

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**ELIETE DE FÁTIMA FERREIRA DA ROSA**

**ATRIBUTOS DO SOLO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE  
FRUTOS EM POMARES DE MAÇÃS ‘ROYAL GALA’ EM SISTEMAS  
CONVENCIONAL E ORGÂNICO DE PRODUÇÃO.**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (CAV/UDESC) como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

**Orientador:** Ph.D. Cassandro Vidal Talamini  
do Amarante.

**LAGES-SC**

**2010**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região  
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Rosa, Eliete de Fátima Ferreira da

Atributos do solo, produtividade e qualidade de frutos  
em pomares de maçãs 'Royal Gala' em sistemas  
convencional e orgânico de produção./ Eliete de Fátima  
Ferreira da Rosa. -- Lages, 2010.

71 p.

Dissertação (mestrado)– Centro de Ciências  
Agroveterinárias / UDESC.

1. *Malus domestica* (Borkh). 2. Nutrição. 3. Análise canônica  
discriminante. I. Título.

CDD – 634.11

# **ELIETE DE FÁTIMA FERREIRA DA ROSA**

## **ATRIBUTOS DO SOLO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS EM POMARES DE MAÇÃS ‘ROYAL GALA’ EM SISTEMAS CONVENCIONAL E ORGÂNICO DE PRODUÇÃO.**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

---

**Ph.D. Cassandro V. T. do Amarante**  
Orientador – UDESC/Lages-SC

---

**Dr. Luciano Colpo Gatiboni**  
Coordenador Técnico do Programa de Mestrado e Doutorado em Manejo do Solo

---

**Dr. Álvaro Luiz Mafra**  
UDESC/Lages-SC

---

**Dr. Luciano Colpo Gatiboni**  
Coordenador Geral do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

---

**Dr. Cristiano André Steffens**  
UDESC/Lages-SC

---

**Dr. Adil Knackfuss Vaz**  
Diretor Geral do Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC/Lages-SC

---

**Dr<sup>a</sup>. Mari Lúcia Campos**  
UDESC/Lages-SC

**LAGES – SC, / / 2010**  
**Homologado em:**  
**Por:**

---

**Dr. Gilmar Nachtigall**  
EMBRAPA – Uva e Vinho - RS

À Deus por me iluminar em busca de meu sonho...  
À meu pai Hermes, minha mãe Leonor Odete e meu Irmão Ivan, pelo carinho e amor.  
Ao meu noivo, Marcos André Nohatto, pelo incentivo e amor.  
**Ofereço e dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Algum tempo se passou desde que cheguei à Lages... muitas coisas aconteceram neste tempo, muitas conquistas e algumas derrotas mas que não me fizeram desistir de meus sonhos... Agora é tempo de agradecer... agradecer a Deus por guiar meus passos ao caminho do bem, por todas bênçãos e pelo milagre que cada dia vivenciei e claro por ter colocado pessoas tão maravilhosas em minha vida, as quais eu só tenho a agradecer:

À minha querida família... meu pai Hermes por sempre me apoiar e ser exemplo de superação... à minha amada mãe, por seu sorriso, por suas palavras amigas, por lutar junto comigo pelos meus sonhos como se fossem os seus, enfim por ser essa pessoa tão encantadora e que Deus me deu a oportunidade de chamar de mãe...

Ao meu irmão Ivan pelas conversas que tanto me encorajaram, por sempre ter sido um exemplo a ser seguido, um homem que superou todas as dificuldades sempre com sorriso no rosto, a você todo meu carinho e admiração...

A minha irmã Elizabete (*In memoriam*)... sei que deve estar olhando por mim lá de cima...

Aos meus sobrinhos João Victor e Maísa, por todo o carinho e amor a mim dedicados. Vocês são a alegria de nossa família.

Ao meu noivo Marcos André Nohatto por tudo que enfrentamos juntos, por seu amor, atenção e dedicação. Muito mais que um profissional ético e competente uma pessoa especial que quero sempre ter ao meu lado. Obrigada pelos sonhos realizados e por aqueles que ainda vamos realizar.

Ao meu orientador, professor Cassandro Amarante, pelo exemplo de profi competente, por toda a sua dedicação no decorrer desses dois anos, expressa em sua b1 orientação e também pelos muitos ensinamentos a mim repassados.

Ao professor Álvaro Luiz Mafra, pela competência, seriedade, incentivo e ensinamentos a mim repassados... ao senhor o meu muito obrigada por todos os anos que

trabalhamos juntos, por ter me propiciado o primeiro contato com o incrível mundo da pesquisa científica.

Aos professores Cristiano André Steffens, Mari Lúcia Campos e Jackson Adriano Albuquerque, pelas valiosas colaborações durante o desenvolvimento deste estudo.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, por todos os ensinamentos indispesáveis à minha formação.

Ao Centro de Ciências Agroveterinárias da UDESC, por propiciar a realização de mais uma conquista em minha carreira profissional.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa Yakult e ao produtor Velocino Bolzani Neto, pela disponibilização das áreas para realização do projeto.

Aos bolsistas de iniciação científica, Cristiano Della Picola, Mariuccia De Martin e Oscar Vieira.

Aos meus colegas e amigos, Letícia de Souza, Luciane Oliveira, Dayana da Silva, Vitor Paulo Vargas, João José Stüpp, Willian Marques, Camila Hugen, Jovani Zalamena, Ronaldir Knoblauch, Paula Bianchet, Ivana Manenti, Gessiane Ceola e Margarete, pelos momentos de alegria e convívio diário.

A todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

À vocês, muito obrigada!!!!

Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso e pessoas fracassadas. O que existem são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.

Augusto Cury

## RESUMO

Os sistemas de manejo do solo e das culturas podem modificar a qualidade do ambiente e alterar as propriedades químicas e físicas do solo, refletindo na fisiologia das plantas, na produtividade e qualidade dos frutos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos das práticas de manejo convencional e orgânico, em pomares de maçãs, nos atributos físicos e químicos do solo, na sanidade das plantas, na produção e na qualidade de frutos. O experimento foi conduzido em São Joaquim, SC, em dois pomares implantados em 2001, com a cultivar 'Royal Gala', sobre porta-enxerto M-9, em um Cambissolo Húmico, no manejo orgânico (PO) e convencional (PC). Os atributos do solo avaliados foram pH e os níveis de N, P, K, Al, Ca, Mg, Cu e carbono orgânico (CO) presentes no solo. Em relação às características físicas do solo, foram determinados granulometria, estabilidade de agregados, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, grau de floculação e porosidade total. Dez plantas de cada pomar foram selecionadas aleatoriamente e avaliadas na safra 2008/2009 quanto à nutrição, vigor, florescimento, frutificação efetiva, produção e qualidade dos frutos. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de comparação de médias e à análise canônica discriminante (ACD). O PC apresentou maiores teores de Ca, Na, e pH em água em relação ao PO na profundidade de 0-10 cm. Os maiores teores de Cu total foram observados no PO do que no PC, nas duas profundidades analisadas. Na profundidade de 10-20 cm, os maiores valores de Al trocável foram verificados no PO. Os teores de CO não diferiram entre os pomares. O PO apresentou maior diâmetro médio geométrico (DMG) e densidade do solo nas duas profundidades. Na profundidade de 10-20 cm, a macroporosidade foi maior no PC. O PO apresentou maiores teores de Cu nas folhas e na casca e polpa dos frutos, menores teores de Ca nas folhas e polpa dos frutos, maiores valores nas relações K/Ca, Mg/Ca, N/Ca, K+Mg/Ca na polpa dos frutos, maior área foliar, menor frutificação efetiva, maior dano por mosca-das-frutas, menor incidência de sarna e menores rendimentos de frutos em relação ao PC. Não foram observadas diferenças quanto ao teor de clorofila foliar e aos atributos de cor vermelha, índice de iodo-amido, número de sementes, firmeza de polpa, sólidos solúveis e acidez titulável nos frutos entre os dois pomares. A ACD indicou, como os melhores discriminantes entre os dois pomares: os teores de Cu (0-10 cm) e Ca (10-20 cm), o DMG (0-10 cm) e a microporosidade (10-20 cm), para os atributos de solo (químicos e físicos); os teores de Ca na polpa e de Cu no tecido foliar para os atributos nutricionais nas plantas; e a área foliar e o dano por mosca-das-frutas, para os atributos de rendimento e qualidade de frutos.

**Palavras-chave:** *Malus domestica* (Borkh). Nutrição. Análise canônica discriminante.

## ABSTRACT

The management and cultivation systems can modify soil quality and change its chemical and physical properties, with influences on the physiological aspects of the plants, as well as on yields and fruit quality. The objective was to evaluate the effects of organic and conventional management systems in apple orchards, under soil physical and chemical properties, plant health, yields and fruit quality. The experiment was carried out in São Joaquim, SC, Southern Brazil, in two apple orchards planted in 2001, with the cultivar 'Royal Gala' on rootstock M-9, in a humic Cambisol, conducted under conventional (Cv.) and organic (Or.) production systems. The soil properties evaluated were pH and the levels of N, P, K, Al, Ca, Mg, Cu and organic carbon (OC) in the soil. In relation to the physical characteristics of the soil were determined particle size, aggregate stability, bulk density, macroporosity and microporosity, degree of flocculation and total porosity. Ten plants of each orchard were randomly selected and assessed during the 2008/2009 season for nutrition, flowering, yield and fruit quality. The results were tested for comparison of means and canonical discriminant analysis (CDA). The Cv showed higher contents of Ca, Na, and pH in water compared to the Or at a depth of 0-10 cm. The highest concentrations of Cu were found in Or than in the Cv, in the two analyzed depths. In the 10-20 cm depth the highest values of exchangeable Al were observed in the Or. The levels of CO did not differ between the orchards. The Or had higher values of geometric mean diameter (GMD) and bulk density in two depths. In the depth of 10-20 cm, macroporosity was greater in the Cv. The Or had higher concentrations of Cu in leaves and bark and fruit pulp, lower levels of Ca in leaves and fruit pulp, the highest K / Ca , Mg / Ca, N / Ca, K + Mg / Ca in the pulp, the greater leaf area, lower fruit set, higher damage flies fruit, lower incidence of scab and lower fruit yield compared to conventional crop. There were no differences in leaf chlorophyll content and attributes of red, iodine-starch, number of seeds, flesh firmness, soluble solids and acidity in the fruits. The DCA indicated the Cu content (0-10 cm), Ca (10-20 cm), DMG (0-10 cm), microporosity (10-20 cm), Ca in the pulp, Cu in the leaves, leaf area and damage fly by fruit as the best discriminant between the two orchards on the chemical and physical characteristics of the soil, nutrition, yield and fruit quality respectively.

**Keywords:** *Malus domestica* (Borkh). Production systems. Soil properties. Fruit quality. Canonical discriminate analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista do pomar convencional (A) orgânico (B). São Joaquim-SC, safra 2008/2009.....	24
Figura 2 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP) da função canônica discriminante 1, em pomares de maçãs 'Royal Gala' conduzidos nos sistemas convencional e orgânico de produção, considerando todos os atributos químicos (A e B) e físicos (C e D), nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Foram utilizadas dez repetições em cada pomar para proceder a análise canônica discriminante dos dados. Como a análise permite apenas uma função canônica discriminante, uma segunda função discriminante foi criada com observações aleatórias [N(0,1)] apenas para fins de representação gráfica. Símbolo cheio representa o valor médio de CCP para cada pomar. São Joaquim-SC, safra 2008/2009.....	40
Figura 3 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP) da função canônica discriminante 1, em pomares de macieiras 'Royal Gala' conduzidas nos sistemas convencional e orgânico de produção, considerando todos os atributos nutricionais no tecido da casca e polpa de frutos (A) e no tecido foliar (B). Como a análise permite apenas uma função canônica discriminante, uma segunda função discriminante foi criada com observações aleatórias [N(0,1)] apenas para fins de representação gráfica. Símbolo cheio representa o valor médio de CCP para cada pomar. São Joaquim-SC, safra 2008/2009.....	55
Figura 4 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP) da função canônica discriminante 1, em pomares de macieiras 'Royal Gala' conduzidas nos sistemas convencional e orgânico de produção, considerando todos os atributos de rendimento (A) e qualidade de frutos (B). Como a análise permite apenas uma função canônica discriminante, uma segunda função discriminante foi criada com observações aleatórias [N(0,1)] apenas para fins de representação gráfica. Símbolo cheio representa o valor médio de CCP para cada pomar. São Joaquim-SC, safra 2008/2009.....	57

## LISTA DE TABELAS

<p>Tabela 1 - Atributos químicos do solo, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, em pomares de macieira conduzidos nos sistemas convencional (PC) e orgânico (PO) de produção, e área de campo nativo (CN), no município de São Joaquim -SC. Os valores representam a média de 10 repetições em cada pomar e na área de campo nativo.....</p> <p>Tabela 2 - Atributos físicos na camada de 0-10 cm e 10-20 cm, em pomares de macieira conduzidos nos sistemas convencional (PC) e orgânico (PO) de produção, e área de campo nativo (CN) no município de São Joaquim -SC. Os valores representam a média de 10 repetições em cada pomar e na área de campo nativo.....</p> <p>Tabela 3 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1 (FCD<sub>1</sub>), referente aos atributos químicos do solo, em pomares conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção. São Joaquim-SC, na safra 2008/2009. Média de 10 repetições para cada pomar.....</p> <p>Tabela 4 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1 (FCD<sub>1</sub>), referente aos atributos físicos do solo, em pomares conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção. São Joaquim-SC, 2009. Média de 10 repetições para cada pomar.....</p> <p>Tabela 5 - Atributos minerais em folhas (g kg<sup>-1</sup> de massa seca) e frutos (casca e polpa, em g kg<sup>-1</sup> de massa fresca) da cultivar 'Royal Gala', em pomares conduzidos nos sistemas convencional e orgânico de produção, em São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.....</p> <p>Tabela 6 - Qualidade dos frutos em maçãs 'Royal Gala', na colheita comercial, em pomares conduzidos nos sistemas convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.....</p> <p>Tabela 7 - Teor total de clorofila, área e área específica nas folhas, floração, frutificação e produtividade de macieiras 'Royal Gala', em pomares</p>	<p style="margin-right: 20px;">28</p> <p style="margin-right: 20px;">34</p> <p style="margin-right: 20px;">38</p> <p style="margin-right: 20px;">39</p> <p style="margin-right: 20px;">48</p> <p style="margin-right: 20px;">51</p>
--	---

conduzidos nos sistemas de produção convencional e orgânico, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.....	52
<b>Tabela 8 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente as análises dos nutrientes na casca e polpa, em macieiras ‘Royal Gala’ conduzidas nos sistemas convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabela 9 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente as análises dos nutrientes no tecido foliar, em macieiras ‘Royal Gala’ conduzidas nos sistemas convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabela 10 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente as análises de rendimento em macieiras ‘Royal Gala’ conduzidas no sistema convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabela 11 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente as análises de qualidade de frutos em macieiras ‘Royal Gala’ conduzidas no sistemas convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.....</b>	<b>56</b>

