

Fertirrigação da cultura da macieira



Marco Antonio Fonseca da Conceição¹

Gilmar Ribeiro Nachtigall²

Camila Cargnino³

João Caetano Fioravanço⁴

Lucimara Rogéria Antonioli⁵

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da macieira (*Malus domestica*) apresentou grande expansão região sul do Brasil a partir da década de 90, atingindo mais de 30.000 ha com esta cultura em 2007 (MELLO et al., 2007). Esse cultivo tem sido efetuado, em geral, sem o uso da irrigação. Nos últimos anos, entretanto, tem ocorrido períodos frequentes de falta de chuvas durante o ciclo produtivo da cultura, aumentando o interesse dos produtores pela instalação de sistemas de irrigação em suas áreas. Esse interesse tem sido observado, também, em outras regiões do mundo que apresentam precipitações regulares durante o ciclo da cultura, como no Vale do Loire, França (CONTEPAS, 1993), na região sul do Uruguai (PETILLO et al., 2003) e na região nordeste dos Estados Unidos (DRAGONI et al., 2004).

O uso da irrigação permite a aplicação de fertilizantes através da água (fertirrigação). Essa prática pode tornar mais flexível a distribuição de adubos, principalmente em pomares mais adensados, reduzindo as perdas de nutrientes e o risco de contaminação dos aquíferos (NEILSEN; NEILSEN, 1997). A aplicação de fertilizantes no mesmo local em que está sendo aplicada a água é especialmente importante nos sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão, devido à menor superfície de solo umedecida por estes sistemas.

¹ Eng. Civil, Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Estação Experimental de Viticultura Tropical, Caixa Postal 241, CEP 15700-000, Jales, SP. E-mail: marcoafc@cnpuv.embrapa.br.

² Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado, Caixa Postal 1513, CEP 95200-000, Vacaria, RS. E-mail: gilmar@cnpuv.embrapa.br.

³ Eng. Agrônoma, Aluna de Mestrado da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Avenida Luis de Camões, 2090, CEP 88520-000, Lages, SC. E-mail: camila.cargnino@ibest.com.br.

⁴ Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Caixa Postal 130, CEP 95700-000, Bento Gonçalves, RS E-mail: fioravanco@cnpuv.embrapa.br.

⁵ Eng. Agrônoma, Pesquisadora da Embrapa Uva e Vinho, Caixa Postal 130, CEP 95700-000, Bento Gonçalves, RS. E-mail: lucimara@cnpuv.embrapa.br.

O presente trabalho teve como objetivo estabelecer a demanda hídrica para a cultura da macieira nas condições edafoclimáticas da região de Vacaria – RS, bem como avaliar o efeito da irrigação e da fertirrigação, comparadas ao cultivo convencional, no estado nutricional, fenologia, produtividade e qualidade pós-colheita de frutos de macieira cultivar “Royal Gala”.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado (EFCT) da Embrapa Uva e Vinho, localizada em Vacaria, RS (28°30' S e 50°56' W – altitude de 986 m), em um pomar implantado em 1997, em um Latossolo Bruno aluminico câmbico, utilizando a cultivar “Royal Gala” sobre o porta-enxerto M9, no espaçamento 3,8 x 0,8 m. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com oito repetições, utilizando três tratamentos: a) cultivo convencional (sem aplicação de irrigação); b) irrigação; c) fertirrigação.

Foram empregados tensiômetros de punção para o monitoramento hídrico no solo em estudo, cuja capacidade média de água disponível é de, aproximadamente, 140 mm m⁻¹. O manejo da irrigação e da fertirrigação foi realizado com base na profundidade efetiva do solo, onde se concentra a maior parte do sistema radicular. No caso de macieiras adensadas sobre porta-enxerto de baixo vigor, como é o caso do M9, essa profundidade fica ao redor de 40 cm (GREEN; CLOTHIER, 1999; HOFFMANN; BERNARDI, 2004). Por essa razão, os tensiômetros foram instalados em duas profundidades, 10 cm e 30 cm, entre três pares de plantas, correspondendo às camadas de 0 a 20 cm e de 20 cm a 40 cm, respectivamente. Com base nos valores do potencial matricial da água no solo, obtidos com a leitura dos tensiômetros, determinou-se a umidade volumétrica, empregando-se a equação de van Genuchten (1980). Para a obtenção da curva de retenção de água (relação potencial matricial x conteúdo de água no solo) foram utilizadas as câmaras de pressão de Richards para altas tensões (0,010; 0,033; 0,1 e 1,5 MPa) e a mesa de tensão para as tensões menores (0,001 e 0,006 MPa), segundo metodologia descrita em Embrapa (1997). As curvas de retenção da água no solo, para cada profundidade, medidas e estimadas pela equação estão apresentadas nas Figuras 1 e 2.

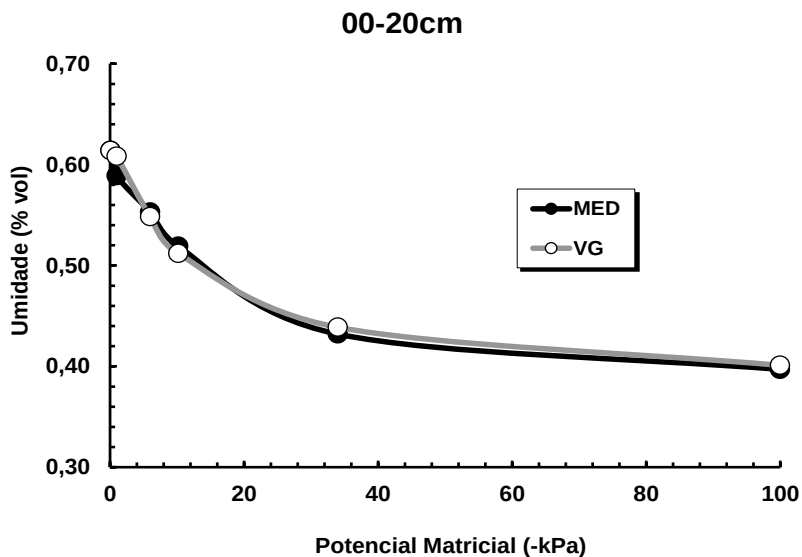


Figura 1. Curvas de retenção de água no solo usando valores medidos (MED) e estimados pela equação de van Genuchten (VG), para a profundidade de 00 a 20 cm. EFCT, Vacaria, RS. Fonte dos dados: G. R. Nachtigall.

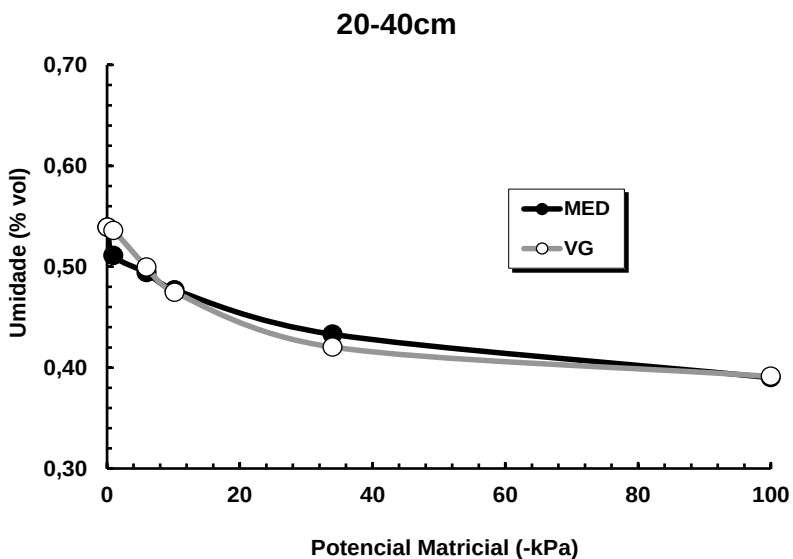


Figura 2. Curvas de retenção de água no solo usando valores medidos (MED) e estimados pela equação de van Genuchten (VG), para a profundidade de 20 a 40 cm. EFCT, Vacaria, RS. Fonte dos dados: G. R. Nachtigall.

