

# Atributos do solo e qualidade de frutos nos sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs no Sul do Brasil<sup>1</sup>

## Soil attributes and fruit quality in organic and conventional apple production systems in southern Brazil

Cassandro Vidal Talamini do Amarante<sup>2\*</sup>, Eliete de Fátima Ferreira da Rosa<sup>3</sup>, Jackson Adriano Albuquerque<sup>3</sup>, Osmar Klauberg Filho<sup>3</sup> e Cristiano André Steffens<sup>2</sup>

**RESUMO** - O presente estudo teve como objetivo avaliar as características físicas, químicas e biológicas do solo, a composição mineral e a qualidade de frutos, em pomares de maçãs 'Royal Gala' conduzidos sob os sistemas de produção convencional (CON) e orgânico (ORG), em um Nitossolo Háplico. Na linha de cultivo das plantas, o solo no ORG apresentou melhor qualidade física (maiores valores de estabilidade dos agregados, condutividade hidráulica saturada e porosidade total, e menor densidade), química [menor acidez e maiores valores de Ca e Mg trocáveis, carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT)] e biológica [maiores valores de carbono da biomassa microbiana (Cmic) e relação Cmic/COT], na camada de 0-20 cm, quando comparado ao CON. Como no ORG não foram utilizados produtos químicos sintéticos para a superação de dormência, a colheita comercial dos frutos ocorreu um mês após o CON. Apesar desta diferença na época de colheita, frutos cultivados sob o sistema ORG apresentam na colheita menor índice de iodo-amido e maiores valores de firmeza de polpa e teor de sólidos solúveis, quando comparados aos valores obtidos em frutos cultivados sob o sistema CON. Frutos do ORG possuem maior percentagem de coloração vermelha da casca, porém elevada severidade de "russetting", em relação aos do sistema CON. Durante o armazenamento refrigerado convencional (quatro meses a  $0 \pm 0,5$  °C/90-95% UR), frutos cultivados sob o sistema ORG apresentam elevada perda de firmeza de polpa, o que pode estar associado aos altos teores K e Mg na polpa e de N na casca, em relação aos cultivados sob o sistema CON. Portanto, mesmo no sistema ORG, o suprimento destes elementos pode ser demasiadamente elevado, comprometendo a preservação da qualidade pós-colheita dos frutos.

**Palavras-chave:** *Malus domestica* (Borkh). Atributos do solo. Nutrição de plantas. Pós-colheita de fruto.

**ABSTRACT** - The present study aimed to evaluate the physical, chemical and biological characteristics of the soil, and the mineral composition and quality of the fruit, in orchards of 'Royal Gala' apple, under conventional (CON) and organic (ORG) production systems, in a Haplic Nitisol. Under ORG, the soil in the cultivation furrow showed better physical quality (higher values for aggregate stability, saturated hydraulic conductivity and porosity, and lower density), chemical quality [lower acidity and higher values of exchangeable Ca and Mg, total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN)] and biological quality [higher values for microbial biomass carbon (Cmic) and ratio of Cmic to TOC], in the 0-20 cm layer compared to CON. Because under the ORG system synthetic chemicals for breaking dormancy were not used, commercial fruit harvesting took place one month after that of the CON system. Despite this difference in the time of harvest, fruit grown under the ORG system have, when harvested, a lower starch-iodine index and higher values for firmness and soluble solid content, when compared to values obtained in fruits grown under the CON system. Fruit under ORG has a higher percentage of red skin coloration, but more severe russetting, in relation to that under CON. During conventional cold storage (four months at  $0 \pm 0.5$  °C / 90-95% RH), fruit grown under the ORG system show a high loss in pulp firmness, which may be associated with the high levels of K and Mg in the pulp and of N in the skin, compared to fruit grown under the CON system. Therefore, even under the ORG system, the supply of these elements may be too high, compromising the preservation of the postharvest quality of the fruit.

**Key words:** *Malus domestica* (Borkh). Soil attributes. Plant nutrition. Fruit postharvest.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 18/11/2013; aprovado em 19/09/2014

Projeto de Pesquisa financiado pela FINEP

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agroveterinárias/CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina/UEDESC, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages-SC, Brasil, 88.520-000, amarante@cav.udesc.br; steffens@cav.udesc.br

<sup>3</sup>Departamento de Solos e Recursos Naturais/CAV/UEDESC, Lages-SC, Brasil, elietedarosa@hotmail.com, jackson.irai@gmail.com, klauberg65@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A cultura da maçã assume papel de destaque na economia nacional, com produção estimada em 1,34 milhões de toneladas em 2011 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013). Nessa espécie frutífera, destaca-se o sistema convencional de produção (CON), com importante papel no aumento da produtividade, porém dependente de insumos químicos, gerando impactos ambientais (HOLB *et al.*, 2012). Neste sentido, o sistema orgânico de produção (ORG) surge como alternativa, pois requer menos insumos externos à propriedade, exclui o uso de agrotóxicos e adubos solúveis e utiliza técnicas de aporte de nutrientes, baseado na permanência da cobertura vegetal e a aplicação de adubos orgânicos (HOLB *et al.*, 2012; REGANOLD *et al.*, 2001).

As diferenças entre os sistemas de produção CON e ORG, bem como a intensidade das práticas de manejo adotadas nos mesmos, poderão influenciar os atributos de qualidade do solo, a nutrição e a fisiologia das culturas, bem como a qualidade de frutos (PECK *et al.*, 2006, 2011; Roussos; Gasparatos, 2009). Na cultura da macieira, o sistema de produção ORG é considerado menos eficiente, apresentando maiores riscos de doenças e rendimento inferior, quando comparado ao sistema de produção CON (HOLB *et al.*, 2012). Segundo Peck *et al.* (2011), o menor rendimento de frutos em pomares de maçãs ORG é, provavelmente, resultado da insatisfatória gestão da produção e da maior pressão de pragas, doenças e deficiências nutricionais.