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I - ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO EM POMARES DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' SOB SISTEMAS CONVENCIONAL E ORGÂNICO DE PRODUÇÃO (SEÇÃO PRIMÁRIA).....</b>	<b>20</b>
1.1 RESUMO.....	20
1.2 ABSTRACT: SOIL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES IN ROYAL GALA APPLE ORCHARDS UNDER CONVENTIONAL AND ORGANIC PRODUCTION SYSTEMS.....	21
1.3 INTRODUÇÃO.....	22
1.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
1.5.1 Avaliação dos atributos químicos do solo .....	27
1.5.2 Avaliação dos atributos físicos do solo.....	33
1.5.3 Análise Canônica Discriminante (ACD) dos atributos químicos e físicos do solo ....	37
1.6 CONCLUSÕES .....	40
<b>CAPÍTULO II - RENDIMENTO E QUALIDADE DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' CONDUZIDAS NOS SISTEMAS CONVENCIONAL E ORGÂNICO DE PRODUÇÃO.....</b>	<b>42</b>
2.1 RESUMO.....	42
2.2 ABSTRACT: YIELD AND QUALITY OF 'ROYAL GALA' APPLES CONDUCTED IN CONVENTIONAL AND ORGANIC PRODUCTION SYSTEMS.....	43

2.3 INTRODUÇÃO.....	43
2.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	45
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
2.6 CONCLUSÕES .....	57
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>61</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil se consolidou no mercado interno e externo como produtor de maçã. A área plantada com macieiras no Brasil é de 38,8 mil hectares, com uma produção de aproximadamente um milhão de toneladas na safra de 2008 (EPAGRI, 2009). Na fruticultura destacam-se os sistemas convencional e orgânico de produção, os quais diferem em termos de insumos e práticas culturais.

O sistema convencional apresenta função importante na produção de alimentos, mas é dependente do aporte de insumos químicos, como fertilizantes e pesticidas. Essas práticas agrícolas trazem preocupações em relação ao ambiente e a saúde pública. Por isso, a agricultura orgânica está ganhando aceitação mundial e tem se expandido a uma taxa anual de 20% na última década representando mais de 24 milhões de hectares em todo o mundo (WILLER e YUSSEFI, 2004).

No Brasil, a agricultura orgânica cresce cerca de 40 a 50% ao ano (TAGLIARI, 2001), devido principalmente a agregação de valor do produto orgânico e seus benefícios quanto a preservação da qualidade do solo e redução do impacto ambiental em relação ao sistema convencional (CAMARGO et al., 2001; REGANOLD et al., 2000).

Diante deste cenário, o que se observa são profundas mudanças no perfil do mercado nacional e internacional da maçã, via mudanças dos hábitos, gostos e preferências dos consumidores. A crescente preocupação quanto aos aspectos toxicológicos dos agrotóxicos e a possibilidade de contaminação dos produtos agrícolas têm levado muitos países a estabelecer programas de vigilância ou de monitoramento, com execução de análises freqüentes e programadas em alimentos. Preocupação que se estende também à qualidade nutricional, microbiológica e sensorial dos alimentos, alterada em função do sistema de cultivo de determinadas culturas, sendo estas características fortemente influenciadas pelos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Saber como estas características são influenciadas pelo manejo é de fundamental importância, pois permite inferir sobre o potencial produtivo e a capacidade de uso destes solos. O melhor entendimento dos mecanismos que alteram os atributos do solo em diferentes

sistemas de produção auxiliará na escolha de práticas de manejo que melhorem o rendimento e reduzam a degradação do solo na cultura da macieira.

No Brasil ainda existem poucas pesquisas sobre este assunto, que relacionem os diferentes sistemas de manejo e sua influência na qualidade do solo e no rendimento e qualidade de frutos.

Além disso, a existência de teores mais elevados de nutrientes nos alimentos orgânicos é um assunto que divide opiniões na sociedade e no mundo científico. Embora existam algumas citações na literatura, ainda são poucas as pesquisas realizadas na área, o que deixa este tema bastante polêmico. Diante desta situação, são necessárias mais pesquisas científicas para a elucidação destas e outras questões, avaliando e comparando os dois sistemas de produção de maçãs.

Uma dificuldade encontrada em levantamentos e avaliações realizados em pomares já implantados refere-se às metodologias estatísticas empregadas para a comparação desses sistemas de produção. Os modelos estatísticos clássicos tornam-se menos sensíveis no estudo de sistemas de manejo, por efeito conjunto de inúmeros fatores e características avaliados, necessitando do uso de ferramentas multivariadas. A análise canônica discriminante (ACD) é uma ferramenta multivariada que permite a identificação de diferenças existentes entre grupos e/ou tratamentos, permitindo uma compreensão melhor das relações existentes entre todos os atributos estudados (CRUZ-CASTILHO et al., 1994; AMARANTE et al., 2006). Por tais características, a análise multivariada torna-se eficaz em estudos das características físicas e químicas do solo, e valor nutritivo de frutos, quando se pretende a identificação de atributos que sirvam para áreas de estudo, por inexistência de similaridade.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos das práticas de manejo convencional e orgânico, em pomares de maçãs, nos atributos físicos e químicos do solo, na sanidade das plantas, na produção e na qualidade de frutos, ocorrida nas macieiras, utilizando a ACD.

## REVISÃO DA LITERATURA

O Brasil ocupa o décimo quarto lugar em produção de maçãs e contribui com 1,33% da produção mundial (FAO, 2006). No início da década de 1970, a produção anual de maçãs era de 1.000 toneladas. Com incentivos fiscais e apoio à pesquisa e extensão rural, o Sul do Brasil aumentou a produção em quantidade e em qualidade, fazendo com que passasse de importador à auto-suficiente e com potencial de exportação (CESA et al., 2006).

Concentrada na região Sul, a maior parte da produção brasileira provém de cultivares Gala e Fuji e suas mutações (ABPM, 2004; ALMEIDA e ALVES, 2006). A preferência por estas cultivares e suas mutações se deve ao critério de escolha do consumidor por frutos mais coloridos, de boa aparência, seguido de sabor e pela capacidade de conservação frigorífica (ALMEIDA e ALVES, 2006; SANTOS et al., 2007).

A fruticultura de clima temperado destaca-se entre as atividades agrícolas pelo desenvolvimento de práticas culturais intensivas. As alternativas para manejo dos pomares são também condicionadas pela forma de cultivo adotado, sendo no caso da fruticultura destacados os sistemas convencional e orgânico de produção, os quais diferem em termos de insumos e práticas culturais (RIBEIRO, 2003).

O sistema convencional de produção apresenta função importante na produção de alimentos, mas é dependente do aporte de insumos químicos como fertilizantes e pesticidas. Essas práticas agrícolas trazem preocupações em relação ao ambiente e a saúde pública, levando ao interesse por práticas agrícolas alternativas. Por outro lado, o sistema orgânico de produção exclui o uso de fertilizantes químicos e pesticidas e utilizam técnicas definidas nos programas de certificação (GLOVER et al., 2000).

Segundo Reganold et al. (2001), o sistema orgânico de produção de maçãs promove melhorias na estrutura e fertilidade do solo, criando um ambiente favorável à inúmeros processos biológicos. Glover et al. (2000) afirmam que a adição de compostos orgânicos têm impactos profundos na qualidade do solo, estimulando processos microbianos que ajudam a desenvolver e manter os agregados do solo e a estrutura, contribuindo para a resistência do solo à degradação física.

Ribeiro (2003) estudou as características físicas e químicas de solos, em pomares de maçãs conduzidos nos sistemas convencional e orgânico de produção, e verificou que as maiores alterações químicas ocorreram no sistema convencional de produção. À medida que os solos vão sendo trabalhados com máquinas e implementos pesados e uso de insumos industrializáveis, consideráveis alterações químicas e físicas vão ocorrendo. Além disso, o manejo convencional apresenta alto custo de produção, devido, principalmente, a dependência por recursos não renováveis, tanto para a manutenção de altos níveis de fertilidade solo, quanto pelo excessivo número de aplicações de agrotóxicos utilizados no controle fitossanitário (MALUCHE, 2004). Tais características têm levado ao questionamento por parte de produtores e da sociedade, quanto à sustentabilidade do sistema convencional de produção, principalmente por promover a contaminação das águas, pela presença de resíduos químicos em alimentos, degradação do solo e riscos à saúde dos trabalhadores que manuseiam pesticidas (REGANOLD et al., 2000; AMARANTE et al., 2008).

Neste sentido, o sistema orgânico de produção surge como uma alternativa, pois requer menos uso de insumos externos à propriedade, exclui o uso de agrotóxicos e adubos solúveis e utiliza técnicas alternativas de aporte de nutrientes, como a permanência da cobertura vegetal e a aplicação de adubos orgânicos, melhorando os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (TAMIS et al., 1999; GLOVER et al., 2000; REGANOLD et al., 2000).

Märder et al. (2002), em estudos comparando os sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs, observaram que o sistema orgânico melhorou a qualidade do solo. Sampaio et al. (2008) concluíram que a adoção do sistema orgânico aumentou a atividade microbiana e o conteúdo de carbono orgânico do solo, o que se refletiu em melhores condições químicas e físicas do solo.

A produção orgânica ainda é bastante limitada na maioria dos países, devido principalmente à falta de métodos eficientes de controle das pragas e doenças, bem como alternativas orgânicas de controle (AMARANTE et al., 2008). Fungicidas à base de cobre têm sido amplamente utilizados em pomares orgânicos há mais de dois séculos (PIETRAZAK e MCPHAIL, 2004). Contudo, sua aplicação pode elevar os teores de cobre no solo, pela aplicação direta, deriva ou excesso nas superfícies foliares (CHAIGNON et al., 2003; WANG et al., 2009). Neste sentido, alguns países europeus introduziram restrições no uso de fungicidas cúpricos, a fim de proteger o ambiente. A Holanda proibiu a utilização de

fungicidas à base de cobre, enquanto a Suíça restringe a quantidade de cobre que pode ser aplicado por hectare (GARDNER, 2003; WANG et al., 2009).

O fato de ser um sistema orgânico de produção não garante a sua sustentabilidade. Para ser sustentável, o sistema deve ter produtividade satisfatória, ser lucrativo, proteger o meio ambiente, conservar recursos naturais e ser administrado de forma socialmente responsável (AMARANTE et al., 2008).

Estudos realizados por Reganold et al. (2000) nos Estados Unidos mostram que o sistema orgânico de produção de maçãs, nos aspectos de qualidade ambiental e sustentabilidade econômica, é superior aos sistemas de produção integrada e convencional. A qualidade do sistema de produção é uma medida da sua capacidade em sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover saúde ao homem, às plantas e aos animais nos ecossistemas (MAFRA et al., 2006).

O Brasil destaca-se no cenário mundial como um dos principais países em área cultivada, segundo os preceitos de produção orgânica, com potencial de expansão na produção de “commodities” para atender os mercados interno e externo. Isto se deve principalmente a agregação de valor ao produto orgânico, fruto de um mercado de comercialização diferenciado e de menores custos no processo de produção, bem como, devido aos seus benefícios quanto à preservação da qualidade do solo e redução do impacto ambiental em relação ao sistema convencional (CAMARGO et al., 2001).

Embora tenha sido reportada a rentabilidade no sistema orgânico de produção, são necessários mais estudos científicos avaliando e comparando a nutrição e desenvolvimento das plantas, a produtividade e qualidade dos frutos nos sistemas de produção de maçãs convencional e orgânica para as condições edafoclimáticas do Sul do Brasil (AMARANTE et al., 2006).

A análise foliar é amplamente utilizada para avaliar o estado nutricional de macieiras. Esta tem recebido atenção especial, uma vez que pode fornecer informações sobre a qualidade dos frutos, baseada em níveis críticos de nutrientes, para assim prevenir deficiências e distúrbios fisiológicos (NACHTIGALL e DECHEN, 2006). O desenvolvimento vegetativo e produtivo do pomar da macieira, a incidência de pragas e doenças e a qualidade do fruto são reflexos do estado nutricional das plantas, o que define a importância do conhecimento do estado nutricional do pomar, tanto para minimizar estes efeitos como para racionalizar a aplicação de fertilizantes (NACHTIGALL, 2004).

Amarante et al. (2006) observaram que plantas conduzidas sob o sistema orgânico de produção apresentaram maiores valores de botões florais por área transversal de tronco e menores valores de número de frutos por botão floral, do que plantas conduzidas no sistema convencional. Estes autores constataram também que, de forma geral, o pomar orgânico apresentou maior rendimento de frutos, porém com frutos de menor tamanho e com maior densidade, em relação ao pomar convencional. Além disso, o pomar orgânico apresentou, na colheita, maior severidade de “russetting”, cor de fundo da epiderme menos verde, maior firmeza de polpa e valores similares de índice de iodo-amido e qualidade sensorial similar (odor, sabor e textura) dos frutos. Estes resultados mostram que o sistema de produção pode também afetar atributos fisiológicos das plantas, bem como a qualidade dos frutos.

Alguns autores afirmam que os alimentos orgânicos são superiores nutricionalmente aos convencionais, existindo estudos que apontam para esta diferença, e estudos que contestam essa afirmação, não existindo consenso do ponto de vista científico.

Souza (2003) realizou estudos comparando os teores de macro e micronutrientes bem como de metais pesados no trigo, no milho, na batata, na maçã e na pera, oriundos da agricultura convencional e da agricultura orgânica, e verificou maiores teores de vários minerais nos alimentos orgânicos, em todas as análises individuais por produto. Na média geral, os produtos orgânicos revelaram maiores teores de minerais e menores teores de metais pesados. Higashi (2002) demonstrou que quantidades médias e altas de adubos solúveis (tipo NPK), exercem nítida influência na composição nutricional vegetal. Esses estudos comprovaram que vegetais adubados sinteticamente aumentavam os teores de nitratos, aminoácidos livres e oxalatos (produtos prejudiciais à saúde) e diminuíam significativamente o teor de proteína bruta.