A demanda hídrica da cultura foi determinada considerando os resultados diários do monitoramento dos tensiômetros (localizados a 10 cm e 30 cm de profundidade) utilizando densímetro digital, bem como dos resultados meteorológicos obtidos na estação meteorológica da EFCT. A definição de necessidade de irrigação foi estabelecida quando os níveis médios da tensão de água no solo atingiram -15 kPa (NAOR et al., 1995; MERON et al., 2001; CONCEIÇÃO, 2006). O tempo de irrigação foi baseado na curva característica de retenção de água no solo. A fertirrigação, utilizando fontes de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio (nitrato de cálcio, nitrato de potássio e fosfato monoamônico), foi realizada através de aplicações com intervalo fixo de 15 dias. A irrigação (quando necessária) e a fertirrigação tiveram início em novembro e finalizaram em março, tanto na safra 2008/09 como na safra 2009/10.

2.1. Experimento 1: Demanda hídrica da cultura da macieira sob fertirrigação

Os valores de coeficientes da cultura (K_c) foram ajustados de forma interativa, buscando-se o menor erro padrão da estimativa entre os valores do armazenamento da água no solo (ARM) medidos em campo e estimados pelo modelo de balanço hídrico mensal apresentado por Allen et al. (1998). Os valores da evapotranspiração da cultura (E_{tc}) e dos K_c foram determinados entre os dias 20 de novembro de 2008 a 30 de abril de 2009, que corresponderam, respectivamente, aos períodos de crescimento de fruto até o pós-colheita e início da dormência. A evapotranspiração de referência (E_{to}) foi calculada diariamente empregando-se o modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), a partir de dados obtidos na estação meteorológica da EFCT, onde também foram coletados os dados da precipitação pluvial.

2.2. Experimento 2: Estado nutricional de macieiras sob fertirrigação

Para avaliar os efeitos dos tratamentos aplicados no estado nutricional das plantas foram realizadas análises químicas de folhas e frutos de macieira cultivar "Royal Gala". Na primeira safra (2008/09) foram realizadas semanalmente amostragens de folhas e frutos no período de 02/12/2008 a 16/02/2009, enquanto que na segunda safra (2009/10) as amostras foram coletadas semanalmente no período de 04/11/2009 a 03/02/2010. As amostras de folhas foram constituídas de aproximadamente 100 folhas por parcela, coletadas no terço médio dos ramos de ano. As amostras de fruto foram constituídas de quatro frutos por parcela, coletados nos diferentes lados das plantas.

Foram determinadas às concentrações de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco) no tecido foliar e nos frutos (base seca), conforme metodologia descrita por Freire (1998).

2.3. Experimento 3: Comportamento fisiológico de macieiras submetidas à fertirrigação

Para avaliar os efeitos da irrigação e da fertirrigação no desenvolvimento dos frutos de macieira cultivar “Royal Gala” foram realizadas amostragens semanalmente no período de 02/12/2008 a 16/02/2009, na primeira safra (2008/09) e no período de 04/11/2009 a 03/02/2010, na segunda safra (2009/10). As amostras de fruto foram constituídas de quatro frutos por parcela, coletados nos diferentes lados das plantas, nos quais foram avaliados: a) diâmetro horizontal dos frutos; b) diâmetro vertical dos frutos; c) peso médio dos frutos.

2.4. Experimento 4: Efeito da fertirrigação na produção de maçãs

A produtividade de frutos foi avaliada na colheita sendo realizada individualmente nas cinco plantas centrais de cada bloco. Nesta avaliação determinou-se a produtividade total de frutos e em quatro categorias: extra (acima de 70 mm), especial (de 65 a 70 mm), comercial (de 55 a 65 mm) e refugo (até 55 mm).

2.5. Experimento 5: Qualidade pós-colheita de frutos de macieiras sob fertirrigação

Para avaliar os efeitos da irrigação e da fertirrigação na qualidade pós-colheita de frutos, utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizado, com cinco repetições de cinco frutos. Os frutos foram avaliados na instalação do ensaio e após 30, 60, 90 e 120 dias de armazenamento refrigerado ($0\pm1^{\circ}\text{C}$, $90\pm5\%\text{UR}$). Adicionalmente, os frutos foram mantidos por sete dias sob condição ambiente (25°C) após cada período de refrigeração, de forma a simular a comercialização, e avaliados quanto à firmeza de polpa (N), perda de massa (%), teor de sólidos solúveis (SS, °Brix), acidez titulável (AT, % ácido málico), relação e cor de cobrimento, fundo e polpa, representados pelos valores L (luminosidade) e a (variação do verde ao vermelho).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento 1: Demanda hídrica da cultura da macieira sob fertirrigação

O coeficiente mensal da cultura (Kc) apresentou comportamento quadrático (Figura 3), variando entre 0,19 e 0,88, com média igual a 0,58. De acordo com recomendações da FAO (ALLEN et al., 1998) o valor inicial de Kc, em condições de solo com cobertura vegetal ativa, deve ser igual a 0,80, enquanto que o valor na fase de maior demanda deve ser de 1,20, ambos superiores aos observados no presente trabalho. Após a colheita, que ocorreu em meados de fevereiro, o valor de Kc foi igual a 0,88 no mês subsequente, semelhante ao apresentado pela FAO para o final do ciclo (0,85). Posteriormente, o valor de Kc caiu para 0,22, valor também inferior

ao apresentado pela FAO para o período antes (0,85) e após (0,50-0,80) à queda de folhas. Isso mostra que o uso dos coeficientes apresentados pela FAO superestimaria os valores de E_{Tc} e K_c , o que pode proporcionar um desperdício de água e energia, caso fossem utilizados no manejo da irrigação. Gong et al. (2007) também registraram um comportamento quadrático para os valores de K_c , que variaram entre 0,43 e 1,01, mais próximos aos obtidos em Vacaria.

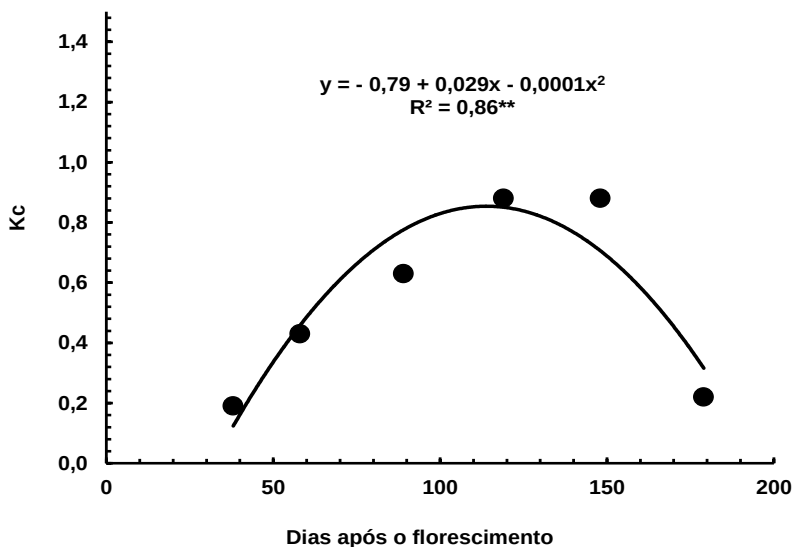


Figura 3. Coeficiente mensal da cultura (K_c) para macieira cv. Royal Gala. Vacaria, RS, 2008-2009.

