entre si em função dos sistemas utilizados.

Para B, as concentrações obtidas nos sistemas de irrigação (41,2 mg kg⁻¹) e fertirrigação (42,6 mg kg⁻¹) foram significativamente superiores às do sistema sequeiro (41,2 mg kg⁻¹). Para Cu, as concentrações foliares diferiram significativamente entre os sistemas, onde as maiores concentrações foram obtidas no sistema de sequeiro (7,6 mg kg⁻¹) e as menores no sistema de irrigação (4,1 mg kg⁻¹). Para Fe, as concentrações foliares diferiram significativamente entre os sistemas, onde as maiores concentrações foram obtidas no sistema de sequeiro (130,4 mg kg⁻¹) e as menores no sistema de fertirrigação (48,5 mg kg⁻¹). Por fim, para Zn, as concentrações foliares diferiram significativamente entre os sistemas, onde as maiores concentrações foram obtidas no sistema de irrigação (184,8 mg kg⁻¹) e as menores no sistema de sequeiro (98,5 mg kg⁻¹).

Considerando os valores utilizados para a interpretação da análise foliar em macieira, somente as concentrações obtidas para B e Fe, neste trabalho estão dentro da faixa considerada normal para a cultura (HAHN et al., 2020). As concentrações de Cu no sistema de sequeiro estão abaixo da faixa considerada normal, enquanto que as concentrações de Zn estão acima da faixa considerada normal.

Figura 19 - Concentrações de micronutrientes em folhas de macieira cv. Galaxy/M9 nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro, na safra 2018/19



Fonte: Autora (2022)