Darolt (2000) afirma que, no aspecto do valor nutritivo e toxicológico, os alimentos provenientes da agricultura orgânica têm se mostrado superiores aos da agricultura convencional. Todavia, é um campo pouco explorado pelas pesquisas científicas e não permitem uma unanimidade na evidência da superioridade nutricional dos alimentos orgânicos, sendo um assunto que divide opiniões na sociedade e no mundo científico.

## **CAPÍTULO I - ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO EM POMARES DE MAÇÃS ‘ROYAL GALA’ SOB SISTEMAS CONVENCIONAL E ORGÂNICO DE PRODUÇÃO.**

### **1.1 RESUMO**

Os sistemas de manejo do solo e das culturas podem modificar a qualidade do ambiente e alterar as propriedades químicas e físicas do solo, tendo reflexos na fisiologia das plantas, na produtividade e qualidade dos frutos. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos dos sistemas de manejo convencional e orgânico de produção de maçãs sobre os atributos químicos e físicos do solo. O experimento foi realizado no município de São Joaquim-SC, em dois pomares, no sistema convencional (PC) e o outro no sistema orgânico (PO), ambos implantados em 2001, com a cultivar ‘Royal Gala’, sobre porta-enxerto M-9, em um Cambissolo Húmico. Os atributos químicos do solo avaliados foram pH em água e pH em  $\text{CaCl}_2$ , bem como os níveis de P, K, Al, Ca, Mg, Cu e carbono orgânico (CO) presentes no solo. Em relação aos atributos físicos do solo, foram avaliados granulometria, estabilidade de agregados (representada pelo diâmetro médio geométrico, DMG), densidade do solo (Ds), porosidade (PT) e grau de floculação (GF). Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de comparação de médias a fim de avaliar o efeito das práticas de manejo convencional e orgânico nos atributos químicos e físicos do solo e identificar os atributos químicos e físicos que melhor explicam as diferenças quanto ao manejo dos dois sistemas de produção utilizando a ACD. O PC apresentou maiores teores de Ca, pH em água e Na em relação ao PO na profundidade de 0-10 cm. Os maiores teores de Cu total foram observados no PO do que no PC, nas duas profundidades analisadas. Na profundidade de 10-20 cm, maiores valores de Al trocável foram verificados no PO. Os teores de CO não diferiram entre os pomares. O PO apresentou maiores valores de DMG e densidade do solo nas duas profundidades. Na profundidade de 10-20 cm, a macroporosidade foi maior no PC. Os maiores valores de coeficientes de taxa de discriminação paralela (TDP), quanto aos atributos químicos, foram do Cu (0-10 cm) e Ca (10-20 cm). Quanto aos atributos físicos, o DMG (0-10 cm) e microporosidade foram os melhores indicadores de qualidade física do solos, com base nos

valores de TDP. Estes atributos podem ser indicados para estudo de alterações provocadas pelos sistemas de produção de maçãs nos dois pomares avaliados.

**Palavras-chave:** *Malus domestica* (Borkh), sistemas de produção, química e física do solo, análise canônica discriminante.

**1.2 ABSTRACT: SOIL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES IN ROYAL GALA APPLE ORCHARDS UNDER CONVENTIONAL AND ORGANIC PRODUCTION SYSTEMS.**

The management and cultivation systems can modify soil quality and change its chemical and physical properties, with influences on the physiological aspects of the plants, as well as on yields and fruit quality. The objective was to evaluate the effects of organic and conventional management systems in apple orchards on soil physical and chemical properties. The experiment was carried out in São Joaquim, SC, Southern Brazil, in two apple orchards, conducted under conventional (Cv.) and organic (Or.) production systems, both established in 2001, with 'Royal Gala' grafted on M-9, on a humic Cambisol,. The soil chemical properties evaluated were water and  $\text{CaCl}_2$  pH, and the levels of P, K, Al, Ca, Mg, Cu and organic carbon. Soil physical properties were grain size analysis, aggregate stability, soil density, porosity and degree of flocculation. The results were submitted to the test of comparison of means and the canonical discriminant analysis (CDA) in order to identify chemical and physical properties that better explains the differences between the two production systems. The Cv. orchard presented higher levels of Ca, Na and water pH in the depth of 0-10 cm, in relation to the Or. system. The highest levels of total Cu were observed in the Or. than in Cv. in the two analyzed layers. In the depth of 10-20 cm higher contents of exchangeable Al were verified in the Or. The organic carbon did not differ between the orchards. The Or. presented higher values of geometric mean diameter (GMD) and soil density in the two layers. In the depth of 10-20 cm, the macroporosity was higher in Cv. The highest values of parallel discrimination ratio coefficients (DRC) related to chemical properties were for Cu (0-10 cm) and Ca (10-20 cm). For physical properties, GMD (0-10 cm) and microporosity were the best indicators of soil physical quality based on DRC values. Thus, these chemical and physical variables can be suitable to study alterations caused by apple production systems.

**Keywords:** *Malus domestica* (Borkh), production systems, soil chemistry, soil physics, canonical discriminant analysis.

### 1.3 INTRODUÇÃO

A fruticultura de clima temperado destaca-se entre as atividades agrícolas pelo desenvolvimento de práticas culturais intensivas, em que aspectos de solo têm relevante importância para a produtividade, lucratividade e longevidade dos pomares. O manejo do solo representa assim um fator chave para a garantia das condições básicas apropriadas ao desenvolvimento vegetativo e de frutos, notadamente pela disponibilidade de nutrientes, água e por aspectos físico-mecânico ligados ao crescimento e funcionamento do sistema radicular. No caso da fruticultura, são destacados os sistemas convencional e orgânico de produção, os quais diferem entre si em termos de insumos e práticas culturais utilizados.

A agricultura convencional tem um papel importante na melhoria da produtividade de alimentos. No entanto este sistema tem sido amplamente dependente de insumos químicos, gerando maiores impactos ambientais (REGANOLD, 2001). Neste sentido, a agricultura orgânica surge como uma alternativa para reduzir os efeitos negativos atribuídos à agricultura convencional (REGANOLD, 2001; ARAÚJO et al., 2008). Contudo, o sistema de produção orgânica ainda é recente em nosso país, havendo, portanto, poucas informações sobre seus benefícios quanto às alterações nos atributos químicos e físicos do solo (MALUCHE-BARETTA et al. 2007).

As alterações químicas do solo envolvem a perda de nutrientes por lixiviação, taxa de mineralização da matéria orgânica (MO), o que pode diminuir as cargas que poderiam reter os nutrientes (GIANELLO et al., 1995). As alterações físicas do solo causadas pelas práticas de manejo consistem na redução do diâmetro médio dos agregados (NUERNBERG et al., 1986), da estabilidade de agregados (OLIVEIRA et al., 2001) e da macroporosidade, e do aumento da microporosidade (CUNHA et al., 2001), bem como aumento da densidade do solo (ARAÚJO et al., 2007). Um outro indicador refere-se ao teor de metais pesados, devido as sucessivas aplicações de defensivos, em especial os cúpricos, muito utilizados para o controle de doenças na cultura da macieira (WANG et al., 2009).

O grande desafio dos estudos sobre sustentabilidade de sistemas de manejo do solo é com relação ao desenvolvimento de metodologias para avaliação da qualidade do solo e do ambiente sob a interferência do homem. Muitos indicadores são estudados quanto à possibilidade em refletir as alterações na qualidade do solo devido aos diferentes sistemas de manejo. Contudo, nenhum indicador individualmente conseguirá descrever e quantificar todos

os aspectos de qualidade do solo, pois existe uma relação entre todos os atributos (STENBERG, 1999; ALVES, 2007).

Métodos de análise univariadas são normalmente empregadas visando identificar diferenças nos atributos de qualidade do solo. Contudo, estas análises podem não ser eficientes quando se visa identificar atributos que melhor discriminam sistemas de manejo. Além disso, as análises univariadas não consideram o efeito conjunto de todos os atributos, ou seja, são avaliados individualmente, não permitindo obter diferenças consistentes entre sistemas. Neste sentido a análise canônica discriminante (ACD) pode ser uma ferramenta importante quando se busca identificar atributos que melhor discriminem grupos e/ou tratamentos, eliminando tempo e recursos gastos na avaliação de atributos que expressem baixa resposta (AMARANTE et al., 2005). A ACD transforma as variáveis originais em um número pequeno de variáveis compostas, denominadas funções canônicas discriminantes (FCDs). Elas consistem em pesos canônicos das variáveis originais, que fornecem informações sobre o poder de discriminação de cada uma delas. Valores absolutos, sinais canônicos e coeficientes padronizados são usados para classificar as variáveis em ordem de contribuição e caracterizar a função (CRUZ-CASTILHO, 1994).

Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos das práticas de manejo convencional e orgânico, em pomares de maçãs, nos atributos físicos e químicos do solo, por meio da utilização comparativa de métodos de análise estatística univariada e multivariada (ACD).

#### 1.4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na safra 2008-2009 no município de São Joaquim, SC, a uma altitude média de 1350 m. O município apresenta clima mesotérmico úmido (Cfb), segundo a classificação de Köppen, com verão brando. As chuvas são bem distribuídas durante todo o ano, com menor precipitação de dezembro a fevereiro, sendo o período de inverno aquele em que ocorrem os maiores índices de precipitação.

As áreas estudadas constituíram-se de um pomar de maçãs conduzidos sob o sistema convencional (PC) e um pomar conduzido sob o sistema orgânico (PO) de produção, com a cultivar 'Royal Gala' sobre o porta-enxerto M-9. Os dois pomares distam aproximadamente 1 km, de modo que os efeitos do microclima e do tipo de solo podem ser reduzidos. Ambos os pomares foram implantados no ano de 2001, e apresentam arranjo, densidade e sistema de

condução de plantas similares, e estão localizados em posição similar de toposequência, em terreno suavemente ondulado, como pode ser visualizado na Figura 1. Nas proximidades foi também amostrada uma área de campo nativo, visando servir como referência das condições de solo natural nesta região. Os solos são derivados de basalto e classificados como Cambissolo Húmico, segundo a Embrapa (2006), com freqüentes afloramentos de rochas. As áreas dos pomares eram constituídas originalmente de campos nativos do tipo ‘palha grossa’, com presença de espécies como *Araucaria angustifolia*. As espécies de plantas de cobertura encontradas nos dois pomares são cornichão (*Lotus corniculatus*), alfafa (*Medicago sativa*), trevo vermelho (*Trifolium pratense L*) e festuca (*Festuca petraea*).



Figura 1 - Vista do pomar convencional (A) e orgânico (B). São Joaquim-SC, safra 2008/2009.

Na implantação do PC foram utilizadas 40 ton  $ha^{-1}$  de calcário (dolomítico e calcítico, nas proporções de 2/3 e 1/3, respectivamente) para a correção da acidez do solo e incorporados na camada de 0-40 cm. Na implantação do pomar foi aplicado 300 g/ $m^2$  de superfosfato triplo, sendo a adubação de reposição feita com 50g de uréia/planta, no período da brotação, e 100g de KCl/planta, no mês de dezembro. Para o suprimento de cálcio foram realizadas 6 a 8 aplicações de cálcio quelatizado (7%) na floração, e pulverizações foliares com cloreto de cálcio (6 g/L) a partir de dezembro até a colheita. Não foram utilizados fungicidas e demais produtos à base do cobre. A quebra de dormência das plantas foi feita com cianamida hidrogenada (0,25%) + óleo mineral (2%).

Na correção da acidez do solo no PO foram aplicadas 10 ton  $ha^{-1}$  de calcário (dolomítico e calcítico, nas proporções de 1/3 e 2/3, respectivamente). Na implantação do

pomar foram aplicados 350 kg de fosfato/ha (60% solúvel e 40% natural) e 2 kg de cama de aves/planta. No ano de 2009, em que foi realizado este trabalho, foram realizadas 15 aplicações de calda sulfocálcica (1000 L/ha) na floração até a colheita e oito aplicações de calda bordalesa no período de dormência (760 L/ha). O manejo orgânico exclui a utilização de pesticidas e fertilizantes sintéticos, sendo baseado na adição de compostos orgânicos, controle biológico de pragas e doenças, rotação de culturas e outras práticas estabelecidas pela Instrução Normativa 007/99, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 1997).

Em cada pomar foram selecionadas aleatoriamente dez plantas, junto as quais foram coletadas amostras de solo, em fevereiro de 2009. Cada amostra foi composta por dez sub-amostras, coletadas com trado calador, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm na linha de plantio. Realizou-se também a amostragem de solo em uma área de campo nativo (CN) adjacente aos pomares estudados. Posteriormente, as amostras foram levadas ao Laboratório de Física do Solo, do Centro de Ciências Agroveterinárias, em Lages-SC, onde o solo foi seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm para avaliação de atributos químicos. Estes atributos consistiram nas determinações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio trocável (Al), potássio trocável (K), sódio (Na), P (extraível), pH em água, pH em  $\text{CaCl}_2$  e carbono orgânico total do solo (CO), segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). O Ca, Mg e Al ( $\text{Al}^{+3}$  trocável) foram extraídos com sais neutros ou soluções tamponadas, obtendo-se assim os teores trocáveis. Esses elementos foram extraídos da superfície de troca do solo, com KCl 1M, sendo os teores de Ca e Mg determinados em espectrofotômetro de absorção atômica. A quantificação do  $\text{Al}^{+3}$  se deu por titulação ácido-base. O K e o Na foram determinados por fotometria de chama. O P foi analisado por colorimetria. A acidez ativa do solo foi determinada com medição do pH em água na relação gravimétrica solo:água de 1:1. O CO foi determinado por titulometria após oxidação úmida com dicromato de potássio e ácido sulfúrico.