O valor total de E_{Tc} no período foi de 316,0 mm, enquanto que as perdas estimadas por drenagem profunda (excedente hídrico) foram iguais a 129,6 mm. A evapotranspiração de referência (E_{To}) oscilou entre 1,3 mm.dia⁻¹ a 7,6 mm.dia⁻¹, com média de 3,5 mm.dia⁻¹. O valor máximo de E_{To} igual a 7,6 mm dia⁻¹ foi registrado isoladamente, ocorrendo, entretanto, com mais frequência valores máximos próximos a 6,0 mm dia⁻¹ (Figura 4).

A evapotranspiração da cultura (E_{Tc}) variou entre 0,3 mm.dia⁻¹ a 4,5 mm.dia⁻¹, com média de 2,0 mm.dia⁻¹ (Figura 4). Os maiores valores de consumo diário da cultura foram registrados entre os meses de janeiro e março, principalmente no final de janeiro e início de fevereiro (Figura 4). Gong et al. (2007) registraram valor médio de E_{Tc} semelhante, igual a 2,2 mm.dia⁻¹, com um máximo de 4,4 mm dia⁻¹. Petillo et al. (2003) observaram valores máximos de E_{Tc} mais altos, próximos a 5,0 mm.dia⁻¹. Pela metodologia empregada, houve ocorrência de deficiência hídrica somente quando se teve um consumo superior a uma fração “p” da água disponível do solo. O valor de “p” é função da cultura e dos valores de E_{Tc}

(ALLEN et al., 1998). Nas avaliações ocorridas em Vacaria, os valores de “p” variaram entre 0,52 e 0,69, com média de 0,62. Assim, somente para consumos superiores, em média, a 62% da água disponível é que se contabilizou déficit hídrico na cultura. Poucos foram os dias, entretanto, em que isso ocorreu, sendo que o déficit hídrico total no período foi de apenas 16,6mm.

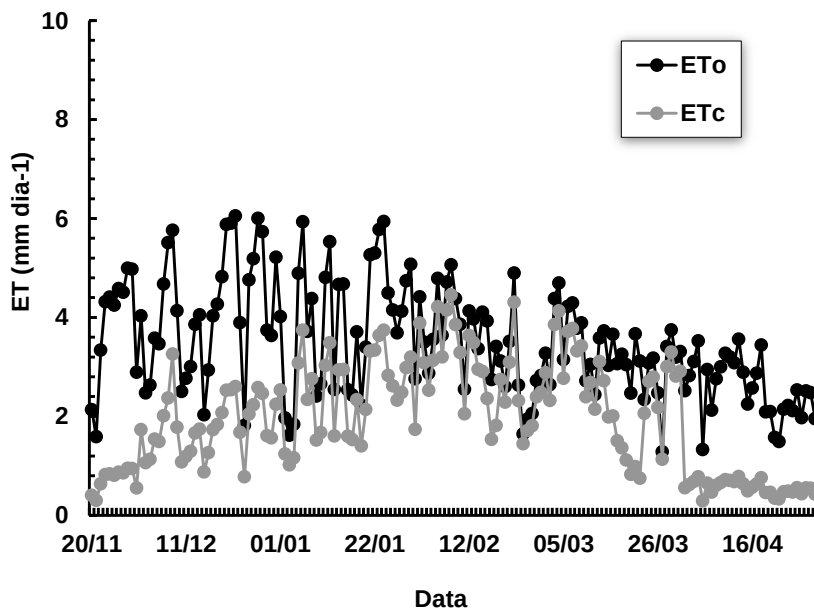


Figura 4. Valores médios diários da evapotranspiração de referência (ETo) e da evapotranspiração da cultura (ETc) de macieiras cv. Royal Gala. Vacaria, RS, 2008-2009.

3.2. Experimento 2: Estado nutricional de macieiras sob fertirrigação

Os resultados obtidos quanto a sazonalidade de macronutrientes em folhas de macieira “Royal Gala” submetidas a irrigação e fertirrigação, comparados aos do cultivo convencional, na safra 2008/09 são apresentados na Figura 5. Em termos gerais, independente do tratamento, ao longo do ciclo as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre nas folhas diminuíram, enquanto a concentração de cálcio aumentou. Neste mesmo período, a concentração de magnésio pouco variou ao longo do período vegetativo avaliado, apresentando maior concentração no tratamento convencional.

A redução nas concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre foram maiores nas quatro primeiras semanas de avaliação, evoluindo para uma lenta redução entre o final de dezembro e meados de janeiro, apresentando uma queda mais pronunciada no final do período avaliado. Este comportamento pode estar

relacionado ao efeito de diluição, que pode ocorrer ao longo do ciclo da cultura e/ou a redistribuição destes nutrientes para outros órgãos no final do ciclo vegetativo.

A distribuição sazonal de cálcio nas folhas apresentou inicialmente aumento significativo da concentração, seguido por redução acentuada a partir da segunda quinzena de dezembro. Após este período verificou-se aumento gradual e contínuo na concentração desse nutriente. Para magnésio, verificou-se a mesma tendência observada para o nutriente cálcio. Este comportamento pode estar relacionado à demanda deste nutriente pelos frutos (dreno).

Quanto ao efeito de tratamentos na sazonalidade dos macronutrientes avaliados, não foi verificado efeito significativo, tanto da irrigação como da fertirrigação, nas concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre. Embora houvesse expectativa de que a fertirrigação aumentasse as concentrações dos nutrientes aplicados, a falta de resposta observada pode estar relacionada à quantidade aplicada, que, provavelmente, foi inferior a demanda ideal das plantas.

Para cálcio e, principalmente magnésio, as maiores concentrações foram observadas no tratamento sem irrigação (convencional), praticamente durante todo o período avaliado. A redução nas concentrações destes nutrientes em função da irrigação ou fertirrigação pode estar relacionada ao efeito verificado destes tratamentos no tamanho dos frutos, uma vez que tanto a irrigação como fertirrigação proporcionaram a produção de frutos de maior diâmetro. Este efeito da irrigação/fertirrigação no tamanho dos frutos pode ter aumentado a demanda por estes nutrientes durante o crescimento dos frutos, proporcionando redução nas concentrações das folhas (dreno).