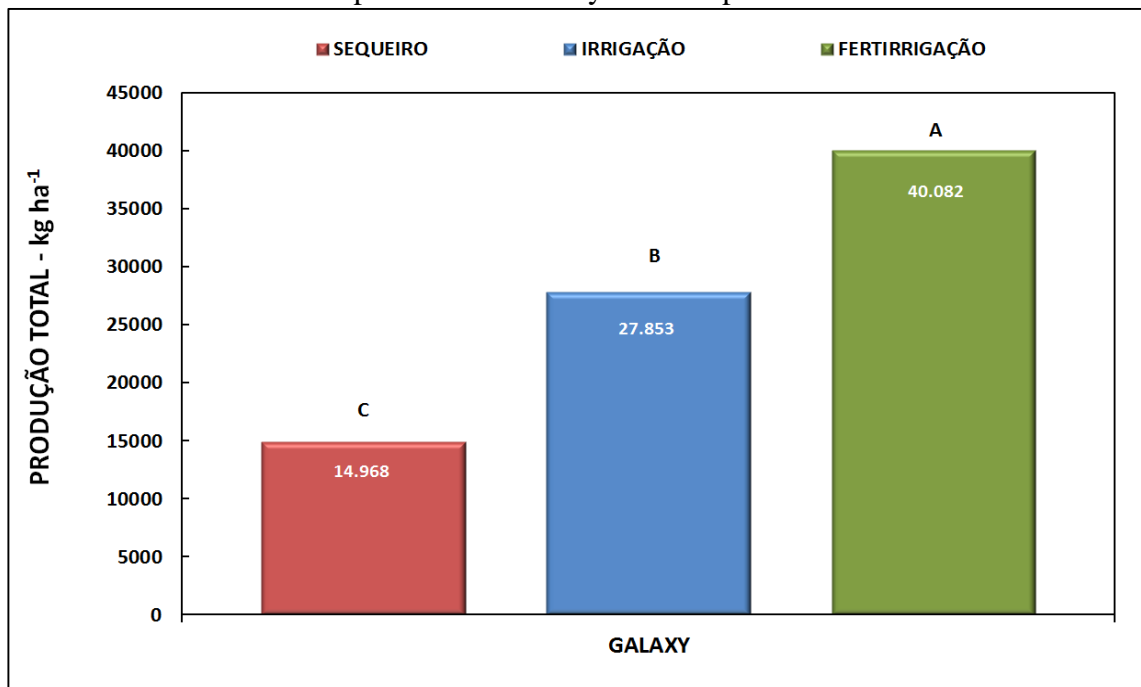
5.4 PRODUÇÃO DE FRUTOS

Os resultados mostraram que a irrigação por gotejamento aumentou a produtividade dos frutos. Contudo, os resultados mais expressivos sobre o rendimento foram obtidos com o uso da irrigação e fertirrigação combinados (Figura 20). Verifica-se que houve um aumento de produção de frutos na ordem de 86 % quando se compara o sistema de irrigação com o de sequeiro e de 168 % quando se compara o sistema de fertirrigação com o sequeiro. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Nachtigall (2022), que relata que os resultados de rendimento médio entre as safras 2017/18 e 2020/21 têm sido consistentemente maiores no manejo com irrigação e fertirrigação, em comparação com o sequeiro, com valores médios de 34% de aumento para a cultivar Galaxy e de 72% para a cultivar Fuji Suprema. Estes resultados

positivos ocorrem justamente quando se tem frequentes cenários de déficits hídricos nos solos, o que tem levado a um número crescente de produtores a adotar o uso destas tecnologias.

Verifica-se que a fertirrigação da macieira é amplamente praticada em todo o mundo. No Canadá, em Israel e em outros países onde a macieira recebe irrigação, a fertirrigação é prática comum para o fornecimento de nitrogênio e potássio e, em menor escala, de fósforo (PENG, 2008).

Figura 20 - Produção total de frutos de macieiras cv. Galaxy/M9 nos sistemas de cultivo via fertirrigação, com irrigação e em sequeiro. Safra 2018/19. Letras distintas nas barras diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade



Fonte: Autora (2022)

6 CONCLUSÃO

Os resultados permitiram concluir que:

1. A concentração dos nutrientes na solução do solo, quando comparado aos sistemas de cultivo em sequeiro, com irrigação e com fertirrigação, foi mais eficiente no sistema fertirrigado.
2. O modelo de fertirrigação empregado mantém os valores de condutividade elétrica e de pH na solução do solo em níveis considerados adequados para a cultura da macieira.
3. Com exceção para o Ca, a fertirrigação proporcionou acúmulo igual ou superior de macronutrientes no tecido foliar da macieira, em comparação com os sistemas de sequeiro e irrigação.
4. A irrigação por gotejamento aumentou a produtividade dos frutos. Contudo, os resultados mais expressivos sobre o rendimento foram obtidos com o uso da irrigação e fertirrigação combinados.

REFERÊNCIAS

- AGAPOMI. **Capacidade de Armazenagem Frigorífica para Maçãs no RS – Dados Estatísticos**. 2019. Disponível em: <http://agapomi.com.br/informacoes/dados-estatisticos/>. Acesso em: 12 out. 2022.
- BEUKES, D. J.; WEBER, H. W. The effects of irrigation at different soil water levels on the water use characteristics of apple trees. **Journal of Horticultural Science**, v. 57, p. 383-391, 1982.
- BRACKMANN, A.; BENEDETTI, M.; STEFFENS, C. A.; MELLO, A. M de. Avaliação da temperatura e condições de atmosfera controlada em frutos com incidência de pingo de mel. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.1, p.37-452, 2002.
- Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE). Superintendência de Planejamento. **Cadeia produtiva da maçã no Brasil: limitações e potencialidades**. Porto Alegre: BRDE, 2018.
- COELHO, E. F.; SOUZA, V. F.; PINTO, J. M. **Manejo da Fertirrigação em Fruteiras. Bahia Agrícola**, v.6, n.1, 2003. P 65-70. Disponível em: http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/V6N1_pesq_manejo.pdf, acesso em: 18 nov. 2022.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005.
- DORAN, J. W.; JONES, A. J.; SMITH, J. L.; DORAN, J. W. Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis. **SSSA Special Publication**. 1996. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c10>
- EBERT, A; KREUZ, C. L.; ZAFFARI, G. R.; PETRI, J. L. **Raleio de frutos em macieira no Alto Vale do Rio do Peixe em Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC, 1998. p. 65.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos., p. 306, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura da Maçã**. Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2016. 81p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cultivos**. 2016. Disponível: <<https://www.embrapa.br/trigo/cultivos>>. Acesso em: 26/09/2022.
- EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006, 59-104 p FREIRE, C.J. da S. Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário. Pelotas-RS: Embrapa-CPACT, 1998. 208 p.