Adicionalmente, foram quantificados os teores totais de cobre (Cu) no solo, em amostras secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm. Posteriormente, as amostras foram maceradas em gral de ágata, passadas em peneira de 0,250 mm para determinação do teor semi-total de Cu. As amostras finamente moídas foram submetidas à abertura pelo método USEPA 3050B (USEPA, 1998). Foi utilizado 0,5 g da amostra finamente moída, digerida em 5 mL de  $\text{HNO}_3^-$  concentrado, em tubos mantidos em bloco digestor aberto, por 10 minutos, a  $95\pm5^\circ\text{C}$ . As amostras foram então resfriadas por 15 minutos, sendo novamente adicionados

5mL de  $\text{HNO}_3^-$ . Estas foram conduzidas ao bloco digestor para aquecimento a  $95\pm5^\circ\text{C}$  por mais 2 horas. Após este período as amostras foram resfriadas por 30 minutos, sendo adicionados 1 mL de água destilada e 1,5 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 30%. Após ceder a efervescência, foi adicionado mais 5 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , e as amostras foram levadas novamente ao bloco digestor por mais 2 horas a  $95\pm5^\circ\text{C}$ . Por fim, as amostras foram resfriadas e receberam 10 mL de HCl concentrado e 20 mL de água destilada, sendo aquecidas por 15 minutos a  $95\pm5^\circ\text{C}$ . As alíquotas foram resfriadas, filtradas e posteriormente foi realizada a determinação do Cu por espectrofotometria de absorção atômica

Os atributos físicos do solo foram determinados em amostras com estrutura indeformada, coletadas em fevereiro de 2009 com anéis metálicos com volume de  $190\text{ cm}^3$ , nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Os anéis foram acondicionados em latas lacradas e levadas ao laboratório para a determinação da porosidade total (PT), da macroporosidade, microporosidade e da densidade do solo (Ds). Torrões de solo foram coletados no entorno dos anéis para determinação da estabilidade de agregados em água, teores de areia, silte e argila total para o cálculo do grau de flocação (GF). Os anéis volumétricos foram saturados e submetido, seqüencialmente, à tensão de 6 kPa em mesa de tensão para determinação da PT, macroporosidade e microporosidade. As amostras foram secas em estufa a  $105^\circ\text{C}$  para determinar a massa de solo seco, obtendo-se assim a Ds.

A determinação da estabilidade de agregados em água foi realizada pelo método Kemper e Chepil (1965), sendo expressa pelo diâmetro médio geométrico (DMG). A análise granulométrica foi feita pelo método da pipeta conforme método proposto pela Embrapa (1997), usando hidróxido de sódio 1N, como dispersante.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de comparação de médias (Tukey;  $P<0,05$ ) utilizando-se o programa estatístico SAS, versão 6.12 (SAS Institute, 1990). Os dados foram também submetidos à análise canônica discriminante (ACD), visando identificar os atributos químicos e físicos mais relevantes, ou seja, aqueles que melhor discriminam as áreas em estudo. Como apenas dois tratamentos (correspondentes às áreas de PC e PO) foram estudados, apenas uma função discriminante canônica foi utilizada, já que o número máximo de funções canônicas discriminantes é dado pelo menor valor, calculado em função do número de grupos estudados menos 1, e do número de atributos avaliados menos 1 (AMARANTE et al., 2005). Por isso criou-se uma segunda função discriminante, com observações aleatórias, apenas para fins de representação gráfica. Conforme sugestão de

Amarante et al., (2006), o parâmetro adotado para avaliar o efeito da separação gerada pelos diferentes atributos estudados foi o coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP).

## 1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.5.1 Avaliação dos atributos químicos do solo

O pH em água apresentou efeito de manejo e de profundidade. Houve diminuição do pH com o aumento em profundidade, com exceção da área de campo nativo adjacente aos pomares, onde se observou aumento do pH ao longo do perfil (Tabela 1). As diferenças entre os sistemas se deram somente na camada de 0-10 cm, sendo que o PC apresentou em média pH em água de 7,2 e o PO 6,7. Isso se deve as maiores quantidades de calcário aplicadas no PC na sua implantação. Quando se analisa a camada de 10-20 cm observa-se que não houve diferença significativa entre os sistemas avaliados. Verifica-se ainda que os valores de pH se mantiveram altos, variando de 6,8 à 6,4 no PC e PO respectivamente (Tabela 1). Isso ocorre devido à incorporação do calcário as camadas mais profundas na implantação dos pomares, resultando numa distribuição mais homogênea do corretivo. Esses resultados corroboram com estudos realizados por outros autores que compararam pomares de macieiras nos dois sistemas de produção (GOH et al., 2001; MAFRA et al., 2006 e MERTZ et al., 2004; AMARANTE et al., 2008). Porém, outros como Reganold (1989) constataram maiores valores de pH em água em pomares conduzidos sob o sistema orgânico de produção. Outros, no entanto, não verificaram diferenças comparando os dois sistemas (GLOVER et al., 2000).

Quando se comparam os valores de pH em água obtidos nos pomares à uma área de CN adjacente, nota-se que os solos da região são ácidos, com valores de pH variando de 4,9 a 5,1 nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente (Tabela 1). Isso evidencia que este solo é ácido e necessita correção da acidez, a fim de criar condições ideais para o crescimento das plantas e absorção equilibrada de nutrientes. Devido à calagem há redução de elementos tóxicos como Al e Mn, maior disponibilidade de Ca e Mg e condições de pH para que outros nutrientes também possam ser suficientemente absorvidos. Além disso, o aumento do pH aumenta as cargas elétricas negativas do solo, importantes para retenção de íons, o que propicia a redução das perdas de nutrientes por lixiviação.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, em pomares de macieira conduzidos nos sistemas convencional (PC) e orgânico (PO) de produção, e área de campo nativo (CN), no município de São Joaquim -SC. Os valores representam a média de 10 repetições em cada pomar e na área de campo nativo.

Atributo	Pomar Convencional	Pomar Orgânico	Significância <sup>1</sup>	C.V. (%)	Campo Nativo
<b>0-10 cm</b>					
pH (água)	7,20	6,70	*	6,0	4,9
pH (CaCl <sub>2</sub> )	6,70	6,20	*	6,6	4,2
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,30	0,40	ns	66,4	5,0
Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	16,90	12,20	***	13,0	0,7
Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5,30	4,70	ns	20,2	1,3
P (mg kg <sup>-1</sup> )	24,90	44,00	*	46,8	1,2
K (mg kg <sup>-1</sup> )	269,10	347,50	ns	30,9	219,0
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	32,90	11,90	**	54,6	1,0
CO (mg kg <sup>-1</sup> )	46,70	49,60	ns	10,3	52,1
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	8,30	13,40	***	11,9	15,5
<b>10-20 cm</b>					
pH (água)	6,80	6,40	ns	8,3	5,1
pH (CaCl <sub>2</sub> )	6,20	5,70	*	5,9	4,3
Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-3</sup> )	0,20	0,60	***	44,1	6,6
Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	13,00	7,50	***	25,2	0,8
Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	4,90	3,70	*	28,3	0,8
P (mg kg <sup>-1</sup> )	18,20	17,60	ns	92,2	1,1
K (mg kg <sup>-1</sup> )	124,40	229,00	*	53,5	128,4
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	29,10	8,10	**	61,9	0,5
CO (mg kg <sup>-1</sup> )	32,70	34,30	ns	11,1	35,0
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	8,90	13,80	***	20,6	15,1

ns: não significativo. \*, \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,05, 0,01 e 0,001.

Diferenças significativas não foram observadas com relação aos teores de Al trocável nas camadas de 0 a 10 cm (Tabela 1). Os valores nesta profundidade se mantiveram baixos variando de 0,3 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> no PC à 0,4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> no PO. No entanto, na profundidade de 10-20 cm as concentrações variaram de 0,2 a 0,6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> no PC e PO, respectivamente, mostrando diferenças significativas entre os dois sistemas. A área de CN apresentou os valores mais elevados de Al variando de 5,0 a 6,6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm respectivamente, pois nesta área não houve a aplicação de corretivos da acidez do solo.

Kollmeier et al., (2000) afirmam que as restrições ao crescimento radicular impostas pelo excesso de Al são atribuídas à diminuição da mobilidade de auxinas a partir do ápice

radicular para as células periféricas e também pela formação de calosidades nos plasmodesmas, dificultando a absorção de nutrientes pela via simplástica. Quando o solo atinge valores de pH em água próximos a 5,5 ou maiores como é o caso dos pomares em estudo as formas tóxicas de Al deixam de existir na solução do solo e ocorre a precipitação do Al na forma de  $\text{Al(OH)}_3$ . Em valores bem mais altos, o Al passa a existir como  $\text{Al(OH)}_4^-$ , mas nesta forma ele não é tóxico as plantas (ERNANI, 2008). Os valores de Al trocável no solo tanto no PC quanto no PO foram baixos, sendo adequados para a cultura da maçã, muito exigente em nutrientes e corretivos.

Com relação ao Ca, verifica-se que houve diferenças significativas entre os sistemas de produção nas duas profundidades analisadas (Tabela 1). Nas duas profundidades (0-10 cm e 10-20 cm), os maiores valores de Ca ocorreram no PC. Neste, o teor de Ca na camada de 0-10 cm foi de  $16,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , enquanto o PO obteve teor de  $12,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , caracterizando uma das maiores diferenças entre os dois sistemas de manejo. Houve menor teor de Ca com o aumento na profundidade do solo em ambos os sistemas. O maior acúmulo de Ca nas camadas superficiais no PC em relação ao PO se deve à aplicação superficial de cal hidratada, proveniente de câmaras de frigoconservação. A cal é aplicada na projeção da copa das plantas numa dosagem de 200g/planta anualmente, isso soma-se a alta dose de calcário aplicada na implantação do pomar. Em pomares, como não há o revolvimento do solo, ocorre a estratificação do conteúdo de cátions trocáveis, com acúmulo nos primeiros centímetros superficiais, e a redução da concentração com o aumento da profundidade (CENTURION et al., 1985).

A área do CN é pobre em cátions, principalmente em relação ao Ca, cujos valores médios foram de 0,7 a  $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .

No estudo realizado por Mafra et al. (2006), os autores encontraram menores teores de Ca e Mg em solo de pomares de macieira orgânica comparados aos solos de pomares convencionais. De acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004), teores de Ca no solo acima de  $4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  são considerados altos, e como se pode verificar apenas o CN apresentou valor inferior. Tais resultados estão relacionados à calagem, efetuada na implantação do pomar, sendo uma prática fundamental, principalmente na cultura da maçã, pois baixas concentrações deste elemento estão associadas a distúrbios fisiológicos, como é o caso do “bitter pit” (NACHTIGALL et al., 2004).

Além do Ca, o Mg também apresentou maiores teores na profundidade de 0-10 cm, inclusive na área de CN (Tabela 1). Não houve diferença entre os sistemas de manejo para os

teores de Mg na profundidade de 0-10 cm (Tabela 1). Os valores de Mg variaram de 5,3 a 4,7 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> para os PC e PO, respectivamente. Na profundidade de 10-20cm, os teores de Mg foram maiores no PC (4,9 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) do que no PO (3,7 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>). O acúmulo de Mg nas camadas superficiais do solo, de forma similar ao Ca, é devido à maior CTC, à localização superficial de fertilizantes e corretivos e à mineralização dos resíduos das plantas de cobertura (BAYER e BERTOL, 1999). Estes elementos se ligam às cargas negativas das argilas e matéria orgânica, reduzindo a sua lixiviação. Também se observa que o teor de Mg é menor do que o teor de Ca, já que a perda por lixiviação do Mg é normalmente maior (BISSANI & TEDESCO, 1995), dependendo também da proporção de calcário calcítico e dolomítico aplicados. Todavia, esse comportamento não foi observado na área de CN, onde os valores médios de Mg foram de 1,3 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> na camada de 0-10 cm, e de 0,8 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> na camada de 10-20 cm. Blevins et al (1983) não verificaram acúmulo de Mg nas profundidades de 0-10 cm. O acúmulo irá depender da variedade, tipo de solo e principalmente na habilidade que certas espécies vegetais têm em formar ligantes orgânicos, que podem complexar o Ca ou Mg transportando-os ou não a maiores profundidades.

O teor de K foi maior na profundidade de 0-10 cm em ambos os pomares, com valores de 269,1 mg kg<sup>-1</sup> no PC e 347,5 mg kg<sup>-1</sup> no PO (Tabela 1). Os teores de K não diferiram entre os pomares, na profundidade de 0-10 cm, porém, foram maiores no PO, na profundidade de 10-20 cm (Tabela 1). A disponibilidade de K no solo depende do potencial do solo em liberar o elemento adsorvido na CTC da matéria orgânica e das adubações. A disponibilidade e absorção de K têm relações diretas com a nutrição de outros elementos. Um adequado suprimento de K pode amenizar os efeitos negativos de adubações nitrogenadas excessivas (BASSO e SUZUKI, 2006). A área de CN revela que os valores naturais de K nestes solos são bastante altos, em torno de 219 mg kg<sup>-1</sup> e 128,4 mg kg<sup>-1</sup>, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente. Esses resultados confirmam um levantamento realizado em pomares de maçã em Santa Catarina, por Basso e Suzuki, (2006), demonstrando que os solos em geral contêm teores bons a altos de K disponível, com valores superiores a 60mg kg<sup>-1</sup>.

Assim como os demais elementos analisados, o P apresentou maior concentração na profundidade de 0-10 cm, com maiores valores no PO (44 mg kg<sup>-1</sup>) do que no PC (24,9 mg kg<sup>-1</sup>). Na camada de 10-20 cm a concentração de P diminuiu drasticamente, principalmente no PO (Tabela 1). Os valores médios de P no CN mostram que os solos são muito pobres nesse ânion, com teores médios das duas profundidades de 1,15 mg kg<sup>-1</sup>.

Uma alternativa para se aumentar os teores de P na solução do solo é o aumento do pH. Nos solos analisados neste estudo, com exceção do CN, ambos apresentaram valores de pH neutros ou muito próximos à neutralidade, sendo de suma importância quando se visa além da correção da acidez, aumentar a disponibilidade de P às plantas.

A macieira se desenvolve relativamente bem em solos com baixa disponibilidade de P. São raros os trabalhos em que se obteve alguma resposta da macieira à adubação fosfatada. Isso tem sido explicado pela exigência moderada da cultura e pela extensão e capacidade de absorção do sistema radicular. Suzuki e Basso (2006), afirmam que adubação orgânica de um modo geral, tem possibilitado maior mobilidade de P em profundidade no perfil do solo, mesmo a partir das aplicações superficiais, quando comparada com a adubação química, devido à maior presença de ácidos húmicos e fúlvicos, os quais são formas mais móveis no solo. Porém, no presente estudo, isso não ocorreu, provavelmente devido à adubação fosfatada no PO, na sua maior parte (cerca de 60%), ter sido realizada com fosfato solúvel.