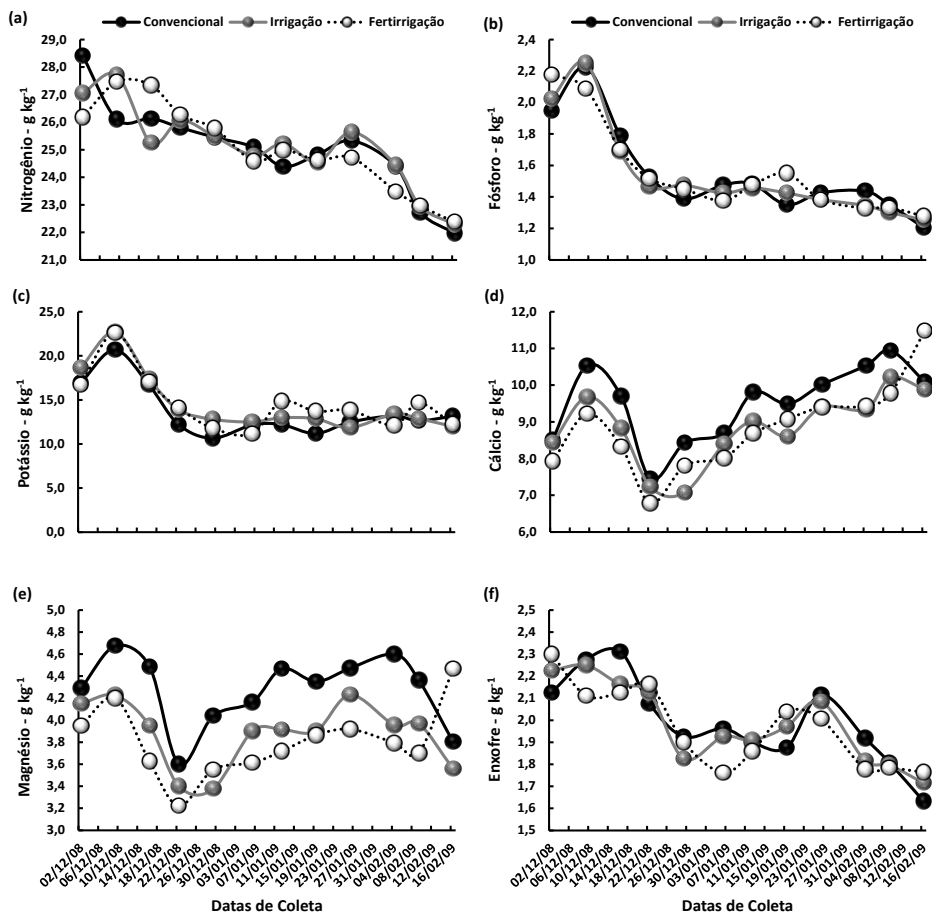


Figura 5. Distribuição sazonal das concentrações de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) em folhas de macieira cv. "Royal Gala", no período de 02/12/2008 a 16/02/2009, em função da aplicação de irrigação e de fertirrigação, comparadas ao cultivo convencional, no período de desenvolvimento da planta. Vacaria, RS.

Os resultados obtidos quanto a sazonalidade de micronutrientes em folhas de macieira "Royal Gala" submetidas a irrigação e fertirrigação, comparados aos do cultivo convencional, na safra 2008/09 são apresentados na Figura 6. Em termos gerais, a concentração de cobre nas folhas diminuiu e as concentrações de boro, ferro, manganês e zinco nas folhas não apresentaram tendência nítida durante a fase vegetativa das plantas, independente do tratamento aplicado.

Quanto ao efeito de tratamentos na sazonalidade dos micronutrientes avaliados, não foi verificado efeito significativo, tanto da irrigação como da fertirrigação, nas concentrações de boro, cobre, ferro, manganês e zinco nas folhas.

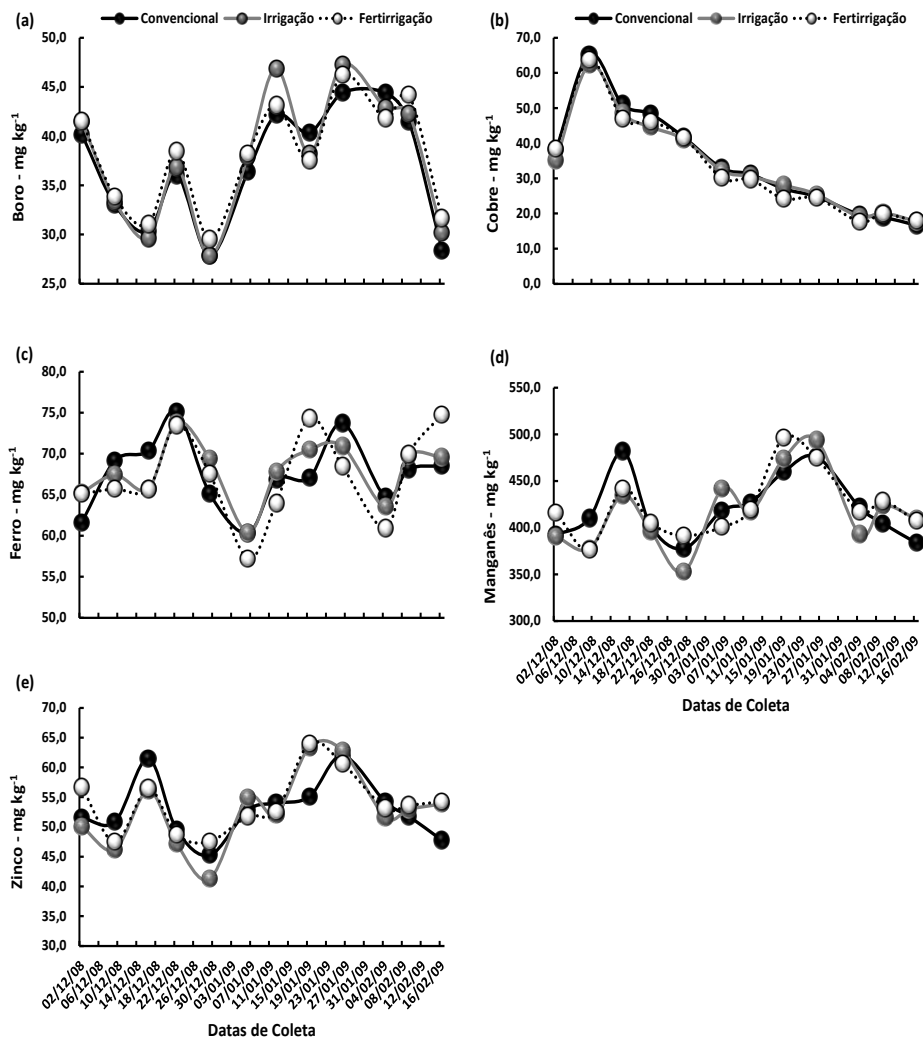


Figura 6. Distribuição sazonal das concentrações de boro (a), cobre (b), ferro (c), manganês (d) e zinco (e) em folhas de macieira cv. "Royal Gala", no período de 02/12/2008 a 16/02/2009, em função da aplicação de irrigação e de fertirrigação, comparadas ao cultivo convencional, no período de desenvolvimento da planta. Vacaria, RS.

Os resultados obtidos quanto à sazonalidade de macronutrientes em frutos de macieira "Royal Gala" submetidas à irrigação e fertirrigação, comparados aos do cultivo convencional, na safra 2008/09 são apresentados na Figura 7. Em termos gerais, as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre nos frutos diminuíram, ao longo do período vegetativo avaliado, independente do tratamento aplicado.

Quanto ao efeito de tratamentos na sazonalidade dos macronutrientes avaliados, somente foi verificado efeito significativo, tanto da irrigação como da fertirrigação, na concentração de potássio, principalmente na fase final de avaliação. Embora houvesse expectativa de que a fertirrigação aumentasse a concentração dos demais nutrientes aplicados, a falta de resposta observada pode estar relacionada à quantidade aplicada, que, provavelmente, foi inferior a demanda ideal das plantas.