O sistema de produção ORG resulta em melhor qualidade de solo e menor impacto negativo sobre o meio ambiente, quando comparado ao sistema de produção CON (REGANOLD *et al.*, 2001). Maluche-Baretta *et al.* (2007) concluíram que a adoção do sistema de produção ORG aumentou a atividade microbiana e o conteúdo de carbono orgânico do solo em relação ao sistema de produção CON. Espanhol *et al.* (2007) observaram melhoria na qualidade do solo, através da adição de cama de aves, em sistema de produção ORG na cultura da macieira.

Alguns autores têm reportado melhor qualidade de maçãs no sistema de produção ORG em relação às obtidas de pomares sob sistema de produção CON (PECK *et al.*, 2006; WEIBEL; WIDMER; HUSISTEIN, 2004). Outros autores não reportaram diferenças substanciais entre os sistemas de manejo quanto à qualidade de maçãs (JÖNSSON, 2007; RÓTH *et al.*, 2007; ROUSSOS; GASPARATOS, 2009).

O presente estudo teve como objetivo avaliar características físicas, químicas e biológicas do solo, composição mineral de folhas e frutos e qualidade de frutos em pomares de maçãs conduzidos nos sistemas CON e ORG de produção na região Sul do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na safra 2011/2012, no município de Ipê, RS (28°49'20" Sul, 51°16'32" Oeste), situado a uma altitude de 700 m, apresentando, segundo Köppen, clima Cfb (temperado, com verão ameno). Foram selecionados dois pomares comerciais de macieiras, distantes aproximadamente 1,0 km (de modo a reduzir os efeitos do microclima e do tipo de solo), ambos com a cultivar Royal Gala, sobre o porta-enxerto EM-7, possuindo seis anos de idade, um conduzido no sistema CON e o outro no sistema ORG de produção. Os espaçamentos utilizados em ambos os pomares é de 2,0 m entre plantas e 4,0 m entre linhas, com condução das plantas no sistema de líder central. O solo dos pomares é um Nitossolo Háplico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2009).

Na implantação do CON foram aplicados 15 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, 200 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo, 200 kg ha<sup>-1</sup> de KCl e 20 kg ha<sup>-1</sup> de bórax, segundo recomendações da COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (2004) para a correção da fertilidade do solo na cultura da macieira. Para o controle fitossanitário e de plantas invasoras, foram feitas aproximadamente 30 aplicações com fungicidas, oito de inseticidas, quatro de acaricidas e cinco de herbicidas, além de três roçadas mecanizadas por safra.

Na implantação do ORG foram aplicados 2 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de calcário (até atingir 10 Mg ha<sup>-1</sup> ao final do quinto ano), 150 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato de Aradi, 180 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, 50 kg ha<sup>-1</sup> de bórax e 25 kg ha<sup>-1</sup> de ZnSO<sub>4</sub>, conforme experiência do produtor, que tem longa tradição no cultivo orgânico de maçãs. Para o suprimento nutricional de manutenção adicionou-se, para cada 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de frutos colhidos, 2,2 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de potássio, 0,6 kg ha<sup>-1</sup> de P (fosfato de Aradi) e 15 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de composto orgânico de aviário (cama aviária de serragem de pínus), sendo este aplicado um terço depois da colheita dos frutos e dois terços depois da plena floração, seguindo manejo adotado pelo produtor orgânico. A forma de preparo do composto orgânico de aviário é descrita por Santos *et al.* (2004), e a composição química de cama aviária é descrita por Espanhol *et al.* (2007). Foram feitas cerca de dezesseis aplicações foliares por safra do biofertilizante "Super Magro", na concentração de 3% (v/v), e volume de 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Este biofertilizante é proveniente da fermentação anaeróbica de fontes variadas de matéria orgânica, incluindo vegetais e minerais, com a adição de pós de rocha e micronutrientes. Isto resulta em um líquido escuro, utilizado em pulverização foliar, complementar à adubação do solo, como fonte de micronutrientes, e que estimula a resistência das plantas ao ataque de pragas e patógenos (PEDINI, 2000). Os ingredientes básicos e a

forma de preparo do biofertilizante “Super Magro” são descritos por Ricci e Neves (2004). A cobertura vegetal foi mantida com roçadas, feitas somente na linha, no momento em que as plantas invasoras atingissem os ramos mais baixos (aproximadamente três vezes ao ano). Para o controle fitossanitário utilizou-se calda sulfocálcica (20 aplicações por ciclo produtivo, na dose de 0,5%) e calda bordalesa (três aplicações anuais, na dose de 0,5%), aplicadas com volume de 1.000 L ha<sup>-1</sup>.

Em cada pomar foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas, nas quais foram feitas coletas de folhas (para as análises minerais) e frutos (para as análises minerais e de qualidade). Próximo dessas 10 plantas, foram coletadas amostras de solo (10 amostras em cada sistema de manejo) para a determinação dos atributos físicos, químicos e biológicos.

Para avaliação das características físicas do solo, as amostras foram coletadas em trincheiras, nas linhas e entrelinhas de cultivo, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de anéis metálicos, com 5,0 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro, os quais foram acondicionados em recipientes metálicos hermeticamente fechados. Nestas amostras foram determinadas: a unidade gravimétrica (UG), macroporosidade, microporosidade e densidade do solo (Ds), segundo metodologia sugerida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997); e a condutividade hidráulica saturada (K<sub>sat</sub>), pelo método do permeâmetro de carga constante (GUBIANI *et al.*, 2010). Em amostras com estrutura alterada foi determinada a estabilidade de agregados, expressa pelo diâmetro médio geométrico (DMG) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997).