Os valores de Na foram maiores no PC do que no PO, nas duas profundidades (Tabela 1). Na camada de 0-10 cm encontram-se os maiores valores de Na, cerca de  $32,90 \text{ mg kg}^{-1}$  para o PC e  $11,9 \text{ mg kg}^{-1}$  para o PO. Os valores foram baixos nos dois pomares e na área de CN. Araújo et al. (2007), em um estudo realizado no Piauí comparando pomares orgânicos e convencionais de acerola, obtiveram maior salinidade no sistema orgânico. A concentração do íon Na na solução do solo tem reflexos importantes no manejo, pois este, como possui um maior raio hidratado em relação à maioria dos íons, aumenta a espessura da dupla camada elétrica difusa, o que favorece a dispersão das argilas (ALBUQUERQUE et al., 2003). Além disso, o Na é um íon retido fracamente nas partículas, visto que trata-se de um íon monovalente, sendo facilmente deslocado por cátions de maior valência quando em iguais valores (LUNARDI NETO et al., 2008).

Não houve diferença significativa nos teores de CO entre os pomares, nas duas profundidades avaliadas (Tabela 1). Os dois pomares apresentaram maiores valores de CO em relação ao CN, nas duas profundidades analisadas. Isso acontece devido à adição de resíduos orgânicos pela cultura e plantas de cobertura nos pomares. Além disso, a região de estudo caracteriza-se por temperaturas baixas e alta umidade, o que favorece a manutenção dos estoques de CO. Segundo Doran (1980), os resíduos orgânicos depositados no solo, após a decomposição, são essenciais no processo de adição de CO ao solo. Os sistemas conservacionistas afetam o teor de CO, principalmente nas camadas superficiais, onde os resíduos culturais se concentram. Ao longo do tempo, o aumento do CO é importante para a

sustentabilidade dos sistemas, já que a MOS tem grande influencia nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SPARLING, 1997).

Assim, devido à estreita relação que existe entre o teor de MOS e os demais atributos do solo, as possíveis variações nos seus conteúdos afetarão as condições consideradas satisfatórias para a produtividade das culturas (BAYER et al., 2000). A dinâmica da MOS é o resultado da interação entre os diversos fatores ambientais e as interferências antropogênicas.

Com relação aos teores de Cu total no solo, verifica-se que nos dois pomares e na área de CN os valores foram baixos (Tabela 1). É sabido que os pomares de maçã são submetidos a aplicações sucessivas de defensivos cúpricos para o controle de doenças, o que pode aumentar os teores de cobre (Cu) no solo, dependendo da freqüência de aplicação e idade do pomar. Existem poucos relatos na literatura de estudos sobre a quantificação dos teores de cobre em pomares de maçã. Sabe-se que, principalmente a agricultura orgânica, utiliza fungicidas à base de cobre, como a calda bordalesa.

Apesar dos teores de Cu terem sido baixos, diferenças significativas foram observadas entre o PC e PO, nas duas profundidades (Tabela 1). Os teores de Cu foram maiores no PO (13,4 e 13,7 mg kg<sup>-1</sup>, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente) do que no PC (8,3 e 8,9 mg kg<sup>-1</sup>, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente). Contudo, os valores em ambos os pomares foram menores do que os do CN. Nesta área, os valores foram de 15,5 mg kg<sup>-1</sup> e 15,1 mg kg<sup>-1</sup>, nas camadas de 0-10cm e 10-20 cm, respectivamente, revelando o baixo teor natural deste elemento. Os teores de Cu em solos não contaminados variam de 2 a 40 mg kg<sup>-1</sup> dependendo do material de origem, teor MOS e pH (MIRLEAN et al., 2009). Pelozato (2008) realizou um levantamento dos teores de metais pesados no Estado de Santa Catarina e observou que os teores de Cu em solos na região de São Joaquim ficaram em torno de 15 mg kg<sup>-1</sup>, corroborando com o estudo em questão. Além disso, solos formados a partir de rochas magmáticas básicas, como o basalto, possuem maiores teores de metais pesados em relação às demais rochas (CAMPOS et al., 2003).

Os valores encontrados situam-se bem abaixo dos observados por Casali et al. (2001) em um Neossolo Litólico, cultivado com videira, na Serra Gaúcha. Estes autores obtiveram valores de 506 mg kg<sup>-1</sup> de Cu total, nas profundidades de 0-5 cm. Li et al. (2005) obtiveram valores de Cu total de 90 mg kg<sup>-1</sup> e 210 mg kg<sup>-1</sup> na profundidade de 0-10 cm em pomares de maçã conduzidos no sistema orgânico, com 5 e 30 anos de idade respectivamente, devido à aplicações com calda bordalesa. Os autores realizaram extrações sucessivas e concluíram que existem correlações significativas entre os teores de Cu no solo e a idade dos pomares.

Uma porção significativa do Cu que atinge o solo, via pulverizações com fungicidas ou outros resíduos, permanece nas camadas mais superficiais, ligada principalmente a MOS, por complexos de esfera interna. A fração orgânica do solo compõe-se de grande variedade de compostos, como ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas, que possuem alta afinidade e seletividade com o Cu. Além disso, o Cu é um elemento que apresenta alta reatividade com os grupos funcionais contendo S e N, além dos grupos carboxílicos e fenólicos da MOS, o que lhe confere alta energia de ligação e baixa dessortividade. O alto grau de seletividade da MOS com o Cu é causado pela formação de complexos de esfera interna, também referido como adsorção específica. Porém, à medida que os sítios de ligação vão sendo saturados, uma quantidade maior de Cu é solubilizada e pode ser liberada para a solução do solo (CASALI et al., 2001).

O comportamento químico do Cu em solos é controlado por vários processos, incluindo troca de cátions, adsorção específica nas superfícies dos minerais de argila, MOS e precipitação. Reações de troca de cátions e complexação com a MOS são mais importantes em solos ácidos, sendo estes os processos que governam a disponibilidade do Cu no CN. Já nos solos dos pomares, as reações de adsorção específica e precipitação são os fatores que determinam a disponibilidade deste elemento (NASCIMENTO e FONTES, 2004), visto que são solos com pH próximos a alcalinidade.

### 1.5.2 Avaliação dos atributos físicos do solo

Os resultados dos atributos físicos nas áreas em estudo são apresentados na Tabela 2.

Os solos apresentaram em média  $435\text{g kg}^{-1}$ ,  $360\text{g kg}^{-1}$  e  $485\text{g kg}^{-1}$  de argila no PC, PO e CN respectivamente. Esses valores demonstram que todos os solos são argilosos.

Um dos atributos mais importantes para se avaliar a qualidade do solo é a sua estrutura. Um bom crescimento vegetal depende da presença de agregados com diâmetro entre 1 e 10 mm estáveis e que contenham grande quantidade de poros com mais de  $75\mu\text{m}$  de diâmetro (ALBUQUERQUE et al., 2003). Os valores de DMG, na profundidade de 0-10 cm, variaram de 4,6 mm no PC a 4,1 mm no PO (Tabela 2). Houve diferença significativa entre os dois sistemas de produção para o DMG na profundidade de 10-20 cm, sendo de 5,1mm no PC e de 5,8 mm para no PO.

Tabela 2 - Atributos físicos na camada de 0-10 cm e 10-20 cm, em pomares de macieira conduzidos nos sistemas convencional (PC) e orgânico (PO) de produção, e área de campo nativo (CN) no município de São Joaquim -SC. Os valores representam a média de 10 repetições em cada pomar e na área de campo nativo.

Atributo	Pomar Convencional	Pomar Orgânico	Significância <sup>1</sup>	C.V. (%)	Campo Nativo
<b>0-10 cm</b>					
DMG (mm)	4,60	4,10	***	13,9	4,60
MACRO( $m^3 m^{-3}$ )	0,12	0,10	*	46,3	0,10
MICRO ( $m^3 m^{-3}$ )	0,40	0,50	*	16,8	0,60
PT ( $m^3 m^{-3}$ )	0,60	0,60	ns	12,5	0,60
Ds ( $m^3 m^{-3}$ )	1,10	1,20	**	7,3	1,10
GF (%)	53,70	51,30	ns	28,4	78,70
<b>10-20 cm</b>					
DMG (mm)	5,10	5,80	**	18,3	5,40
MACRO( $m^3 m^{-3}$ )	0,10	0,08	*	56,6	0,09
MICRO ( $m^3 m^{-3}$ )	0,43	0,50	ns	21,2	0,50
PT ( $m^3 m^{-3}$ )	0,55	0,50	ns	15,0	0,60
Ds ( $m^3 m^{-3}$ )	1,70	1,20	ns	10,2	1,20
GF (%)	61,60	59,40	ns	29,1	81,60

ns: não significativo. \*, \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,05, 0,01 e 0,001.

A estabilidade da estrutura varia com as características intrínsecas do solo e com os sistemas de manejo e cultivo. O DMG indica o grau com que as partículas unitárias estão agregadas, podendo indicar o grau de susceptibilidade do solo à erosão hídrica (EAGASHIRA et al., 1983). A vegetação também exerce influência na manutenção dos agregados, pela ação das raízes e exsudação de compostos cimentantes. Deve-se ressaltar que os agregados maiores que 1 mm caracterizam solos com adequada qualidade estrutural para o desenvolvimento das culturas (ÂNGULO et al., 1984).

A alta estabilidade de agregados, representada pelos valores DMG observados nas duas profundidades, pode ser relacionada, em parte, aos altos valores de GF, que variaram de 51,7 a 53,1% na profundidade de 0-10 cm, e de 54,4 a 61,7% na de 10-20 cm (Tabela 2). Os valores de GF do solo são importantes indicadores do estado de agregação das partículas do solo, além de tornar possível uma melhor comparação entre solos de texturas diferentes, pois o cálculo toma como referência um índice entre o teor de argila dispersa e o teor total de argila de cada amostra. Outro fator que influencia decisivamente a estabilidade de um solo é o teor de MOS representado pelo CO. Os altos teores de CO aumentam a estabilidade dos agregados em água, devido à proteção contra impacto das gotas de chuva, bem como reduzem

a evaporação e servem como cimentante entre as partículas minerais (COSTA et al., 2004). O efeito positivo da MOS sobre a estabilidade dos agregados é uma das relações normalmente observadas em solos agrícolas sob diferentes sistemas de manejo (REICHERT, 1993). Frações lábeis da MOS normalmente têm maior influência sobre a agregação do solo, devido tratar-se de uma fonte mais facilmente assimilável de C e de energia pelos microorganismos heterotróficos (CHAN, 1997; COSTA et al., 2004) cujos compostos do metabolismo microbiano atuam na estabilização de macroagregados de solo (COSTA et al., 2004).

Os valores de macroporosidade do campo nativo estão condizentes com a densidade do solo, o que pode ser observado nas duas profundidades.

A calagem é uma prática necessária em solos ácidos. Nestas situações, após a aplicação de calcário algumas propriedades físicas do solo podem ser alteradas, como a dispersão da argila e a estabilidade de agregados, dependendo do tipo de solo e sistema de manejo adotado. Jorge et al. (1991) verificaram que a calagem aumentou o pH e reduziu o Al trocável, mas diminuiu a estabilidade de agregados. Já Albuquerque et al. (2003) observaram que a calagem não alterou a estabilidade de agregados, mas alterou a argila dispersa em água devido ao aumento do potencial elétrico superficial negativo. A região de estudo possui alta estabilidade natural, o que pode ser constatado pelos altos valores de DMG observados nas áreas de CN (5,36 mm e 5,39 mm, nas profundidades de 0-10 cm e 0-20 cm, respectivamente).

A Ds do solo foi baixa nos dois pomares (Tabela 2). Diferenças significativas na Ds só foram constatadas na profundidade de 0-10 cm, sendo os maiores valores observados no PO. Para solos de textura argilosa, classe textural do solo deste experimento, a Ds crítica situa-se entre 1,4 e 1,5 Mg m<sup>-3</sup> (REICHERT et al., 2003). Os valores observados nos dois pomares foram inferiores ao limite crítico, não apresentando restrições ao crescimento radicular. Werner (1997) avaliou características de qualidade do solo em um pomar em transição para o sistema orgânico e não observou diferenças significativas na Ds na linha de plantio bem como em profundidade.

Para uma adequada avaliação da Ds crítica, deve-se comparar os valores obtidos nas áreas em estudo com outros valores de áreas comprovadamente não compactadas, preferencialmente com mesmo tipo de solo e relevo. Por isso, realizou-se a determinação dos valores de Ds na área de CN, onde os valores variaram de 1,1 a 1,2 Mg m<sup>-3</sup> nas camadas de 0-10 e 10-20 cm respectivamente. Esses valores foram semelhantes aos valores obtidos nos pomares. Spera et al. (2004) e Anjos (1994) obtiveram menores valores de Ds nas áreas que

representavam a condição estrutural e original do solo, o que não foi observado neste trabalho. Este fato pode estar relacionado a uma menor compactação natural do solo aliado a alta quantidade de cobertura vegetal observada em ambos os pomares. Os materiais orgânicos podem atuar de duas formas na atenuação do processo de compactação ou seus efeitos. Quando na superfície do solo, dissipam parte da pressão exercida pelas rodas das máquinas e, ou, patas de animais (SILVA et al., 2000; BRAIDA et al., 2006) e, quando incorporados à MOS, aumentam sua elasticidade e resistência à compactação, bem como os limites de umidade em que ele pode ser trabalhado mecanicamente (SOANE, 1990; BRAIDA et al., 2006).

Os solos dos pomares apresentaram PT de  $0,57 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (0-10 cm) e  $0,55 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (10-20 cm), sem diferenças significativas. A área de CN apresentou os maiores valores de PT  $0,61 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $0,56 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm respectivamente. Isso ocorre visto que nesta área trata-se de um solo não cultivado. Segundo Reynolds et al. (2002), o valor médio de  $0,66 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para a PT corresponde ao valor ideal de qualidade física, e valores menores do que  $0,66 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  são indicativos de elevada retenção de água e, concomitantemente menor capacidade de aeração do solo constituindo-se numa limitação ao crescimento de raízes. Para um solo “ideal” de textura média, com estrutura adequada e boas condições para o crescimento de plantas, aproximadamente 50 % do volume é ocupado por poros e deste espaço poroso, metade é ocupada por ar e metade por água. A PT possui grande variação entre solos pelas mesmas razões que a Ds. A PT varia de 25 % em subsolos compactados a mais de 60 % em solos superficiais agregados e com alto teor de MO. O manejo do solo pode exercer influência decisiva na densidade e no espaço poroso do solo.