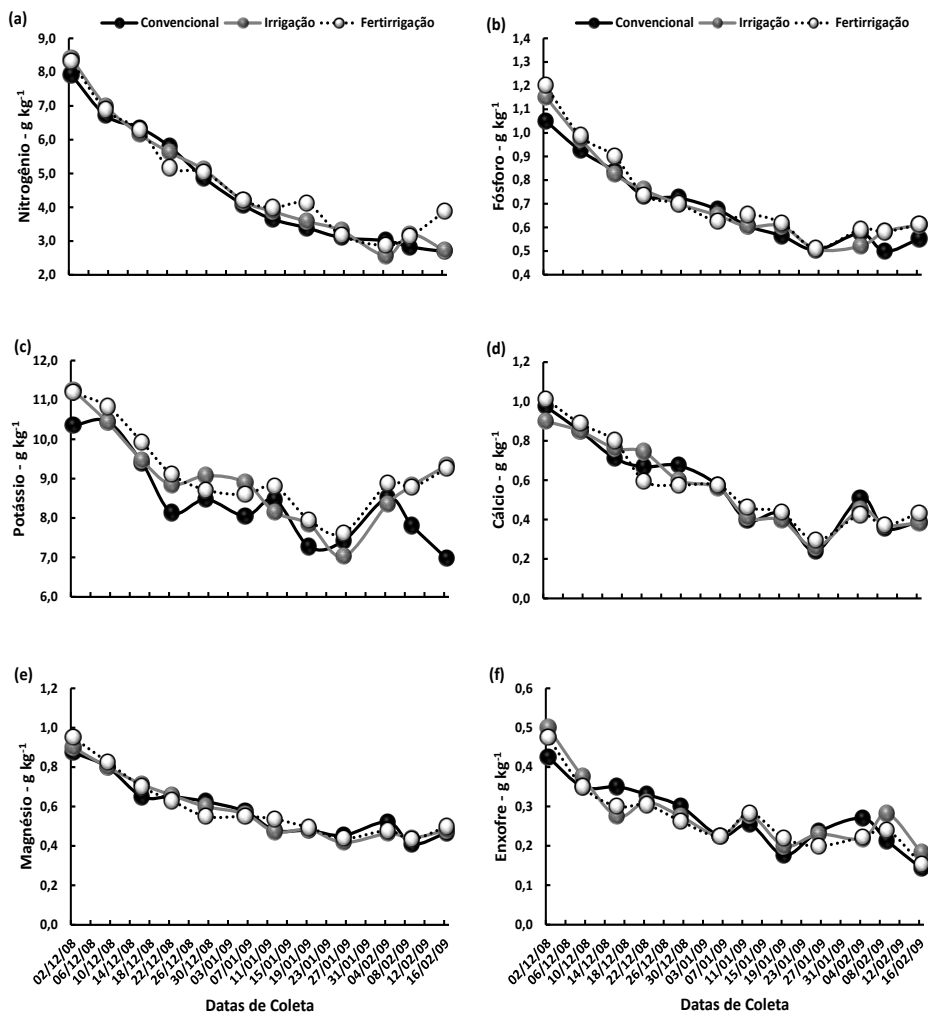


Figura 7. Distribuição sazonal das concentrações de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) em frutos de macieira cv. "Royal Gala", no período de 02/12/2008 a 16/02/2009, em função da aplicação de irrigação e de fertirrigação, comparadas ao cultivo convencional, no período de desenvolvimento da planta. Vacaria, RS.

Os resultados obtidos quanto à sazonalidade de micronutrientes em frutos de macieira “Royal Gala” submetidas à irrigação e fertirrigação, comparados aos do cultivo convencional, na safra 2008/09 são apresentados na Figura 8. Em termos gerais, as concentrações de boro, cobre, ferro, manganês e zinco nos frutos diminuíram durante a fase vegetativa das plantas, independente do tratamento aplicado. Quanto ao efeito de tratamentos na sazonalidade dos micronutrientes avaliados, não foi verificado efeito significativo, tanto da irrigação como da fertirrigação, nas concentrações de boro, cobre, ferro, manganês e zinco dos frutos.

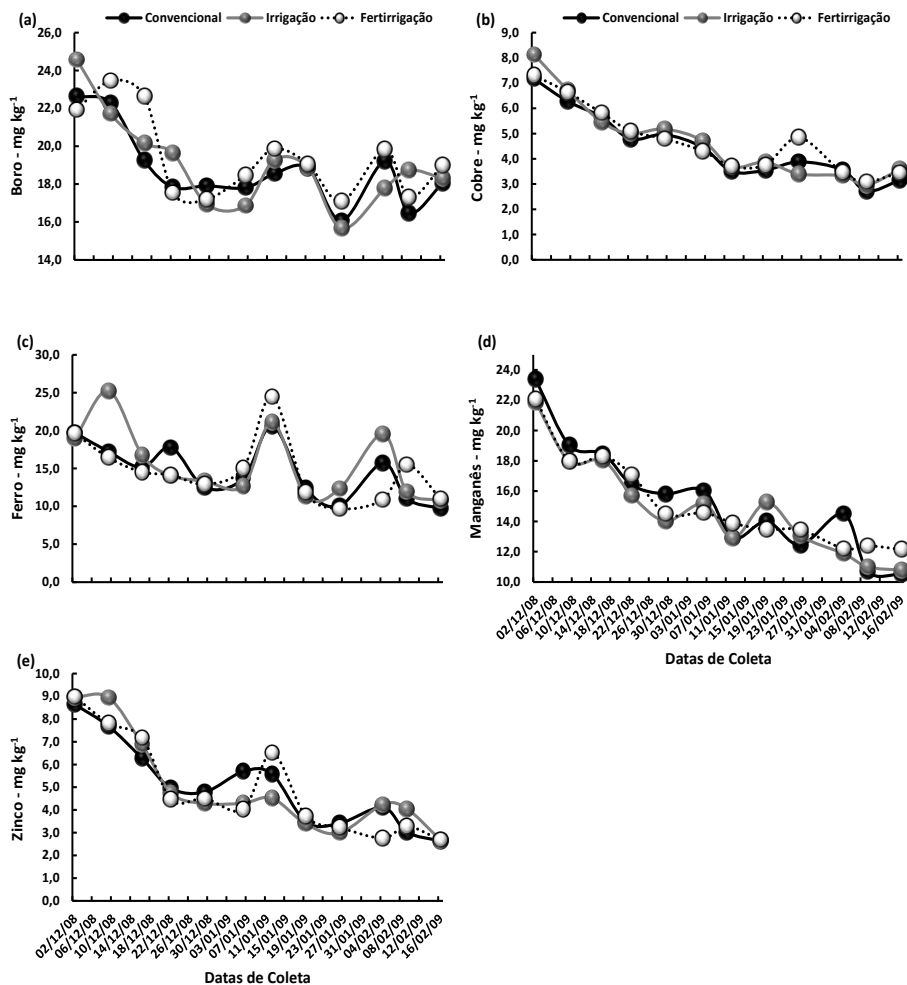


Figura 8. Distribuição sazonal das concentrações de boro (a), cobre (b), ferro (c), manganês (d) e zinco (e) em frutos de macieira cv. “Royal Gala”, no período de 02/12/2008 a 16/02/2009, em função da aplicação de irrigação e de fertirrigação, comparadas ao cultivo convencional, no período de desenvolvimento da planta. Vacaria, RS.

A falta de resposta da aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio via fertirrigação pode ser indicativo de que os volumes e as quantidades aplicadas, provavelmente, foram inferiores a demanda ideal das plantas, de modo que novos estudos devem ser realizados para maximizar as respostas da fertirrigação.

3.3. Experimento 3: Comportamento fisiológico de macieiras submetidas à fertirrigação

3.3.1. Monitoramento da tensão de água no solo

O monitoramento da tensão de água no solo, em função da irrigação e fertirrigação, comparados aos do cultivo convencional, foi realizado diariamente através de tensiômetros. Além disso, utilizaram-se como referência os dados meteorológicos obtidos através da estação meteorológica da Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado da Embrapa Uva e Vinho, Vacaria, RS. Para isso, dezoito tensiômetros foram instalados entre as plantas centrais de nove parcelas, sendo que, nove a uma profundidade de 10 cm e nove a uma profundidade de 30 cm. O monitoramento foi realizado com auxílio de um tensímetro digital. Os dados climatológicos avaliados foram: temperatura às 9, 15 e 21 horas; temperatura máxima e mínima, umidade relativa às 9, 15 e 21 horas; insolação diária, velocidade dos ventos às 9 horas e precipitação pluviométrica.