As amostras para determinação das propriedades químicas e biológicas foram coletadas em diferentes linhas de cultivo nos pomares, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. As avaliações realizadas foram pH em água, teores de Al, Ca, Mg, K e Na trocáveis, nitrogênio total (NT), carbono orgânico total (COT) e carbono da biomassa microbiana (C<sub>mic</sub>), segundo metodologia descrita por Maluche-Baretta *et al.* (2007). O quociente microbiano (qMIC) foi calculado pela relação percentual entre os teores de C<sub>mic</sub> e COT [(C<sub>mic</sub>/COT) x 100].

As folhas (30 folhas/planta) foram coletadas na primeira quinzena de janeiro de 2012, no terço médio dos lançamentos do ano, das 10 plantas selecionadas aleatoriamente em cada sistema de produção, para a quantificação dos teores (g kg<sup>-1</sup> de massa seca) de Ca, Mg, K e N. O K foi quantificado em fotômetro de chama, o Ca e Mg em espectrofotômetro de absorção atômica e o N foi determinado por destilação e titulação pelo método semimicro-Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Amarante *et al.* (2012).

Os frutos foram colhidos na maturação comercial, segundo critérios adotados pelos produtores em cada um dos dois sistemas de condução, considerando os atributos de cor da epiderme, firmeza de polpa, índice de amido e teor de sólidos solúveis. Os frutos do CON foram colhidos no dia 28/01/2012, e os frutos do ORG foram colhidos no dia 28/02/2012. Para as avaliações de composição mineral e de qualidade na colheita e após armazenamento refrigerado, foram selecionados frutos de tamanho uniforme (calibre 135, com tamanho que permite acondicionar 135 frutos em caixa de 18 kg), em ambos os pomares.

Os frutos (30 frutos/planta) foram analisados imediatamente após a colheita quanto aos teores (em mg kg<sup>-1</sup> de massa fresca) de Ca, Mg, K e N, nos tecidos da casca e polpa, segundo metodologia descrita por Amarante *et al.* (2012).

Por ocasião da colheita, os frutos (50 frutos/planta) foram avaliados quanto ao índice de iodo-amido, firmeza de polpa (N), sólidos solúveis (SS; °Brix), acidez titulável (AT; porcentagem de ácido málico), cor de fundo, porcentagem de cor vermelha e severidade (cm<sup>2</sup> fruto<sup>-1</sup>) de “russetting”. O índice de iodo-amido foi avaliado em uma escala de 1 a 5, onde 1 indica a menor e 5 a maior conversão de amido em açúcares. A firmeza de polpa foi determinada usando-se um penetrômetro, com ponteira de 11,1 mm (Effegi FT 327). O teor de SS foi determinado com refratômetro manual, com compensação automática de temperatura para 20 °C (Abbe Atago). A AT foi determinada por titulometria de neutralização a pH 8,1, com NaOH 0,1 N. A cor de fundo da casca foi avaliada pelo emprego de tabela de cores, numa escala de 1 (verde-escuro) a 7 (verde-amarelo). As avaliações de porcentagem de cor vermelha da casca e de severidade de “russetting” foram feitas subjetivamente, através de análise visual.

Os frutos (50 frutos/planta) foram também armazenados em câmara fria convencional (0 ± 0,5 °C/90-95% de UR), durante quatro meses. Após a remoção dos frutos da câmara fria, seguido de 24 h a 20 ± 2 °C, os mesmos foram avaliados quanto a firmeza de polpa, SS, AT e cor de fundo, segundo metodologia descrita anteriormente.

A análise da variância (ANOVA) foi realizada utilizando o programa SAS (SAS INSTITUTE, 2002), assumindo-se um modelo inteiramente casualizado, com 10 repetições, cada repetição representando um ponto de amostragem em cada pomar, correspondendo a planta para as coletas de folhas e frutos, ou próximo a planta para as coletas de solo. Com exceção dos dados em valores percentuais, todas as variáveis analisadas não necessitaram de transformação, antes de serem submetidas à ANOVA, por atenderem aos pressupostos de homogeneidade de variância (dados submetidos ao teste de Bartlett) e de normalidade (dados submetidos

ao teste de Shapiro-Wilk). Dados em valores percentuais necessitam transformação para arco seno  $[(x+5)/100]^{1/2}$ , antes de serem submetidos à ANOVA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Atributos físicos, químicos e biológicos do solo

A estabilidade de agregados (DMG) foi maior no sistema de produção ORG do que no sistema de produção CON, com exceção da entrelinha da camada de 0-10 cm (Tabela 1). Resultados semelhantes foram reportados por Fließbach *et al.* (2007), que observaram maior estabilidade de agregados do solo em sistema de produção ORG do que em sistema de produção CON, como resultado da permanência de cobertura vegetal, e sua decomposição pela atividade microbiana, produzindo substâncias que aumentam as forças que mantêm unidas as partículas do solo. Agregados estáveis aumentam a resistência à erosão, a disponibilidade de água, o crescimento de raízes, a transmissão de líquidos e de substâncias orgânicas e inorgânicas, e a difusão de gases (CAREY; BENGE; HAYNES, 2009), proporcionando melhor qualidade ao solo.

Com a agregação das partículas aumentam os espaços intra e inter agregados e a porosidade do solo.

Com isso, na linha de cultivo, o sistema de produção ORG apresentou maior porosidade total nas duas camadas e maior microporosidade na camada de 10-20 cm (Tabela 1). Na entrelinha, as diferenças na estabilidade de agregados foram menores do que na linha, entre os sistemas de manejo, sendo observado maior macroporosidade e menor microporosidade na camada de 10-20 cm no pomar sob sistema de produção ORG. Assim, na linha de cultivo, os benefícios do sistema de manejo ORG no aumento da porosidade do solo são mais evidentes do que na entrelinha. Como na entrelinha o tráfego de máquinas é semelhante em ambos os sistemas de manejo, apenas na linha se observa diferenças entre sistemas de manejo na porosidade do solo. Com as modificações observadas na distribuição do tamanho dos poros, o pomar sob sistema de manejo ORG também apresentou maior porosidade total do que o sistema de manejo CON na linha de cultivo. Peck *et al.* (2011), em estudos visando comparar atributos de qualidade do solo em pomares sob sistemas de manejo CON e ORG de macieiras, também observaram maior porosidade do solo nos primeiros centímetros (0-7,5 cm) no pomar sob sistema de manejo ORG, e atribuíram esses resultados ao maior teor de matéria orgânica do solo (MOS) e maior atividade microbiana nas camadas superficiais do solo neste sistema de manejo. O aumento da microporosidade favorece a retenção de água no solo, ao passo que a macroporosidade favorece os processos