Quando se observaram os valores de macroporosidade, constata-se que apenas o PC apresentou valores acima de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  em ambas as profundidades. No PO, no entanto, na profundidade de 10-20 cm os valores de macroporosidade ficaram abaixo do limite crítico de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , o que indica que pode estar havendo comprometimento dos fluxos hídricos no solo, e que podem afetar o crescimento e desenvolvimento das raízes (HILLEL, 1998). Dessa forma, na área em questão a macroporosidade deve ser aumentada pela adição de MOS, com plantas de cobertura adaptadas à região como principal estratégia. O uso de plantas de cobertura para fins de proteção proporciona uma série de vantagens ao solo, como melhoramento da capacidade de infiltração, diminui a densidade, aumenta a porosidade total e a exploração de diferentes camadas de solo em profundidade pelas raízes das plantas (DERPSCH et al., 1991; AITA et al., 2001; SANTOS et al., 2001; ALTIERE, 2002). A área

de CN também apresentou valores de macroporosidade dentro do limite crítico em ambas as profundidades (Tabela 2). Deve-se salientar que o fluxo de gases e o movimento de água no solo estão intimamente relacionados ao volume de macroporos. Ou seja, a garantia da oxigenação radicular bem como a capacidade de infiltração e redistribuição de água no perfil dependem dessa propriedade.

A microporosidade apresentou menor amplitude de variação em relação à macroporosidade. Para este atributo só foram observadas diferenças significativas na camada de 0-10 cm, com maiores valores obtidos no PO ( $0,51 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) do que no PC ( $0,44 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

### 1.5.3 Análise Canônica Discriminante (ACD) dos atributos químicos e físicos do solo.

Conforme sugestão de Amarante et al. (2006), o parâmetro adotado para avaliar o efeito da separação gerada pelos atributos físicos e químicos do solo estudados foi o coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP). Dentre os atributos químicos do solo na profundidade de 0-10 cm, o Cu apresentou o maior valor de TDP (0,71) (Tabela 3). Portanto, dentre os atributos químicos do solo avaliados, o teor de Cu é o que melhor discrimina os dois pomares em estudo.

Quando se analisam os coeficientes de TDP na profundidade de 10-20 cm, verifica-se que o Ca passa a ser um melhor indicador de qualidade química do solo e também o atributo que melhor discrimina os dois pomares nesta profundidade (Tabela 3). A incorporação do calcário em maiores profundidades, na implantação dos pomares, proporciona ao Ca maior influência nas camadas mais profundas do solo, o que também foi verificado na análise univariada e em consequência este obteve maiores valores de TDP. Em um estudo realizado em pomares no município de Urupema-SC, Amarante et al. (2004) também utilizaram a ACD com o objetivo de designar atributos químicos responsáveis pela separação entre pomares. Neste estudo, o Ca apresentou-se como bom agente discriminante por apresentar altos valores de TDP, o que indica que este é um elemento chave quando se busca encontrar características distintas em sistemas de manejo.

É sabido que grande parte do cobre adicionado anualmente nas folhas de macieiras atinge o solo e permanece complexado na camada superficial ligado principalmente a MO (MERRY et al., 1983; DELUISA et al., 1996; FLORES-VELEZ et al., 1996; BRUN et al., 1998). Em solos com textura arenosa e elevada acidez, pode facilmente ocorrer a movimentação do Cu para as camadas mais profundas (ARIAS et al., 2004). Entretanto, como

os solos dos pomares em estudo são bastante argilosos, possuem pH elevado e grande quantidade de MO, este tende a ficar localizado nas camadas superficiais, principalmente na profundidade de 0-5 cm, pois trata-se do elemento com maior afinidade com a MOS, consequentemente esse atributo passa a ser mais importante quando se analisam as camadas mais superficiais (ARIAS et al., 2004).

Os valores encontrados para o TDP complementam os resultados obtidos na análise univariada realizada nas áreas estudadas, que mostrou diferenças nos teores de Ca e Cu (Tabelas 1 e 3) entre os sistemas convencional e orgânico, por efeito das práticas de manejo.

Tabela 3 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1 (FCD<sub>1</sub>), referente aos atributos químicos do solo, em pomares conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção. São Joaquim-SC, na safra 2008/2009. Média de 10 repetições para cada pomar.

ATTRIBUTO	0-10 cm	0-20 cm
	TDP	TDP
Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,33	0,56
Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,00	-0,22
K (mg kg <sup>-1</sup> )	-0,06	0,13
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	0,02	0,19
P (mg kg <sup>-1</sup> )	-0,01	0,00
Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,00	0,21
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	0,72	0,13

A exemplo do ocorrido para os atributos químicos, a ACD também permitiu definir funções canônicas que separam as áreas de acordo com os atributos físicos do solo. Através do teste de Wilk's Lambda pode-se afirmar que a FCD<sub>1</sub> contribui para separar as áreas estudadas de maneira significativa ( $p<0,0003$  na profundidade de 0-10 cm e  $p<0,0004$  na profundidade de 10-20 cm). A FCD<sub>1</sub> apresentou coeficientes de correlações canônicas de 0,87 e 0,88, para as profundidades de 10-20 cm e 0-10 cm, respectivamente, indicando alta correlação entre os atributos físicos e os sistemas de manejo.

Na profundidade de 0-10 cm, o DMG apresentou os maiores valores de TDP (0,58) (Tabela 4), mostrando maior contribuição deste atributo para diferenciar as áreas quanto aos atributos físicos do solo. A macroporosidade contribui para a separação entre áreas estudadas, porém em menor grau (valor de TDP igual a 0,23). A Ds apresentou baixos valores de TDP e, consequentemente, menor contribuição para a separação de áreas através do eixo canônico na FCD<sub>1</sub> (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1 (FCD<sub>1</sub>), referente aos atributos físicos do solo, em pomares conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção. São Joaquim-SC, na safra 2008/2009. Média de 10 repetições para cada pomar.

ATTRIBUTO	0-10 cm	0-20 cm
	TDP	TDP
DMG (mm)	0,58	0,23
MACRO( $m^3 m^{-3}$ )	0,23	-4,54
MICRO ( $m^3 m^{-3}$ )	-0,01	5,18
PT ( $m^3 m^{-3}$ )	0,01	0,12
Ds ( $m^3 m^{-3}$ )	0,16	-0,02
GF (%)	0,04	0,02

Na camada de 10-20 cm, o teste estatístico de Wilk's Lambda, indicou diferença altamente significativa ( $p<0,0005$ ) entre os pomares quanto aos atributos físicos. A FCD<sub>1</sub> apresenta correlação canônica de 0,88. Nesta profundidade, o maior valor de coeficiente de TDP foi do atributo microporosidade. Enquanto na camada de 0-10 cm a macroporosidade foi importante discriminante entre os pomares, na profundidade de 0-20 cm este atributo apresentou o valor negativo de TDP, indicando que este foi um atributo supressor na discriminação entre o PC e PO.

A representação gráfica entre os CCP das ACDs 1 e 2 mostra a nítida separação entre os pomares, em ambas as profundidades, para os atributos químicos (Figuras 2A e 2B).

Verifica-se, através da Figura 2, que tanto atributos químicos como atributos físicos, apresentam sensibilidade em separar às áreas de estudo. Para os atributos químicos, os teores de Ca e o Cu respondem pela maior diferença observada entre as áreas, logo são os atributos mais indicados para avaliar a qualidade do solo em um curto prazo. Contudo, os atributos físicos também são importantes para determinação da qualidade das práticas de manejo, estes irão indicar as mudanças na estrutura a longo prazo e seus efeitos nos processos de armazenagem de água e absorção de nutrientes, sendo um complemento ao estudo dos parâmetros químicos.

O estudo multivariado complementa neste caso, o estudo univariado dos pomares, pois mostra quais os atributos químicos e físicos que apresentam maior capacidade em detectar as diferenças no solo em sistemas orgânico e convencional de produção de maçãs.

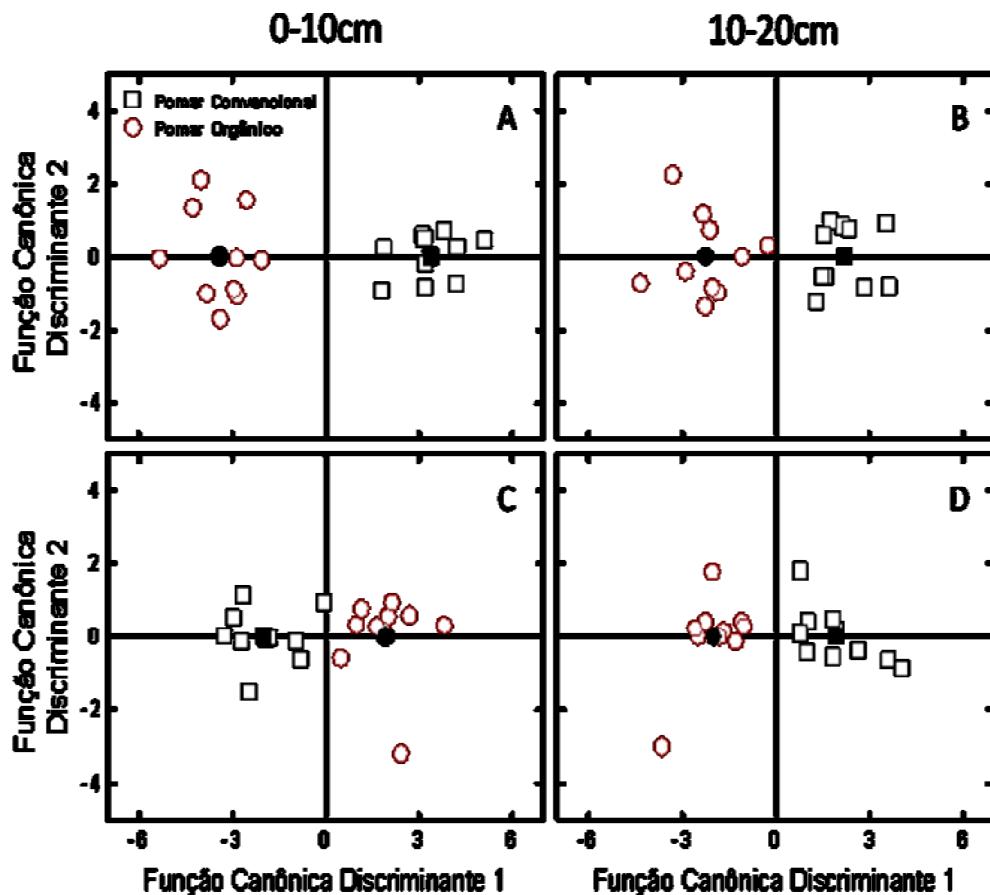


Figura 2 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP) da função canônica discriminante 1, em pomares de maçãs 'Royal Gala' conduzidos nos sistemas convencional e orgânico de produção, considerando todos os atributos químicos (A e B) e físicos (C e D), nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Foram utilizadas dez repetições em cada pomar para proceder a análise canônica discriminante dos dados. Como a análise permite apenas uma função canônica discriminante, uma segunda função discriminante foi criada com observações aleatórias  $[N(0,1)]$  apenas para fins de representação gráfica. Símbolo cheio representa o valor médio de CCP para cada pomar. São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.

## 1.6 CONCLUSÕES

- O pomar convencional apresentou maiores teores de cátions básicos com exceção do K e maior pH em água em relação ao pomar orgânico;
- O pomar orgânico apresentou menor macroporosidade que o pomar convencional nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm;
- O Cu e o Ca, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente, são os atributos químicos que melhor discriminam os dois sistemas de manejo;

- O DMG e a microporosidade, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente, são os atributos físicos que melhor discriminaram os dois sistemas de manejo.

## **CAPÍTULO II - RENDIMENTO E QUALIDADE DE MAÇÃS ‘ROYAL GALA’ CONDUZIDAS NOS SISTEMAS CONVENCIONAL E ORGÂNICO DE PRODUÇÃO.**

### **2.1 RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos sistemas de produção convencional e orgânico sobre o rendimento e a qualidade de maçãs ‘Royal Gala’. O experimento foi conduzido em dois pomares, implantados em 2001, com a cultivar ‘Royal Gala’, sobre portaenexerto M-9, em um Cambissolo Húmico. Dez plantas de cada pomar foram selecionadas aleatoriamente e avaliadas quanto à nutrição, floração, frutificação, produção e qualidade dos frutos durante a safra 2008/2009. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de comparação de médias e à análise canônica discriminante (ACD). O pomar orgânico (PO) apresentou maiores teores de Cu nas folhas e na casca e polpa dos frutos, menores teores de Ca nas folhas e polpa dos frutos, maiores valores nas relações K/Ca, Mg/Ca, N/Ca, K+Mg/Ca na polpa dos frutos, maior área foliar, menor frutificação efetiva, maior dano por mosca-das-frutas, menor incidência de sarna e menores rendimentos de frutos em relação ao pomar convencional (PC). Não foram observadas diferenças quanto ao teor de clorofila foliar e aos atributos de cor vermelha, índice de iodo-amido, número de sementes, firmeza de polpa, sólidos solúveis e acidez titulável dos frutos entre os pomares. A ACD indicou, como os melhores discriminantes entre os dois pomares, os teores de Ca na polpa e de Cu no tecido foliar, para os atributos nutricionais nas plantas, e a área foliar e o dano por mosca-das-frutas, para os atributos de rendimento e qualidade de frutos.

Palavras-chave: *Malus domestica*, nutrição mineral, análise canônica discriminante, qualidade pós-colheita.

## 2.2 ABSTRACT: YIELD AND QUALITY OF 'ROYAL GALA' APPLES CONDUCTED IN CONVENTIONAL AND ORGANIC PRODUCTION SYSTEMS.

The objective was to evaluate yield and fruit quality of apples conducted in conventional and organic production systems. The experiment was carried out in two orchards, established in 2001, with 'Royal Gala' grafted on M-9, on a humic Cambisol. Ten plants of each orchard were randomly selected and evaluated their nutrition, flowering, fruit set, yield, and fruit quality during the harvest 2008/2009. The results were submitted to the test of comparison of means and the canonical discriminant analysis (CDA). The organic orchard (Or.) presented higher levels of Cu in leaves and in the fruit peel and pulp, lower Ca levels in leaves and fruit pulp, higher values of K/Ca, Mg/Ca, N/Ca, K+Mg/Ca ratios in fruit pulp, higher leaf area, lower fruit set, higher damage for fruit fly, lower apple scab incidence and lower yields in relation to the conventional orchard (Cv). There were no differences in chlorophyll levels and red colour, starch iodine index, number of seeds, flesh firmness, soluble solids and titratable acidity of the fruits. CDA indicated that levels of Ca in the pulp and Cu in the leaf tissue, leaf area and damage for fruit fly were the best variables to discriminate the two orchards, considering nutrition, yield and fruit quality, respectively.