Na Figura 9 são apresentados os resultados do monitoramento da tensão de água no solo, em função da irrigação e fertirrigação, comparados aos do cultivo convencional, para a camada de 20 a 40 cm de profundidade, uma vez que é a camada mais representativa dos efeitos de tratamentos, bem como da ocorrência de precipitação pluviométrica e dos momentos de aplicação de água (via irrigação) e da fertirrigação, em um pomar de macieira cv. "Royal Gala", nas safras 2008/09 e 2009/10. O comportamento da tensão de água no solo foi bem distinto entre as safras avaliadas, uma vez que na safra 2008/09 houve menor ocorrência de precipitação pluviométrica comparada a safra 2009/10. Na safra 2008/09 houve déficit hídrico em vários momentos da fase vegetativa da macieira, demonstrado pela avaliação dos tensiômetros localizados no sistema convencional (sem aplicação de água de irrigação), cujas leituras mostraram, desde o início de dezembro de 2008, tensões que ultrapassaram -50 kPa, indicando a necessidade da aplicação de água. Nos tratamentos de irrigação e de fertirrigação as tensões médias avaliadas se mantiveram nos índices pré-estabelecidos como adequados para a cultura, uma vez que os tensiômetros a 30 cm de profundidade apresentaram valores próximos a -15 kPa, através da aplicação de água pelo sistema de irrigação e/ou fertirrigação, mostrando a eficácia e a aplicabilidade do controle hídrico na cultura da macieira.

Na safra 2009/10, praticamente não houve déficit hídrico durante a fase vegetativa da macieira, demonstrado pela avaliação dos tensiômetros localizados no sistema convencional (sem aplicação de água de irrigação), cujas leituras mostraram poucas situações onde as tensões ultrapassaram -50 kPa, que indicariam a necessidade da aplicação de água. Esta condição se deve a maior ocorrência de precipitação pluviométrica na fase de desenvolvimento vegetativo da cultura nesta safra. Quanto ao número de intervenções de irrigação, na safra 2008/09 foram

necessários 18 períodos de irrigação durante a fase de desenvolvimento vegetativo da cultura, cujo tempo médio de irrigação variou de 3 a 9 horas, enquanto que na safra 2009/10 foram necessários 9 períodos de irrigação durante a fase de desenvolvimento vegetativo da cultura, com tempo médio de irrigação entre 3 e 6 horas. Estes resultados mostram a eficiência do monitoramento da tensão da água no solo, visando uma correta aplicação de irrigação, já que é possível manter os índices de umidade do solo adequados para a cultura, através da irrigação. Quanto a fertirrigação, devido a ausência de informações mais consistentes sobre e sua eficiência para a cultura da macieira no Brasil, novos estudos são necessários.

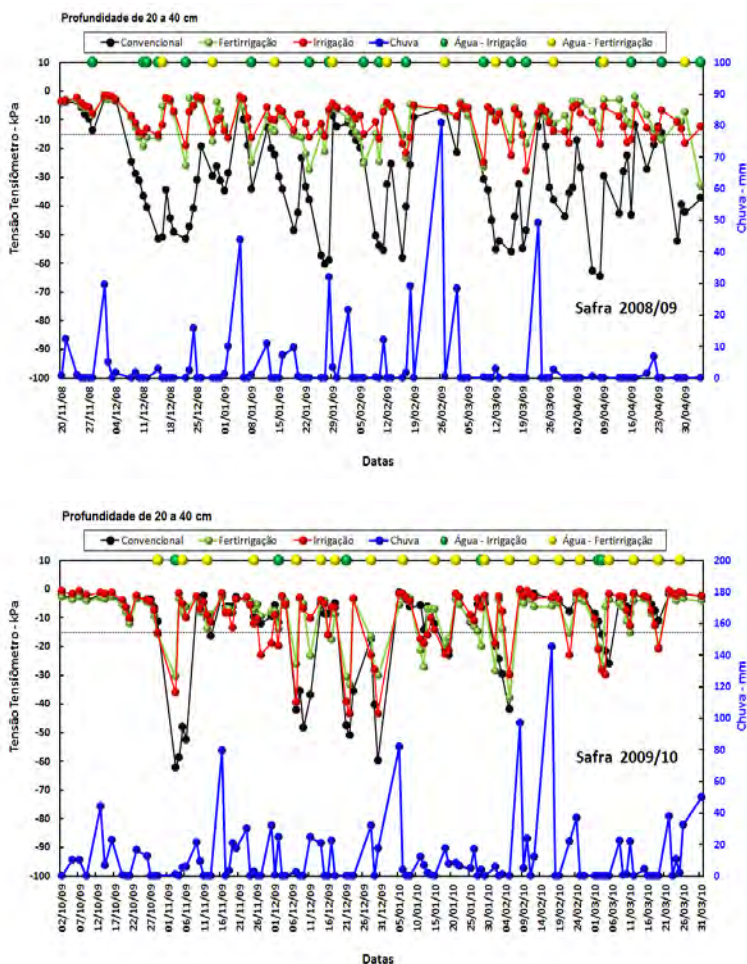


Figura 9. Distribuição sazonal da tensão de água no solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em função da aplicação de irrigação e de fertirrigação, comparadas ao cultivo convencional, da ocorrência de precipitação pluviométrica e dos momentos de aplicação de água (via irrigação) e da fertirrigação, em um pomar de macieira cv. "Royal Gala", nas safras 2008/09 e 2009/10. Vacaria, RS.

3.3.2. Monitoramento do desenvolvimento dos frutos

Os resultados obtidos quanto a sazonalidade do desenvolvimento dos frutos de macieira “Royal Gala” submetidas a irrigação e fertirrigação, comparados aos do cultivo convencional, nas safras 2008/09 e 2009/10 são apresentados nas Figuras 10 e 11.

Para o diâmetro horizontal dos frutos, na safra 2008/09, os tratamentos de irrigação e fertirrigação apresentaram, desde o início das avaliações, valores superiores aos do tratamento convencional (sem aplicação de água), o que pode estar relacionado ao déficit hídrico nestes momentos da fase vegetativa da macieira. A maior diferença para os tratamentos de irrigação e fertirrigação, comparados ao convencional, foi observada na oitava avaliação (meados de janeiro). Na última avaliação, os tratamentos de irrigação e de fertirrigação alcançaram praticamente os mesmos índices (66,55 mm e 66,1 mm, respectivamente), porém superiores ao tratamento testemunha (64,65 mm), o que, provavelmente esteja relacionado a maior ocorrência de precipitação pluviométrica na fase. Já na safra 2009/10 não houve efeito significativo de tratamentos no diâmetro horizontal dos frutos, o que está relacionado, provavelmente, a ocorrência de períodos alta precipitação pluviométrica na região de Vacaria/RS, durante a fase de desenvolvimento vegetativo das plantas de macieira.

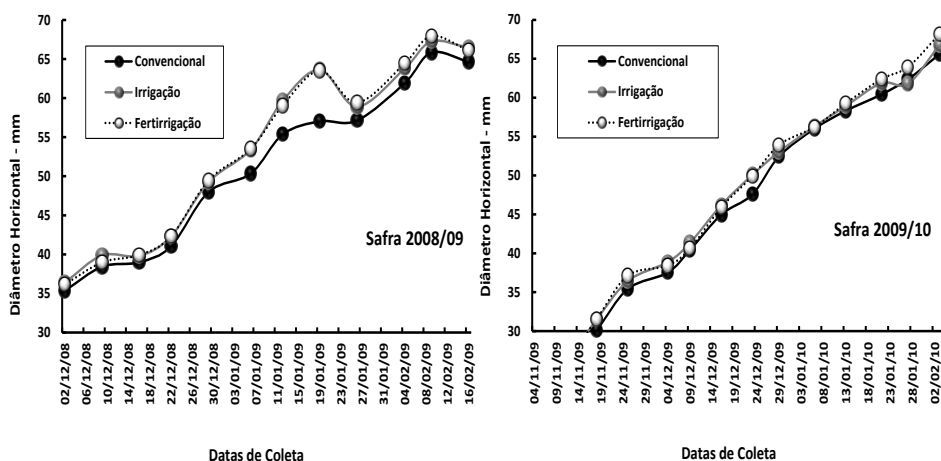


Figura 10. Distribuição sazonal do diâmetro horizontal dos frutos de macieira cv. “Royal Gala”, em função da aplicação de irrigação e de fertirrigação, comparadas ao cultivo convencional, nas safras 2008/09 e 2009/10. Vacaria, RS.