**Tabela 1** - Diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG), microporosidade, macroporosidade, porosidade total (PT), densidade (Ds) e condutividade hidráulica saturada (Ksat) do solo, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, na linha e entrelinha de cultivo, em pomares de macieira 'Royal Gala' sob sistemas convencional (CON) e orgânico (ORG) de produção

Atributos físicos do solo	Linha			Entrelinha				
	CON	ORG	Significância <sup>(1)</sup>	CV (%) <sup>(2)</sup>	CON	ORG	Significância	CV (%)
-----0-10 cm-----								
DMG (mm)	2,2	3,8***		30	3,5	4,5 <sup>ns</sup>		20
Microporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,38	0,37 <sup>ns</sup>		12	0,37	0,36 <sup>ns</sup>		11
Macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,19	0,24 <sup>ns</sup>		24	0,14	0,16 <sup>ns</sup>		34
PT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,57	0,61**		5	0,50	0,51 <sup>ns</sup>		7
Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	1,14	1,03**		7	1,31	1,29 <sup>ns</sup>		7
Ksat (cm h <sup>-1</sup> )	23	118**		85	16	18 <sup>ns</sup>		41
-----10-20 cm-----								
DMG (mm)	1,2	3,5***		55	2,8	3,9*		23
Microporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,39	0,43**		6	0,39	0,33**		13
Macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,13	0,15 <sup>ns</sup>		26	0,11	0,20**		36
PT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,52	0,58**		7	0,50	0,52 <sup>ns</sup>		5
Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	1,27	1,11**		9	1,31	1,26 <sup>ns</sup>		5
Ksat (cm h <sup>-1</sup> )	2	8*		97	4	14**		90

<sup>(1)</sup>ns: não significativo, \* e \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,05; 0,01 e 0,001. <sup>(2)</sup>CV: Coeficiente de variação

de infiltração e redistribuição de água, bem como trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, tornando o solo mais adequado às culturas.

Como consequência das modificações na porosidade do solo, a  $D_s$  foi menor no sistema de manejo ORG na linha de cultivo, mas não diferiu entre os pomares na entrelinha (Tabela 1). A menor  $D_s$  no pomar sob sistema de manejo ORG pode ser resultado dos maiores teores de MOS neste sistema e da melhor agregação do solo.

A  $K_{sat}$  foi maior no ORG do que no CON, na linha de cultivo, nas duas camadas avaliadas, e na entrelinha na camada de 10-20 cm (Tabela 1). Isto pode ocorrer devido à melhor estabilidade da estrutura do solo, o que favorece a formação de poros maiores, responsáveis pelo fluxo de água em solo saturado. Portanto, os benefícios da agregação se refletem também na  $K_{sat}$ . Na entrelinha, as diferenças foram verificadas apenas na camada de 10-20 cm, com maior  $K_{sat}$  no ORG. Isto pode ocorrer, pois na entrelinha, em ambos os sistemas, o controle das invasoras foi realizado com roçadas mecanizadas, o que resulta em condições físicas mais semelhantes na camada de 0-10 cm.

O pomar ORG apresentou menor acidez nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm (Tabela 2). Em altas doses, a cama de aviário eleva o pH do solo, devido a presença de cátions básicos na sua composição, além de sua capacidade de adsorver o hidrogênio presente na solução do solo (Ernani; Gianello, 1983). Conforme estudo de Oliveira *et al.* (2003), na cama de aviário nova o pH em água é de 7,7, enquanto na cama reutilizada é de 8,0. Espanhol *et al.* (2007) avaliaram a adição de cama de aviário em Neossolo Litólico cultivado com macieira, e concluíram que a cama aumenta os teores de Ca, Na e K, a soma e a saturação por bases e reduz a acidez. No entanto, outros autores observaram maior pH do solo em pomar CON do que ORG (AMARANTE *et al.*, 2008; MALUCHE-BARETTA *et al.*, 2007), ou não verificaram diferenças significativas entre os dois sistemas de produção (GLOVER; REGANOLD; ANDREWS, 2000). Estas diferenças no pH do solo, reportadas por outros autores, também podem ocorrer em função da calagem utilizada na correção inicial da acidez do solo, em diferentes sistemas de produção de maçãs.

O aumento do pH do solo é importante, pois reduz as formas tóxicas de Al, eleva as cargas elétricas negativas na superfície dos colóides do solo e reduz as perdas de nutrientes por lixiviação (AMARAL *et al.*, 2011). Apesar dos maiores teores de Al trocável no CON, na camada de 0-10 cm (Tabela 2), os níveis deste elemento nos dois pomares foram baixos, não capazes de prejudicarem o desenvolvimento das plantas, pois quando o pH está acima de 5,5 o Al encontra-se precipitado.

O maior pH no pomar ORG tem relação com os maiores teores de Ca e Mg trocáveis no solo deste sistema (Tabela 2). O pomar ORG apresentou teor de Ca acima de  $4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , nas três camadas de solo, o qual é considerado alto e garante bom suprimento do nutriente às macieiras (Amarante *et al.*, 2008). No pomar CON, o teor de Ca ficou abaixo de  $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , na camada de 20-40 cm. O Ca é um elemento importante na cultura da macieira, pois elevados teores deste elemento nos frutos melhoram a qualidade e previnem a ocorrência de diversos distúrbios fisiológicos em pós-colheita (AMARANTE *et al.*, 2012).