FREY, W. **Fraiburgo: berço da maçã brasileira**. Curitiba: Vicentino, 1990.

HAHN, L. CIOTTA, M. N. NACHTIGALL, G.R. **Calagem, adubação e nutrição na macieira**. In: BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B.; TASSINARI, A.; KRUG, A. V.; MARQUES, A. C. R.; DE PAULA, B. V.; MARCHEZAN, C.; BETEMPS, D. L.; TRENTIN, E.; SILVA, I. C. B. da; SILVA, L. O. S. da (Org). Atualização sobre Calagem e Adubação em Frutíferas. 1ed. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2020, v. 1, p. 137-150.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção de maçã 2021**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maca/br>> Acesso em 15 set. 2022

KLEIN, I.; SPIELER, G. Fertigation of apples with nitrate or ammonium nitrogen under drip irrigation. II. Nutrient distribution in the soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.18, p.323–339. 1987. <https://doi.org/10.1080/00103628709367822>

KOVALESKI, A. **Pragas**. Frutas do Brasil, Bento Gonçalves, v.38, p.10-33, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Cenário da Cadeia Produtiva da Maçã**, Brasília, ano 6, v. 54, n. 54, 2020.

NACHTIGALL, G. R. Irrigação e fertirrigação reduzem perdas em macieiras. **Revista da Fruta**, edição 31. mar/2022, p.11-12, 2022.

NEILSEN, D.; PARCHOMCHUK, P.; NEILSEN, G. H.; HOGUE, E. J. Using soil solution monitoring to determine the effects of irrigation management and fertigation on nitrogen availability in high-density apple orchards. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.123, p.706–713. 1998.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D.; HERBERT, L.C.; HOGUE, E. J. Response of apple to fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.129, p.26–31. 2004.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; DUARTE, S. N.; SILVA JÚNIOR, M. J.; CAMPELO, C. M. Calibração de extratores providos de cápsula porosa para monitoramento da salinidade e da concentração de íons. **Eng. Agríc.** [online] vol.31, n.3, pp. 520-528, 2011.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; MORAES, S. O. Lixiviação de nitrato em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.171-180, 2001.

OYEWOLE O.A.; INSELSBACHER E.; NÄSHOLM T. Direct estimation of mass flow and diffusion of nitrogen compounds in solution and soil. **New Phytol.**, doi: 10.1111/nph.12553, Oct 18, 2013.

PENG, Y.; SHIQI, P.; YOUGUO, T.; IVANOVA, S.; MAGEN, H. **Fertigation Management in Young Apple Trees in Shandong, China**. Switzerland: International Potash Institute (IPI). e-ifc No. 18 - Research Findings. 2008.

PETRI, J.L. **Fatores edafoclimáticos**. In: EPAGRI. A cultura da macieira. Florianópolis: Epagri, 2006, p. 105-112.

SANHUEZA, R. M. V. **Doenças causadas por fungos e bactérias**. Frutas do Brasil, Bento Gonçalves, v.38, p. 34-60, 2004.

SILVA JÚNIOR, M. J.; DUARTE, S. N.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F. DE; DUTRA, I. Resposta do meloeiro à fertigação controlada através de íons da solução do solo: Desenvolvimento vegetativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.715-722, 2010.

SOUZA, E. R.; MELO, H. F.; ALMEIDA, B. G.; MELO, D. V. M. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.510-517, 2013.

SOUZA, T. R. D., BÔAS, R. L. V., QUAGGIO, J. A., SALOMÃO, L. C.; FORATTO, L. C. **Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citrus**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.47, n.6, p.846-854, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n6/47n06a16.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

TODA FRUTA. **Cultivares de maçãs**. Disponível em: <<http://todafruta.com.br>> Acesso em 03 set. 2022.

WEBSTER, A.D. **Shoot growth**. In: TROMP, J.; WEBSTER, A.D.; WERTHEIM, S.J. Fundamentals of Temperature Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 120-135.