Keywords: *Malus domestica*, mineral nutrition, canonical discriminant analysis, postharvest quality

## 2.3 INTRODUÇÃO

Durante a última década a preocupação crescente dos consumidores em relação a alimentos saudáveis e seguros, juntamente com a proteção ambiental, enfatizou o papel das práticas agronômicas como um dos principais determinantes da qualidade dos alimentos e a proteção do ambiente (STOCKDALE et al., 2001; BOURN e PRESCOTT, 2002; ROUSSOS e GASPARATOS, 2009).

Tais características têm levado ao questionamento por parte de produtores e da sociedade quanto à sustentabilidade do sistema convencional de produção, principalmente por promover desequilíbrios ambientais e a contaminação das águas, pela presença de resíduos químicos em alimentos, degradação do solo e riscos à saúde dos trabalhadores que manuseiam os pesticidas (REGANOLD et al., 2001; AMARANTE et al., 2008). Acredita-se que o

sistema orgânico de produção satisfaça tais exigências, levando a menores impactos ambientais e maior valor nutritivo dos alimentos (GUERRA e CASQUEIRO, 2009).

Porém, o simples fato de um sistema de produção ser orgânico não garante a sua sustentabilidade. Para ser sustentável, o sistema deve apresentar rendimento adequado, ser lucrativo, proteger o meio ambiente, conservar recursos naturais e ser administrado de forma socialmente responsável (AMARANTE et al., 2008).

Alguns estudos comparando frutos de ameixa produzidos nos sistemas orgânico e convencional demonstram menor taxa de crescimento dos frutos no sistema orgânico (ROTH et al., 2007), devido aos espaços intercelulares reduzidos (ROTH et al., 2007). Isso irá depender do fornecimento de nutrientes, que influenciará também a qualidade pós-colheita dos frutos (HARKER et al., 1997; SAMS, 1999; ROTH et al., 2007). Outros, no entanto, relataram melhor qualidade de maçãs orgânicas do que as produzidas no sistema integrado e convencional (DeEll & PRANGE, REGANOLD et al., 2001; WEIBEL et al., 2004; PECK, 1992). Contudo, no Brasil ainda existem poucas pesquisas sobre este assunto, que relacionem os diferentes sistemas de manejo e sua influência na qualidade e produtividade de frutos. Isto é de suma importância, especialmente no caso da cultura da macieira, tendo em vista a sua grande importância na economia brasileira, em especial no estado de Santa Catarina.

Uma dificuldade encontrada em levantamentos e avaliações realizados em pomares já implantados refere-se às metodologias estatísticas empregadas para a comparação desses sistemas de produção. Os modelos estatísticos clássicos tornam-se menos sensíveis em detectar diferenças entre sistemas de manejo, por efeito conjunto de inúmeros fatores e características para promover as respostas ao manejo orgânico, necessitando do uso de ferramenta multivariada. Neste sentido, a análise canônica discriminante (ACD) pode ser uma ferramenta multivariada mais sensível que permite a identificação de diferenças existentes entre grupos e/ou tratamentos, permitindo uma compreensão melhor das relações existentes entre todos os atributos estudados e os grupos ou tratamentos (CRUZ-CASTILHO et al., 1994; AMARANTE et al., 2006). Por tais características, a análise multivariada torna-se eficaz em estudos do rendimento e qualidade de frutos, quando se pretende a identificação de atributos que sirvam para áreas de estudo, por inexistência de similaridade.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre o rendimento e a qualidade de frutos em maçãs da cultivar Royal Gala bem como identificar os atributos que melhor discriminam os dois sistemas através da ACD.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na safra 2008/2009, no município de São Joaquim- SC, a uma altitude média de 1350 m. O clima é mesotérmico úmido (Cfb), segundo a classificação de Köppen, com verão brando. As chuvas são bem distribuídas durante todo o ano, com menor precipitação de dezembro a fevereiro, sendo o período de inverno aquele em que ocorrem os maiores índices de precipitação. As áreas estudadas constituíram-se de um pomar de maçãs conduzidos sob o sistema convencional (PC) e um conduzido sob o sistema orgânico de produção (PO), com a cultivar 'Royal Gala' sobre o porta-enxerto M-9, ambos implantados no ano de 2001. Os pomares estão localizados próximos, distam aproximadamente 1 km, a fim de evitar qualquer influência pedoclimática sobre as possíveis diferenças detectadas. Os solos são argilosos, sem qualquer diferença significativa nos teores de areia, silte e argila. As características químicas do solo encontram-se no primeiro capítulo deste estudo. Foram selecionadas dez plantas em cada pomar, sendo que cada uma constitui-se numa repetição. Nestas plantas realizou-se avaliações quanto a nutrição, floração, frutificação, produção e qualidade de frutos.

No PC não foi realizado controle de plantas daninhas com herbicidas, sendo apenas realizadas duas roçadas ao ano, tal qual como acontece no PO. Para a superação de dormência no PC foi utilizado cianamida hidrogenada (0,25%) + óleo mineral (2%) em meados de outubro. Para controle de doenças foram utilizados fungicidas indicados para a cultura, porém nenhum à base de cobre.

No PO o raleio de frutos foi realizado no mesmo período do PC, porém de forma manual. O controle de doenças foi realizado com caldas a base de cobre como a calda bordalesa (0,5 a 1,0%) e a calda sulfocálcica (0,7%).

O desenvolvimento reprodutivo das macieiras foi avaliado pela contagem do número total esporões e brindilas em dois ramos laterais/planta, previamente selecionados. A frutificação efetiva foi avaliada nestes mesmos ramos, pela contagem do número total de frutos com diâmetro  $\geq$  1,0 cm, 30 dias após a plena floração, antes do raleio de frutos.

Para análise mineral do tecido foliar procedeu-se a coleta de 100 folhas, no terço médio de lançamentos do ano em cada planta selecionada, no dia 18 de janeiro de 2009. Realizou-se também amostragens de 20 folhas por repetição, coletadas no terço médio de lançamentos do ano, sendo as mesmas avaliadas em termos de teor total de clorofilas ( $\text{mg m}^{-2}$ ), através de leituras com o clorofilômetro SPAD-502), área foliar (com um integrador de área

foliar LI-COR modelo LI-3050A), massa seca (após as amostras atingirem massa constante, com o auxílio de uma balança analítica) e área específica ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) calculada pela divisão da área ( $\text{cm}^2$ ) pela massa seca (g) foliar.

A avaliação dos teores de Ca, Mg, K e N do tecido foliar foi realizada conforme método descrito por Tedesco et al. (1995). Os elementos K, Ca e Mg foram determinados por espectrofometria de absorção atômica, e seus teores expressos em  $\text{g kg}^{-1}$  de massa seca. A quantificação do N se deu pelo método semi-micro Kjehdahl e seus valores expressos em  $\text{g kg}^{-1}$  (TEDESCO et al., 1995).

Para a determinação dos teores de Cu no tecido foliar, 0,5 g de cada amostra finamente moída foram colocadas em tubo de digestão e em seguida submetidas à digestão nitro-perclórica, conforme método descrito por Malavolta et al. (1997), com posterior leitura em espectrofotômetro de absorção atômica.

Para a determinação do teor mineral dos frutos, utilizou-se 20 frutos por amostra. Estes foram lavados com água destilada, realizando-se a remoção de toda a casca da superfície, e da polpa logo abaixo da casca, numa espessura de 0,5 cm. Em seguida, polpa e a casca foram trituradas separadamente, com auxílio de um processador. Contudo, o procedimento realizado para a determinação dos teores de Ca na casca e polpa dos frutos não envolveu a utilização do fruto inteiro, como para os demais elementos (Mg, N e K). Para a determinação dos teores de Ca na casca e polpa foi amostrada somente a parte distal (região do cálice) dos frutos.

Os resultados obtidos foram submetidos à ANOVA e ao teste de comparação de médias (Tukey;  $P<0,05$ ) e à ACD, utilizando-se o programa estatístico SAS, versão 6.12 (SAS Institute, 1990). A ACD foi realizada visando identificar os atributos de nutrição, rendimento e qualidade de frutos mais relevantes para a separação dos sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. Como apenas dois tratamentos (correspondentes às áreas de PC e PO) foram estudados, apenas uma função discriminante canônica foi utilizada, já que o número máximo de funções canônicas discriminantes é dado pelo menor valor, calculado em função do número de grupos estudados menos 1, e do número de atributos avaliados menos 1 (AMARANTE et al., 2005). Por isso criou-se uma segunda função discriminante, com observações aleatórias, apenas para fins de representação gráfica. Conforme sugestão de Amarante et al., (2006), o parâmetro adotado para avaliar o efeito da separação gerada pelos diferentes atributos estudados foi o coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP). O coeficiente da TDP é obtido por meio do produto entre valores dos coeficientes canônicos

padronizados (CCP) e os valores dos coeficientes de correlação canônica (r) (AMARANTE et al., 2006).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dois pomares apresentaram diferenças significativas para a maioria dos nutrientes analisados nos diferentes tecidos (Tabela 5). No entanto, em ambos os pomares o que se observa é um desbalanço nutricional entre Mg e K no tecido foliar. Os teores de Mg ficaram abaixo dos níveis considerados normais para a cultura da macieira, apesar dos solos apresentarem bom suprimento destes nutrientes. Segundo Basso e Suzuki (2006), no período de janeiro a fevereiro (período no qual foi realizada a coleta de folhas), os teores foliares de Mg devem ser de 2,5-4,5 g kg<sup>-1</sup>. A deficiência de Mg pode ser devido aos altos teores de K encontrados no tecido foliar (Tabela 5), o que inibe absorção de Mg, pois ambos utilizam os mesmos sítios de absorção, e aquele que estiver em maiores concentrações na solução do solo será absorvido em maiores quantidades (ANDREOTTI et al., 2000). Esses resultados corroboram com estudos realizados por Basso e Suzuki (2006) que verificaram elevada freqüência de pomares macieiras em Santa Catarina com deficiência de Mg no tecido foliar.

Na literatura, quando comparados os teores minerais nas folhas em pomares conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção, são relatados maiores teores de N em pomares convencionais (PECK, 2006; AMARANTE et al., 2008). Contudo, neste estudo não houve diferenças significativas quanto aos teores de N entre os pomares. Porém, os teores foliares de N observados estão dentro da faixa normal para o suprimento da cultura, que é de 20-24 g kg<sup>-1</sup> (BASSO e SUZUKI, 2006). Isso é atribuído aos altos teores de carbono orgânico do solo nos pomares (próximo a 50 g kg<sup>-1</sup>). A matéria orgânica do solo é uma das principais fontes de N para as plantas (ERNANI, 2008). Além disso, o pH elevado dos pomares e as condições de clima da região em estudo favorecem a mineralização da MOS e, em consequência, a liberação de N. Ernani et al. (1997) relatam que para as condições do Sul do Brasil, a atividade de microorganismos e das plantas somente é paralisada por completo durante a fase mais fria do inverno, diferente de outras regiões de clima temperado no mundo, onde já é paralisada no início do outono. Por isso, as diferenças são menos evidentes ou não ocorrem quanto aos valores de N nas folhas entre sistemas de condução de macieiras.

Tabela 5 - Atributos minerais em folhas ( $\text{g kg}^{-1}$  de massa seca) e frutos (casca e polpa, em  $\text{g kg}^{-1}$  de massa fresca) da cultivar 'Royal Gala', em pomares conduzidos nos sistemas convencional e orgânico de produção, em São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.

Mineral	Pomar Convencional	Pomar Orgânico	Significância <sup>1</sup>	C.V. (%)
<b>Folha (<math>\text{g kg}^{-1}</math>)</b>				
Ca	13,90	10,90	***	13,0
K	20,90	22,00	ns	9,5
Mg	1,60	1,50	ns	10,0
N	22,30	22,10	ns	8,2
Cu ( $\text{mg/kg}^{-1}$ )	1,02	78,20	***	39,2
<b>Polpa do fruto (<math>\text{mg kg}^{-1}</math>)</b>				
Ca	86,60	63,20	***	11,6
K	1935,00	2777,00	***	16,1
Mg	10,70	12,30	ns	17,4
N	195,50	287,80	*	31,6
Cu	1,70	4,90	***	30,8
K/Ca	22,40	44,90	***	20,8
Mg/Ca	0,12	0,20	***	26,8
N/Ca	2,20	4,60	***	36,5
(K+Mg)/Ca	22,60	45,10	***	20,7
<b>Casca do fruto (<math>\text{mg kg}^{-1}</math>)</b>				
Ca	152,70	151,90	ns	11,6
K	2043,00	1608,00	*	24,9
Mg	26,50	14,70	**	38,5
N	876,00	788,00	ns	26,1
Cu	3,20	7,60	***	39,2
K/Ca	13,50	11,70	ns	36,1
Mg/Ca	0,17	0,09	***	29,7
N/Ca	5,80	5,80	ns	38,1
(K+Mg)/Ca	13,60	11,80	ns	35,8

ns: não significativo. \*, \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,05, 0,01 e 0,001.

O PC apresentou maiores teores de Ca na folha em relação ao PO (Tabela 5), confirmando resultados reportados por outros autores (AMARANTE et al., 2008; HOLB e NAGY, 2009). Apesar do PO apresentar teores adequados de Ca no solo, no tecido foliar os teores ficaram abaixo dos níveis considerados normais para a cultura da macieira, que são de 11-17  $\text{g kg}^{-1}$  (BASSO e SUZUKI, 2006). Entretanto, apesar dos baixos valores de Ca no tecido foliar do PO, isso não se refletiu em níveis que pudessem restringir o adequado suprimento deste elemento aos frutos. Segundo Saure (2005) os valores de Ca na polpa fresca de maçãs devem estar na faixa de 40 a 60  $\text{mg kg}^{-1}$  a fim de evitar distúrbios fisiológicos. No tecido da casca não foram constatadas diferenças significativas entre os frutos dos dois

pomares para o Ca (Tabela 5). Os resultados obtidos para os teores de Ca no tecido foliar foram contrastantes em relação aos obtidos nos frutos. Segundo Nava (2007) e Epstein e Bloom (2006), para elementos que não são móveis no floema, a análise foliar pode não informar o estado nutricional de outros órgãos. Nesta situação a combinação de uso de análises de folha e de fruto pode ser mais eficiente na predição da qualidade de frutos do que o uso de ambas isoladamente (FALLAHI et al., 1985).