O suprimento de Ca no solo é decorrente principalmente da calagem. A dose total de calcário aplicado na correção do pomar ORG foi menor do que no pomar CON, e feita de forma fracionada no pomar ORG. Porém, a utilização de adubação com composto de cama aviária no pomar ORG também contribuiu para aumentar o suprimento de Ca. A cama aviária apresenta elevados teores de Ca ( $\sim 85 \text{ g kg}^{-1}$ ), intermediários de N, K e P ( $21-27 \text{ g kg}^{-1}$ ) e menores de Mg ( $\sim 10 \text{ g kg}^{-1}$ ) (ESPANHOL *et al.*, 2007). Portanto, os elevados teores de Ca no solo do pomar ORG possivelmente devem-se ao elevado aporte deste nutriente via composto de cama aviária, em adição à calagem. Trabalhos mostram que a aplicação de composto orgânico de cama aviária promove melhorias nas características de fertilidade do solo, favorecendo a elevação do pH, a soma de bases, a capacidade de troca catiônica e a saturação por bases, promovendo decréscimo da acidez potencial e favorecendo a elevação dos teores de Ca, P, K, Mg, Cu, Zn e nitrato (ESPANHOL *et al.*, 2007; SANTOS; BELLINGIERI; FREITAS, 2004).

Não houve diferença significativa entre os pomares quanto aos teores de K e P no solo, em todas as camadas avaliadas (Tabela 2). Em ambos os pomares, os teores de P foram considerados altos, e os teores de K estão acima do teor crítico, que é de  $0,22 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (AMARANTE *et al.*, 2008), garantindo suprimento adequado desses elementos à cultura.

Um dos aspectos que se deve avaliar quando se trabalha com o sistema ORG é o risco de salinização do solo. Por isso, pelo menos os teores de Na devem ser monitorados. Os teores de Na foram maiores no ORG em relação ao CON, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 2), devido a adição de adubos orgânicos ao solo do pomar ORG (SHIRANI *et al.*, 2002). No entanto, os teores de Na observados em ambos os pomares são baixos, e não comprometem a qualidade do solo.

Os teores de COT em todas as camadas avaliadas, e o NT nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, foram mais elevados no ORG em relação ao CON (Tabela 2).

**Tabela 2** - Valores de pH em água, teor de cátions trocáveis (Al, Ca, Mg, P, K e Na), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), carbono da biomassa microbiana (Cmic) e quociente microbiano (qMIC), nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, na linha de cultivo, em pomares de macieiras 'Royal Gala' sob sistemas convencional (CON) e orgânico (ORG) de produção

Atributos do solo	CON	ORG Significância <sup>(1)</sup>	CV (%) <sup>(2)</sup>
-----0-10 cm-----			
pH H <sub>2</sub> O	5,8	6,3*	4
Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,1	0,0 <sup>ns</sup>	82
Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5,2	9,9***	17
Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,2	3,6***	14
P (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	19	29 <sup>ns</sup>	74
K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,9	1,2 <sup>ns</sup>	21
Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,2	0,3**	19
COT (g kg <sup>-1</sup> )	18	24*	10
NT (g kg <sup>-1</sup> )	1,5	2,4*	20
Cmic (µg kg <sup>-1</sup> )	146	402*	30
qMIC (%)	0,79	1,66*	23
-----10-20 cm-----			
pH H <sub>2</sub> O	5,4	6,2*	11
Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,1	0,0 <sup>ns</sup>	149
Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	4,3	8,4**	19
Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,8	2,9**	16
P (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	23	20 <sup>ns</sup>	85
K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,6	0,9 <sup>ns</sup>	33
Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,2	0,3*	15
COT (g kg <sup>-1</sup> )	15	18*	7
NT (g kg <sup>-1</sup> )	1,3	1,7**	9
Cmic (µg kg <sup>-1</sup> )	134	356***	19
qMIC (%)	0,87	2,03**	21
-----20-40 cm-----			
pH H <sub>2</sub> O	5,0	5,6 <sup>ns</sup>	7
Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,4	0,1 <sup>ns</sup>	68
Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	3,4	6,4**	21
Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,6	2,2 <sup>ns</sup>	22
P (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	6	13 <sup>ns</sup>	52
K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,4	0,5 <sup>ns</sup>	23
Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,2	0,2 <sup>ns</sup>	23
COT (g kg <sup>-1</sup> )	14	21**	10
NT (g kg <sup>-1</sup> )	1,5	1,0*	11
Cmic (µg kg <sup>-1</sup> )	165	291*	22
qMIC (%)	1,18	1,39 <sup>ns</sup>	20

<sup>(1)</sup>ns: não significativo, \* e \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,05; 0,01 e 0,001. <sup>(2)</sup>CV: Coeficiente de variação

Resultados semelhantes foram observado nos estudos de Carey, Bengue e Haynes (2009) e Maluche-Baretta *et al.* (2007). Os maiores teores de COT e NT estão associados ao manejo dado às plantas de cobertura dos pomares, bem como a quantidade de resíduos aportados ao solo. Segundo Maluche-Baretta *et al.* (2007), a adição contínua de quantidades elevadas de resíduos orgânicos é importante para manter um nível suficiente de COT, e manter a qualidade do solo. Ainda, segundo os autores, o teor de MOS é uma das propriedades mais importantes, devido ao efeito benéfico sobre outras propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Juntamente com os maiores teores de COT e NT no solo do ORG, foram observados aumentos no Cmic e qMIC, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 2). As diferenças na qualidade do solo entre pomares ORG e CON são normalmente mais evidentes quando utilizados indicadores microbiológicos (ALMEIDA *et al.*, 2011; MALUCHE-BARETTA *et al.*, 2007). Segundo Amaral *et al.* (2011), diferenças no Cmic estão relacionadas ao sistema de manejo adotado, bem como a intensidade das práticas culturais. O Cmic é um atributo dinâmico e mais sensível que os atributos químicos e físicos, e permite avaliar rapidamente mudanças na qualidade do solo em sistemas de manejo (ALMEIDA *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2009). Os menores teores de Cmic e qMIC observados no CON ocorrem devido à utilização de herbicidas, o que reduz a cobertura vegetal e consequentemente a disponibilidade de raízes (efeito rizosférico) e o aporte de material orgânico. Isso, por sua vez, afeta a disponibilidade e a qualidade do C orgânico, e ocasiona um estresse adicional sobre a atividade microbiana. O qMIC fornece uma medida da qualidade da MOS e de estresse sobre a atividade microbiana. Segundo Lisboa *et al.* (2012), aumentos no qMIC podem indicar os acréscimos de MOS e a eficiência de conversão do COT para Cmic, como neste estudo no pomar ORG. Ao contrário, diminuições nos valores de qMIC, como as observadas no pomar CON, indicam que a capacidade de utilização do C pela biomassa foi diminuída, devido a fatores estressantes, como a deficiência de nutrientes e fatores de crescimento (ARAÚJO; MELO, 2010).