Quanto ao peso dos frutos, na sabra 2008/09, não houve diferenças significativas entre tratamentos nas primeiras avaliações, entretanto a partir da quinta avaliação o peso dos frutos do tratamento convencional foi inferior ao peso dos frutos dos demais tratamentos. Nos tratamentos de irrigação e fertirrigação (comparados ao tratamento convencional) a maior diferença foi observada na oitava avaliação (meados de janeiro), onde os frutos do tratamento convencional apresentaram peso médio de 84 g, enquanto que dos tratamentos de irrigação e fertirrigação apresentaram 113 g, respectivamente. Embora na colheita o peso dos frutos do tratamento convencional ainda tenha sido inferior aos demais tratamentos, apresentando 123 g, comparado com 134 g dos tratamentos de irrigação e fertirrigação, respectivamente, verificou-se que a diferença não manteve a mesma tendência observada até a oitava avaliação, o que provavelmente está relacionado a ocorrência de elevado volume de precipitação pluviométrica neste período.

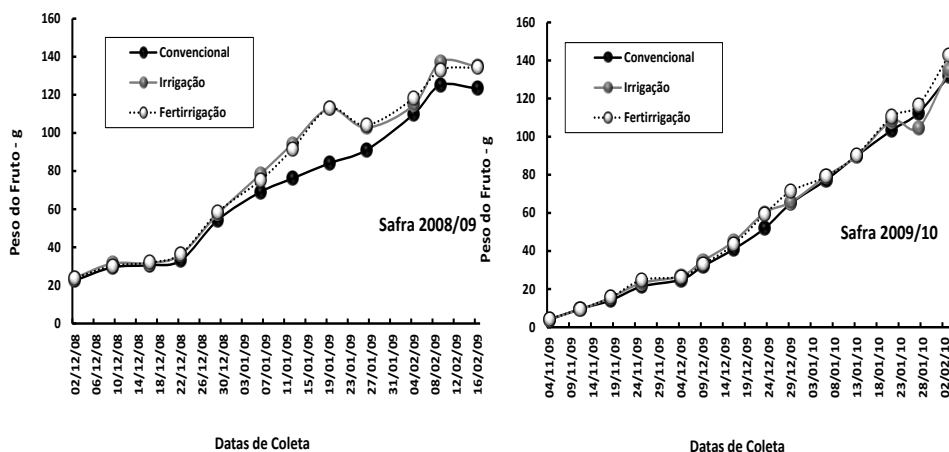


Figura 11. Distribuição sazonal do peso médio dos frutos de macieira cv. “Royal Gala”, em função da aplicação de irrigação e de fertirrigação, comparadas ao cultivo convencional, nas safras 2008/09 e 2009/10. Vacaria, RS.

3.4. Experimento 4: Efeito da fertirrigação na produção de maçãs

A colheita dos frutos foi realizada individualmente nas cinco plantas centrais de cada bloco, sendo avaliada a produtividade em quatro categorias (extra (acima de 70 mm), especial (de 65 a 70 mm), comercial (de 55 a 65 mm) e refugo (até 55 mm), nas safras 2008/09 e 2009/10, cujos resultados são apresentados na Figura 12. Na safra 2008/09, os resultados mostraram que a irrigação proporcionou, para as categorias extra e especial, acréscimo de produção de 51% e 13%, respectivamente, enquanto que para as categorias comercial e refugo houve decréscimo da produção de 15% e 49%, respectivamente, em comparação com a testemunha (convencional). Quanto à fertirrigação, houve aumento na produção de frutos para as categorias extra e especial de 46% e 8% e redução de produção nas categorias comercial e

refugo de 20% e 47%, respectivamente, em comparação com a testemunha. Para a produção total de frutos não houve efeito significativo de tratamentos.

Na safra 2009/10, os resultados mostraram que a irrigação e a fertirrigação proporcionaram acréscimos de produção apenas para a categoria extra (34% e 16%, respectivamente), enquanto que para as categorias especial e comercial houve redução de produção tanto com a irrigação e como fertirrigação, em comparação com a testemunha. Esta falta de resposta aos tratamentos aplicados, provavelmente, esteja relacionada à ausência de déficit hídrico nesta safra. Para a produção total de frutos não houve efeito significativo entre os tratamentos convencional e irrigação, porém a fertirrigação apresentou produção total inferior aos demais tratamentos, devido, provavelmente, ao fornecimento inadequado de nutrientes.

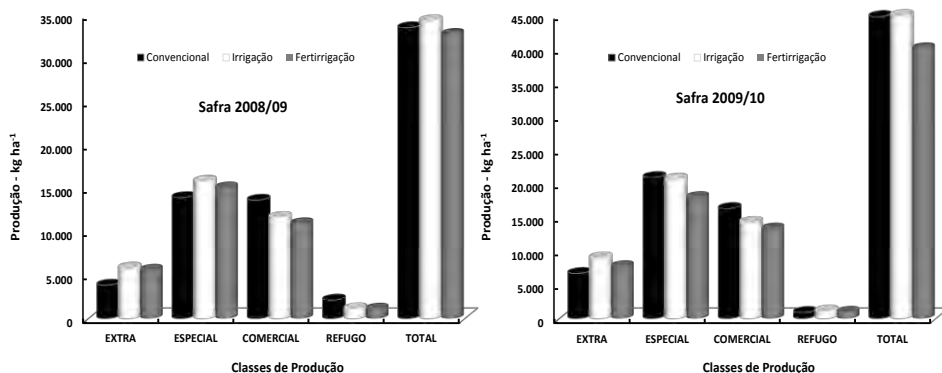


Figura 12. Produção total de frutos e estratificada nas categorias: extra (acima de 70 mm), especial (de 65 a 70 mm), comercial (de 55 a 65 mm) e refugo (até 55 mm) de macieira cv. “Royal Gala”, em função da aplicação de irrigação e de fertirrigação, comparadas ao cultivo convencional, nas safras 2008/09 e 2009/10. Vacaria, RS.

3.5. Experimento 5: Qualidade pós-colheita de frutos de macieiras sob fertirrigação

A irrigação proporcionou frutos com maior firmeza de polpa após 30 - 37 e 120 - 127 dias de armazenamento, não diferindo significativamente do tratamento convencional. Aos 30 - 37 dias, observou-se maior perda de massa nos frutos provenientes do tratamento com fertirrigação, muito embora não tenham diferido dos frutos do tratamento convencional. Embora, em alguns períodos, tenham sido verificadas diferenças significativas entre os tratamentos, de forma geral, não foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre o teor de sólidos solúveis (SS), acidez total (AT) e relação de cor da película.

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos quanto às cores de cobrimento, fundo e polpa. Observou-se uma redução significativa da firmeza após todos os períodos de comercialização simulada, com reduções entre

7,8 e 20% quando comparados ao período de refrigeração imediatamente anterior. O mesmo comportamento foi observado quanto à perda de massa, constatando-se perdas entre 2,3 e 7,8% durante a refrigeração e entre 4,7 e 11,8% durante a comercialização simulada. Não houve alteração significativa no teor de SS após a comercialização simulada, ao passo que se constatou redução significativa na AT aos 90 - 97 e 120 - 127 dias de armazenamento. Nesse mesmo período, observou-se aumento significativo na relação de cor da película. Quanto à cor de cobrimento, embora tenham sido verificadas diferenças significativas nos dois primeiros períodos (30 - 37 e 60 - 67 dias de armazenamento), constatou-se que os valores variaram entre 43 e 47 e entre 29 e 33 para os parâmetros cor da película (L_p) e variação do verde ao vermelho (a), respectivamente. Não foi observada diferença significativa para os mesmos parâmetros avaliados na cor de fundo.