### Nutrição e qualidade dos frutos

O teor de Mg foi maior nas folhas das plantas no pomar ORG (Tabela 3), de forma semelhante ao verificado no solo (camada de 0-20 cm), com maior disponibilidade deste elemento no ORG (Tabela 2). Apesar do pomar ORG apresentar maiores teores no solo de Ca e NT (especialmente na camada de 0-20 cm) (Tabela 2), isto não se refletiu em maiores teores destes elementos nas folhas das plantas (Tabela 3). Os teores de K nas folhas não diferiram entre os pomares (Tabela 3), assim como verificado para os teores deste elemento no solo (Tabela 2).

Os teores foliares de Ca, em ambos os pomares, ficaram abaixo dos considerados adequados para a cultura da macieira (de 11-17 g kg<sup>-1</sup> de massa seca), os teores de K muito acima do adequado (de 12-15 g kg<sup>-1</sup> de massa seca), ao passo que os teores foliares de Mg e N ficaram dentro das faixas consideradas adequadas (de 2,5-4,5 e 20-29 g kg<sup>-1</sup> de massa seca, respectivamente) (NACHTIGALL; DECHEN, 2006). Portanto, apesar de uma boa correção do pH, e dos níveis adequados de Ca no solo em ambos os pomares (Tabela 2), os teores de Ca nas folhas foram baixos. Já a análise foliar indica que o suprimento de K no solo, em ambos os pomares, poderia ser reduzido.

Na polpa dos frutos, os teores de Ca, K, Mg e N foram maiores no ORG (Tabela 3). No tecido da casca, os teores de N foram maiores no ORG, enquanto os teores de Mg foram maiores no CON (Tabela 3).

Os teores considerados adequados de Ca, K, Mg e N na polpa, para preservar a qualidade e prevenir a ocorrência de distúrbios fisiológicos pós-colheita em maçãs, são de >40, <950, <40 e <500 mg kg<sup>-1</sup> de massa fresca, respectivamente (AMARANTE *et al.*, 2012). Os teores de K na polpa dos frutos, em ambos os pomares, foram maiores do que o recomendado, ao passo que o teor de Mg no ORG ficou acima, e o teor de Ca no CON abaixo do recomendado. Os teores de N na polpa foram considerados adequados em ambos os pomares, no entanto, muito elevados na casca dos frutos no ORG (Tabela 3). Frutos do ORG apresentaram teor de N na casca cerca de duas vezes ao verificado no CON.

As relações (K+Mg)/Ca e N/Ca na polpa dos frutos (cujos valores recomendados são <30 e <14, respectivamente), são mais indicadas para avaliar o risco de ocorrência de distúrbios fisiológicos e doenças pós-colheita em maçãs, do que os teores isolados dos elementos (AMARANTE *et al.*, 2012). A relação (K+Mg)/Ca na polpa e casca, e a relação N/Ca na polpa foram maiores no CON, ao passo que a relação N/Ca na casca foi maior no ORG (Tabela 3). Para a polpa dos frutos, a relação (K+Mg)/Ca ficou acima do nível máximo recomendado (< 30) apenas no CON, enquanto a relação N/Ca ficou abaixo do nível máximo recomendado (< 14), em ambos os pomares.

Os resultados obtidos mostram que, de forma geral, os frutos do ORG apresentaram um melhor equilíbrio mineral na polpa [menores relações (K+Mg)/Ca e N/Ca] do que frutos do CON, visando a preservação da qualidade pós-colheita. No entanto, frutos do ORG apresentaram teores muito elevados de K e Mg na polpa, e de N na casca, em comparação a frutos do CON. Mesmo não havendo diferenças nos teores de K no solo entre os pomares, o teor de K foi maior na polpa dos frutos do ORG. No ORG, os altos teores de Mg na polpa, e de N na polpa e casca dos frutos (Tabela 3), refletem a maior disponibilidades desses

**Tabela 3** - Atributos minerais em folhas (g kg<sup>-1</sup> massa seca) e frutos (nos tecidos da polpa e de casca; mg kg<sup>-1</sup> massa fresca), em pomares de macieiras 'Royal Gala' sob sistemas convencional (CON) e orgânico (ORG) de produção

Atributos minerais	CON	ORG Significância <sup>(1)</sup>	CV (%) <sup>(2)</sup>
-----Folha-----			
Ca	8	9 <sup>ns</sup>	4
K	26	25 <sup>ns</sup>	8
Mg	2	3 <sup>***</sup>	4
N	22	23 <sup>ns</sup>	9
-----Fruto, polpa-----			
Ca	34	57 <sup>**</sup>	15
K	1187	1531 <sup>**</sup>	8
Mg	42	63 <sup>***</sup>	9
N	196	253 <sup>*</sup>	15
Relação (K+Mg)/Ca	36	28 <sup>*</sup>	18
Relação N/Ca	6	4 <sup>*</sup>	20
-----Fruto, casca-----			
Ca	198	233 <sup>ns</sup>	10
K	1282	1113 <sup>ns</sup>	16
Mg	346	239 <sup>***</sup>	6
N	560	1117 <sup>**</sup>	18
Relação (K+Mg)/Ca	8	6 <sup>**</sup>	22
Relação N/Ca	3	5 <sup>***</sup>	30

<sup>(1)</sup>ns: não significativo, \* , \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,05; 0,01 e 0,001. <sup>(2)</sup>CV: Coeficiente de variação

elementos no solo (Tabela 2). Portanto, mesmo no sistema ORG, o suprimento de Mg e N podem ser demasiadamente elevados, via fertilização orgânica do solo (especialmente de cama aviária) e foliar (com o composto "Super Magro"), o que pode comprometer a preservação da qualidade pós-colheita dos frutos. Portanto, seria recomendado reduzir o aporte de Mg e N no sistema ORG, através da menor fertilização orgânica do solo e foliar, para reduzir o desequilíbrio nos conteúdos minerais nos frutos, e assim obter melhor preservação de sua qualidade durante o armazenamento refrigerado.

Como no pomar ORG não foram utilizados produtos químicos sintéticos para a superação de dormência, isto retarda os processos subsequentes de floração, maturação e, conseqüentemente, a colheita comercial, que ocorreu um mês após a colheita comercial do pomar CON. Apesar desta grande diferença na época de colheita comercial entre os pomares, frutos do ORG apresentaram, na colheita, menor índice de iodo-amido e maior firmeza de polpa em relação aos do CON (Tabela 4), indicando uma maturação menos avançada. Todavia, a AT e a cor de fundo da casca não diferiram entre os frutos dos dois pomares, enquanto que o teor de SS foi maior em frutos do ORG.

Após armazenamento refrigerado, os frutos do ORG apresentaram cor de fundo mais verde, e maiores teores de AT e de SS, em relação aos frutos do CON (Tabela 4). Todavia, os frutos produzidos no ORG apresentaram menor firmeza de polpa do que aqueles produzidos no CON. A elevada perda de firmeza em frutos do ORG durante o armazenamento refrigerado pode ser resultado dos seus elevados teores de N (Tabela 3). O elevado suprimento de N ocasiona maior expansão das paredes celulares, o que pode comprometer a manutenção da firmeza de polpa dos frutos durante a pós-colheita (AMARANTE *et al.*, 2012). Os resultados obtidos divergem daqueles reportados por Peck *et al.* (2006), que observaram menor relação N/Ca no fruto e, por isso, maior firmeza de polpa, em ORG do que em CON de macieiras.

Conforme mencionado acima, frutos do pomar ORG apresentaram maiores teores de SS tanto na colheita como após o armazenamento refrigerado, e maior AT após o armazenamento refrigerado (Tabela 4), indicando melhor qualidade sensorial dos mesmos para os consumidores. A colheita tardia dos frutos e um maior equilíbrio nutricional e fisiológico em plantas do pomar sob sistema ORG, podem ter contribuído para os maiores valores de AT e SS. A percentagem de cor vermelha na casca, importante critério de qualidade em maçãs, também foi maior nos frutos do



**Tabela 4** - Atributos de maturação e qualidade dos frutos, na colheita e após armazenamento refrigerado, em pomares de macieiras ‘Royal Gala’ sob sistemas convencional (CON) e orgânico (ORG) de produção

Atributos	CON	ORG	Significância <sup>(1)</sup>	CV (%) <sup>(2)</sup>
-----Colheita-----				
Cor de fundo (1-7)	5,9	6,1 <sup>ns</sup>		19
Cor vermelha (%)	77,0	85,0 <sup>***</sup>		17
Firmeza de polpa (N)	67,0	73,0 <sup>***</sup>		10
Sólidos solúveis (%)	13,0	13,5 <sup>***</sup>		6
Acidez titulável (% de ácido málico)	0,37	0,42 <sup>ns</sup>		17
Índice de iodo-amido (1-5)	4,5	4,0 <sup>***</sup>		20
“Russeting” (cm <sup>2</sup> fruto <sup>-1</sup> )	9,6	14,1 <sup>***</sup>		57
-----Pós-armazenamento-----				
Cor de fundo (1-7)	6,3	6,1 <sup>***</sup>		8
Firmeza de polpa (N)	49,7	46,1 <sup>***</sup>		14
Sólidos solúveis (%)	13,1	14,0 <sup>***</sup>		6
Acidez titulável (% de ácido málico)	0,22	0,37 <sup>***</sup>		27

<sup>(1)</sup>ns: não significativo, \* e \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,05; 0,01 e 0,001. <sup>(2)</sup>CV: Coeficiente de variação

ORG. Isto pode ser o resultado do menor vigor vegetativo das plantas no ORG, apresentando menor enfolhamento e maior penetração de radiação solar, bem como ao fato dos frutos serem colhidos mais tarde, permitindo um maior período de incidência de luz sobre os frutos, favorecendo a intensificação da cor vermelha na casca.

A severidade de “russeting” foi maior nos frutos do pomar ORG do que nos frutos do CON (Tabela 4). A depreciação visual ocasionada pelo “russeting” é a maior limitante quanto à qualidade de frutos produzidos organicamente, sendo reflexo do uso intensivo de fungicidas à base de cobre e enxofre (como é o caso da calda sulfocálcica e da calda bordaleza) para o controle de doenças.