A avaliação da cor de polpa (L) indicou um escurecimento significativo aos 37 e 97 dias, comparado aos períodos imediatamente anteriores de refrigeração. Conclui-se, portanto, que nas condições em que o ensaio foi realizado, os sistemas de irrigação e fertirrigação não interferem na qualidade pós-colheita de maçãs "Royal Gala".

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

- ✓ A demanda hídrica do cultivar "Royal Gala", durante a safra 2008/09, variou entre, aproximadamente, $0,5 \text{ mm dia}^{-1}$ e $4,5 \text{ mm dia}^{-1}$, com uma média de $2,0 \text{ mm dia}^{-1}$, o que equivale a um consumo hídrico médio diário de 20.000 L ha^{-1} . De acordo com a metodologia sugerida pela FAO (ALLEN et al., 1998), no manejo da irrigação pode-se empregar valores do coeficiente da cultura (K_c) para o início (K_{ci}), para meio (K_{cm}) e para o final do ciclo (K_{cf}) de produção. Para a região de Vacaria, pode-se, assim, utilizar um valor de K_{ci} igual a 0,30, até o final de dezembro; um K_{cm} igual a 0,80, nos meses de janeiro a março; e um K_{cf} igual a 0,20, a partir de abril.
- ✓ Na safra 2008/09 (com ocorrência de déficit hídrico), a irrigação e a fertirrigação não afetaram as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre nas folhas, porém reduziram as concentrações de cálcio e, principalmente magnésio nas folhas, quando comparadas ao tratamento sem irrigação (convencional). Nos frutos, não houve efeito significativo de tratamentos nas concentrações dos nutrientes avaliados, com exceção da concentração de potássio, que aumentou com a aplicação de irrigação e de fertirrigação.
- ✓ A irrigação aumentou a produção de frutos de maior calibre quando houve déficit hídrico no solo durante o período de desenvolvimento dos frutos, provocado por períodos baixa ocorrência de precipitação pluviométrica, não afetando as variáveis relacionadas a pós-colheita.
- ✓ O monitoramento da tensão da água no solo, visando uma correta aplicação de irrigação, foi eficiente para manter os índices de umidade do solo adequados para a cultura.

- ✓ Novos estudos são necessários para ajustar a recomendação de fertirrigação para a cultura da macieira, envolvendo variações de quantidade e nutriente a ser aplicado, bem como a frequência de aplicação.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as Empresas NETAFIN e AGRIMAR pela doação de parte dos equipamentos de irrigação e fertirrigação e reconhecem o apoio financeiro da FINEP, CNPq e ABPM.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).
- CONCEIÇÃO, M. A. F. **Irrigação e fertirrigação de macieiras**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 12 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 71).
- CONTEPAS, J. P. Drip irrigation in Loire Valley orchards (France): advantages and limits. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 335, p. 449-454, 1993.
- DRAGONI, D.; LAKSO, A. N.; PICCIONI, R. M. Transpiration of an apple orchard in a cool humid climate: measurement and modeling. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 664, p. 175-180, 2004.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.
- FREIRE, C. J. S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1998. 208 p.
- GONG, D.; KANG, S.; YAO, L.; ZHANG, L. Estimation of evapotranspiration and its components from an apple orchard in northwest China using sap flow and water balance methods. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 21, p. 931-938, 2007.
- GREEN, S.; CLOTHIER, B. The root zone dynamics of water uptake by a mature apple tree. **Plant and Soil**, The Hague, v. 206, p. 61-77, 1999.
- HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.). **Maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.17-24. (Frutas do Brasil, 37).
- MELLO, L. M. R. de; GARAGORRY, F. L.; CHAIB FILHO, H. **Evolução e dinâmica da produção de maçã no Brasil no período de 1975 a 2003**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. 38 p. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 66).
- MERON, M.; HALLEL, R.; PERES, M.; BRAVDO, B.; WALLACH, R. Tensiometer actuated automatic micro irrigation of apples. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 562, p. 63-69, 2001.
- NAOR, A.; KLEIN, I.; DORON, I. Stem water potential and apple fruit size. *Journal of the American Society Horticulture Science*, Mount Vernon, v. 120, p. 577-582, 1995.
- NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. Orchard nutrition to maximize crop quality and minimize environmental degradation. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 448, p. 365-373, 1997.
- PETILLO, M. G.; PUPPO, L.; ROMERO, G.; BACCINO, G. Respuesta al riego de duraznero, manzano y peral en montes comerciales. **Agrociência**, Chapingo, v. 7, p. 49-61, 2003.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

7. PUBLICAÇÕES GERADAS PELA ATIVIDADE

CARGNINO, C.; NACHTIGALL, G. R.; CONCEIÇÃO, M. A. F. Crescimento de frutos de macieira submetidos a tratamento de irrigação e fertirrigação. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA UVA E VINHO, 7.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA UVA EVINHO, 3., 2009, Bento Gonçalves. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2009. p. 17.

CARGNINO, C.; NACHTIGALL, G. R.; FIORAVANÇO, J. C. Produtividade de macieiras Royal Gala submetidas a regimes de irrigação e fertirrigação. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 11., 2009, Fraiburgo. **Anais...** Caçador: Epagri, 2009. p. 105.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Balanco hídrico em fruteiras**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 12 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 82).

CONCEIÇÃO, M. A. F.; CARGNINO, C.; NACHTIGALL, G. R.; FIORAVANÇO, J. C. **Consumo de água e coeficiente de cultura (Kc) para macieiras em Vacaria - RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 4 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 103).

CONCEIÇÃO, M. A. F.; NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; FIORAVANÇO, J. C. Balanco hídrico na cultura da macieira em Vacaria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16, 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: Universidade Federal de Viçosa: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 5 p. 1 CD-ROM.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; FIORAVANÇO, J. C. Demanda hídrica e coeficientes de cultura (Kc) para macieiras em Vacaria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 459-462, mar. 2011.

FIORAVANÇO, J. C.; CZERMAINSKI, A. B. C.; ALVES, S. A. M.; NACHTIGALL, G. R. **Condições meteorológicas e sua influência na safra de maçã 2009/10 na região de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 8 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 100).

MACEDO, C. K. B.; CARGNINO, C.; MAGRIN, F. P.; ALMEIDA, G. K.; NACHTIGALL, G. R.; FIORAVANÇO, J. C. Avaliação de frutos e produtividade de macieira 'Royal Gala' submetidos a tratamentos de irrigação e fertirrigação. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 4., 2010, Bento Gonçalves. **Resumos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. p. 54. Resumo.

MORO, L.; VIEIRA, R. D.; SPAGNOL, F.; GIACOMINI, R.; ANTONIOLLI, L. R.; NACHTIGALL, G. R.; FIALHO, F. B. Qualidade pós-colheita de maçãs 'Royal Gala' produzidas no sistema convencional, irrigado e fertirrigado. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA UVA E VINHO, 7.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA UVA EVINHO, 3., 2009, Bento Gonçalves, RS. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2009. p. 30.

NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; NAVA, G. Sazonalidade de macronutrientes em macieira "Royal Gala" em função de irrigação e fertirrigação no período de desenvolvimento da planta. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29., FERTBIO2010, 2010, Guarapari, ES. **Resumos...** Guarapari, ES : SBCS, 2010. 4 p. 1 CD-ROM.

NACHTIGALL, G. R.; FIORAVANÇO, J. C.; HOFFMANN, A. Macieira. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 449-464.