Os resultados mostram que, de forma geral, o pomar sob sistema ORG apresenta melhor qualidade nos atributos físicos do solo, bem como maior disponibilidade de alguns nutrientes, especialmente Ca, Mg e N, em relação ao CON. Os frutos do pomar ORG apresentaram teores elevados de K, Mg e N, o que pode aumentar a perda de firmeza de polpa, bem como o risco de ocorrência de distúrbios fisiológicos e doenças durante o período pós-colheita. No entanto, a qualidade dos frutos do pomar ORG é superior a dos frutos do pomar CON, devido principalmente aos maiores valores após o armazenamento refrigerado de AT e SS, e maior intensidade de coloração vermelha da casca, já que a colheita comercial ocorre tardiamente. A maior severidade de “russeting” em frutos produzidos no pomar ORG é o principal limitante de qualidade.

## CONCLUSÕES

1. O sistema de produção orgânico melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo em relação ao sistema de produção convencional;
2. Na maturação comercial, frutos colhidos no pomar sob sistema de produção orgânico apresentam-se menos maduros (com menor índice de iodo-amido e maior valores de firmeza de polpa) e com melhor qualidade (maiores valores de sólidos solúveis e coloração vermelha da casca), porém com elevada severidade de “russeting”, em relação àqueles do pomar sob sistema convencional;
3. Durante o armazenamento refrigerado, frutos de pomar sob sistema de produção orgânico apresentam maior perda de firmeza de polpa do que aqueles de pomar sob sistema de produção convencional;
4. Frutos do pomar sob sistema de produção orgânico apresentam composição mineral menos adequada (maiores teores de K e Mg na polpa e de N na casca) para a preservação da qualidade pós-colheita, em relação aos frutos do pomar sob sistema de produção convencional.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelo apoio financeiro, e à Genicelli Mafra Ribeiro, pelo auxílio na execução da parte experimental.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. de O. *et al.* Soil microbial biomass under mulch types in an integrated apple orchard from Southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 2, p. 217-222, 2011.
- AMARAL, H. F. *et al.* Alterações nas propriedades químicas e microbianas de solos cultivados com videiras sob manejo orgânico e convencional no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1517-1526, 2011.
- AMARANTE, C. V. T. *et al.* Yield and fruit quality of apple from conventional and organic production systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 333-340, 2008.
- AMARANTE, C. V. T. *et al.* Composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji' produzidas no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 550-560, 2012.
- ARAÚJO, A. S. F. *et al.* Soil microbial activity in conventional and organic agricultural systems. **Sustainability**, v. 1, n. 2, p. 268-276, 2009.
- ARAÚJO, A. S. F. de; MELO, W. J. de. Soil microbial biomass in organic farming system. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2419-2426, 2010.
- CAREY, P. L.; BENGE, J. R.; HAYNES, R. J. Comparison of soil quality and nutrient budgets between organic and conventional kiwifruit orchards. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 132, n. 1/2, p. 7-15, 2009.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 1997. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. 412 p.
- ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, n. 2, p. 161-165, 1983.
- ESPANHOL, G. L. *et al.* Propriedades químicas e físicas do solo modificadas pelo manejo de plantas espontâneas e adubação orgânica em pomar de macieira. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 2, p. 83-94, 2007.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical databases**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 11 set. 2013.
- FLIESSBACH, A. *et al.* Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 118, n. 1, p. 273-284, 2007.
- GLOVER, J. D.; REGANOLD, J. P.; ANDREWS, P. K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 80, n. 1/2, p. 29-45, 2000.
- GUBIANI, P. I. *et al.* Permeâmetro de carga decrescente associado a programa computacional para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 993-997, 2010.
- HOLB, I. J. *et al.* Yield response, pest damage and fruit quality parameters of scab-resistant and scab-susceptible apple cultivars in integrated and organic production systems. **Scientia Horticulturae**, v. 145, p. 109-117, 2012.
- JÖNSSON, A. **Organic apple production in Sweden: cultivation and cultivars**. 2007. 33 f. Thesis (Doctorate in Crop Science) - Department of Crop Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Balsgård, Sweden, 2007.
- LISBOA, B. B. *et al.* Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 33-44, 2012.
- MALUCHE-BARETTA, C. R. D. *et al.* Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 655-665, 2007.
- NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 5, p. 493-501, 2006.
- OLIVEIRA, M. C. *et al.* Teor de matéria seca, pH e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 951-954, 2003.
- PECK, G. M. *et al.* Apple orchard productivity and fruit quality under organic, conventional, and integrated management. **HortScience**, v. 41, n. 1, p. 99-107, 2006.
- PECK, G. M. *et al.* Soil properties change during the transition to integrated and organic apple production in a New York orchard. **Applied Soil Ecology**, v. 48, n. 1, p. 18-30, 2011.
- PEDINI, S. Produção e certificação de café orgânico. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2000. p. 333-360.
- REGANOLD, J. P. *et al.* Sustainability of three apple production systems. **Nature**, v. 410, n. 19, p. 926-930, 2001.
- RICCI, M. dos S. F.; NEVES, M. C. P. **Cultivo do café orgânico**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 95 p. (Embrapa Agrobiologia. Sistemas de Produção, 2).
- RÓTH, E. *et al.* Postharvest quality of integrated and organically produced apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, n. 1, p. 11-19, 2007.

ROUSSOS, P. A.; GASPARATOS, D. Apple tree growth and overall fruit quality under organic and conventional orchard management. *Scientia Horticulturae*, v. 123, n. 2, p. 247-252, 2009.

SANTOS, C. C. dos; BELLINGIERI, P. A.; FREITAS, J. C. de. Efeito da aplicação de compostos orgânicos de cama de frango nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Escuro cultivado com sogro granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Científica*, v. 32, n. 2, p. 134 -140, 2004.

SAS INSTITUTE. **SAS User's guide**: statistics. Software Version 9.0. Cary, NC, USA, 2002.

SHIRANI, H. *et al.* Effects of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. **Soil & Tillage Research**, v. 68, n. 2, p. 101-108, 2002.

WEIBEL, F.; WIDMER, F.; HUSISTEIN, A. Comparison of production systems: integrated and organic apple production. Part III: inner quality - composition and sensory. **Obst und Weinbau**, v. 140, n. 7, p. 10-13, 2004.