Os teores de macro e micronutrientes tem forte efeito na qualidade dos frutos e também influenciam nas características de pós-colheita. Todavia, o teor de Ca nos frutos, e suas relações com outros nutrientes (relações K/Ca, N/Ca, Mg/Ca e K+Mg/Ca), é de suma importância na preservação da qualidade dos frutos (Amarante et al., 2006). Os teores de Ca e N tem efeitos pronunciados sobre a qualidade de frutos e na firmeza em particular (JÖHNSTON et al., 2002; AMARANTE et al., 2008). CASERO et al. (2004) observaram correlação positiva dos teores de Ca com a firmeza de polpa, e negativa com a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis.

No tecido da polpa, os frutos do PO apresentaram maiores concentrações de N e K e menores concentrações de Ca, o que ocasionou maiores valores das relações K/Ca, Mg/Ca, N/Ca e (K+Mg)/Ca, em relação ao PC (Tabela 5). Segundo Dilmaghani et al. (2004), há uma correlação negativa entre firmeza de polpa e a relação K/Ca. Os autores sugerem uma relação  $K/Ca = 25$  para melhor preservação pós-colheita da firmeza de polpa nos frutos. Assim como a relação K/Ca, a relação N/Ca também influencia na firmeza, pois aumenta o tamanho de frutos, diluindo os teores de Ca, além de diminuir cor e aumentar a ocorrência de doenças pós-colheita (NAVA, 2007).

Na casca dos frutos, de todas as relações nutricionais estudadas, só houve diferenças significativas quanto a relação Mg/Ca, que foi maior em frutos do PC, possivelmente devido aos maiores teores de Mg e o menor teor de Ca (Tabela 5).

Não foram encontradas diferenças significativas entre os frutos dos dois pomares com relação aos teores de SS e AT (Tabela 6), o que também tem sido relatado por outros autores (LOMBARDI-BOCCI et al., 2004; ROUSSOS e GASPARATOS, 2009). Além disso, os frutos de ambos os sistemas de produção apresentaram grau de maturação semelhante na colheita, revelado pelo índice de iodo-amido, pela coloração vermelha de casca e acidez titulável (Tabela 6). A intensidade de cor de frutos, principalmente cor vermelha, é influenciada pela incidência e intensidade de raios solares (COELHO et al., 2008). A macieira é uma espécie que exige alta densidade de fluxo radiante, principalmente na fase de

maturação, pois a luz solar promove a síntese de antocianinas, tornando os frutos mais vermelhos (SANTOS et al., 2007).

A aparência de frutos é um fator de suma importância que regula a escolha de frutos pois, a maioria dos consumidores, seja no mercado interno ou externo, prefere frutos de maçã com coloração de casca vermelha intensa, pois a mesma é associada a maiores teores de açúcares e a frutas saudáveis (LAYNE et al., 2002).

Com relação à severidade de ‘russetting’ observa-se que foi baixa nos dois sistemas de manejo, não ocorrendo diferença significativa entre os mesmos (Tabela 6). O principal inconveniente deste distúrbio é a depreciação da aparência do fruto. Camilo e Denardi (2006) consideram a causa primária da ocorrência de “russetting” fatores externos à planta, que levam à formação de fendas na cutícula que envolve o fruto, expondo as células que ficam logo abaixo desta camada. Sob condições de alta umidade relativa, aquelas células sofrem danos, e a consequente reação protetora da planta é isolar as áreas danificadas pela formação deste tecido de cortiça.

Além de ‘russetting’ a queimadura de sol em frutos provoca importantes perdas econômicas (FELICETTI e SCHARDER, 2009). A queimadura de sol é causada pela ação simultânea de luz e calor. Felicetti e Scharder (2009) identificaram dois tipos de queimadura de sol. A mais severa causa a morte das células epidérmicas, quando a temperatura do fruto atinge 52°C. E um segundo tipo (o qual foi observado nos frutos dos pomares) o qual causa manchas bronze amareladas devido à foto-oxidação das células epidérmicas. Diferenças significativas foram observadas nos frutos dos dois pomares quanto a dano por queimadura de sol. Os frutos do PC apresentaram maior incidência de queimadura de sol em relação ao PO. Apesar dos dois pomares apresentarem o mesmo sistema de condução de plantas, no PC foi realizado o arqueamento horizontal de ramos, a fim de otimizar a interceptação de luz e a máxima eficiência na frutificação. Contudo esta técnica expõe os frutos à maior intensidade luminosa aumentando a temperatura da superfície dos frutos, o que pode causar maior incidência de queimadura de sol.

Nos três tecidos avaliados (folhas e casca e polpa de frutos), houve diferenças altamente significativas quanto ao Cu, sendo os maiores teores encontrados no PO (Tabela 5). No tecido foliar do PO observa-se que os teores estão bem acima da faixa considerada normal à cultura, que varia de 5 a 30 mg kg<sup>-1</sup>, apesar dos baixos teores encontrados no solo. Isso indica que os altos teores de Cu encontrados no tecido foliar do PO está relacionado as pulverizações de fungicidas cúpricos, como a calda bordalesa. O excesso de Cu nas células da

parte aérea das plantas afeta importantes processos, como, por exemplo, o transporte de elétrons na fotossíntese (YRUELA, 2005). De acordo com Mantovani (2009), o excesso de Cu nas folhas pode inferir sobre vários processos fisiológicos, causando estresse oxidativo, por meio da geração de espécies reativas de oxigênio, como, O<sub>2</sub> siglete, superóxido e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Contudo, apesar dos altos teores de Cu encontrados não foram observados sintomas de fitotoxicidez nas folhas do PO. A avaliação da fitotoxicidade de Cu em plantas é muito difícil, pois trata-se de um elemento que acumula-se nas raízes, danificando primeiramente esta parte da planta, que não é diretamente visível (McBRIDE, 2001). Como a macieira é uma espécie caducifólia, o período que o Cu permanece no tecido foliar é curto, o que pode diminuir os riscos de toxidez as plantas. Além disso, em condições de toxidez, podem ser ativados alguns mecanismos protetores, como o aumento da atividade de enzimas antioxidantes, dentre as quais, a catalase e a superóxido dismutase, que aumentam a tolerância ao estresse oxidativo (SALISBURG e ROSS, 1992). Adicionalmente, a absorção de Cu pela superfície das folhas também pode estar sendo restrita, devido à presença de ceras na cutícula. Os cátions podem ficar retidos na cutícula foliar pelas cargas negativas das pectinas, cutinas e ceras, o que acaba restringindo a absorção, sendo um dos possíveis motivos pela inexistência de toxidez de Cu nas folhas (KERBAUY, 2008). Os altos teores de Cu verificados no tecido foliar do PO, não se refletiram em altos teores na casca e polpa dos frutos, sendo que estes estavam dentro da faixa aceitável para consumo, uma vez que a ingestão máxima diária de Cu permitida para um adulto é de cerca de 3 mg dia<sup>-1</sup> (ANVISA, 1998).

Tabela 6 - Qualidade dos frutos em maçãs 'Royal Gala', na colheita comercial, em pomares conduzidos nos sistemas convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.

Atributos de qualidade de frutos	Pomar Convencional	Pomar Orgânico	Significância <sup>1</sup>	C.V. (%)
Firmeza de polpa (N)	83,00	85,50	ns	3,2
Sólidos solúveis (°Brix)	11,50	10,20	ns	18,7
Índice de iodo-amido (1-5)	3,30	3,60	ns	17,1
Acidez titulável (%)	0,45	0,45	ns	10,5
Cor vermelha (%)	72,00	77,70	ns	12,3
Queimadura de sol (%)	7,30	1,20	*	15,1
Incidência de sarna (%)	69,50	14,70	***	36,0
Severidade de 'russetting'(cm <sup>2</sup> fruto <sup>-1</sup> )	4,70	3,40	ns	36,9
Dano por mosca-das-frutas (%)	0,00	69,30	***	69,6

ns: não significativo. \*; \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,05, 0,01 e 0,001.

Estudos recentes, comparando pomares de maçã conduzidos nos sistemas orgânico a convencional, mostram que a utilização de fungicidas como a calda sulfocálcica em PO

reduziu o teor de clorofila, área foliar e área foliar específica, o que acarreta em menores produtividades (AMARANTE et al., 2008). Isso não foi observado no PO em estudo, para as variáveis área foliar específica e teor de clorofila (Tabela 7). O PO recebeu 17 pulverizações com calda sulfocálcica para controle da sarna da macieira. AMARANTE et al. (2008) observaram que com 15 aplicações de calda sulfocálcica houve redução na área foliar em PO. Ao contrário do observado pelos autores, o PO apresentou maior área foliar em relação ao PC. Uma das causas para essa diferença está relacionada ao arqueamento horizontal realizado no PC, o qual não foi efetuado no PO o que gerou maior sombreamento. Devido ao sombreamento as plantas investem na produção de folhas adaptadas a uma condição de menor luminosidade, ou seja, pelo aumento da área e redução na espessura foliar, buscando uma maior eficiência fotossintética.

A frutificação efetiva foi maior no PC, apesar de não haver diferenças significativas quanto ao número de estruturas de frutificação (brindilas) entre os pomares (Tabela 7). A maior brotação e frutificação se deu em brindilas. O menor rendimento de frutos do PO não parece estar relacionado à deficiência de polinização, visto que não houve diferenças significativas entre os pomares quanto ao número de sementes encontrados nos frutos. Além disso, no ano de 2008 o número de horas frio foi de 900 horas (EPAGRI, 2008), não sendo um fator limitante na superação de dormência, especialmente no PO, que não utiliza tratamento químico para este fim.

Tabela 7 - Teor total de clorofila, área e área específica nas folhas, floração, frutificação e produtividade de macieiras 'Royal Gala', em pomares conduzidos nos sistemas de produção convencional e orgânico, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.

Attribute	Pomar Convencional	Pomar Orgânico	Significância <sup>1</sup>	C.V. (%)
Teor total de clorofila foliar ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )	20,30	19,80	ns	5,30
Área foliar média ( $\text{cm}^2$ )	22,60	32,30	***	9,30
Área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )	99,00	105,90	ns	8,30
Número de brindilas NCSTR <sup>(1)</sup>	0,57	0,80	ns	45,30
Número de esporões NCSTR	3,00	3,30	ns	31,20
Brindilas frutificadas NCSTR	2,50	0,20	***	59,00
Esporões frutificados NCSTR	1,70	0,60	**	64,80
Produção de frutos NFCSTR <sup>(2)</sup>	2,70	0,60	***	49,00
Peso médio de frutos (g)	83,00	106,00	**	15,70

<sup>1</sup>NCSTR: número/cm<sup>2</sup> de secção transversal de ramo; <sup>2</sup>NFCSTR: número de frutos/cm<sup>2</sup> de secção transversal de ramo. ns: não significativo. \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,01 e 0,001.

Os menores rendimentos do PO se deram principalmente devido a alta infestação e danos nos frutos pela mosca-das-frutas (*Anastrepha fraterculus*) (Tabela 6).

Durante seu ciclo vital, a mosca-das-frutas é afetada por inúmeros fatores bióticos e abióticos. A disponibilidade de hospedeiros primários e secundários e a densidade populacional são importantes fatores bióticos que influenciam na dinâmica populacional de diversas espécies de mosca-das-frutas (NASCIMENTO et al., 1982; TEIXEIRA, 2009). Os hospedeiros têm papel primordial na diversificação de insetos fitófagos, visto que estes insetos, principalmente os generalistas, como é o caso da *A. fraterculus*, apresentam uma variedade muito grande de espécies vegetais, tanto nativas quanto exóticas, que são consideradas hospedeiras (SELIVON, 2000). O PO situa-se próximo a outros pomares de macieiras conduzidos no sistema integrado e convencional. Por isso, quando realizado a aplicação de controle químico nestes pomares, estes insetos se dispersam na ausência de hospedeiros e tendem a invadir novas áreas (CARVALHO, 2005), possivelmente migrando para o PO. Em casos de ataque intenso, como no PO, ocorre a queda prematura de frutos, ocasionando menores rendimentos (BASSO e SUZUKI, 2006).

Enquanto no PO os maiores problemas foram observados quanto aos danos causados pela mosca-das-frutas, no PC os maiores problemas se deram quanto a incidência de sarna da macieira (*Venturia inaequalis*) (Tabela 6). Cesa et al. (2006), em estudos realizados no município de Urupema-SC, verificaram maior incidência e severidade da sarna em pomar orgânico do que em pomar convencional, diferindo do estudo em questão. Contudo, neste estudo não foi quantificada a severidade, o qual poderia melhor inferir sobre os danos da sarna da macieira, visto que se trata de um método quantitativo e qualitativo, o que permite avaliar a porcentagem de tecido com dano aos diferentes tecidos.

Pragas e patógenos podem reduzir significativamente a produtividade, qualidade de frutos, diminuindo os preços pagos aos frutos orgânicos (DeEll & PRANGE, 1993; CESA et al., 2006). A principal desvantagem do PO se deu devido aos baixos rendimentos obtidos, mas talvez um maior valor pago ao produtor de maçãs orgânicas poderia compensar o menor rendimento de frutos (REMBIALKOWSKA, 2007).

AMARANTE et al. (2008) ressaltam que alternativas para o controle de pragas e doenças constituem-se num fator chave para que o sistema orgânico alcance retornos semelhantes ao sistema convencional de produção. Práticas culturais que diminuam o inóculo primário, como a eliminação de restos culturais, bem como a utilização de cultivares resistentes e adaptadas à região (como é o caso da cultivar Catarina) tem se mostrado como alternativas eficientes no controle da sarna da macieira (BONETI et al., 2006). Outras, como o ensacamento de frutos, tem mostrado resultados satisfatórios para a proteção contra danos

por mosca-das-frutas e mariposa oriental (*Grapholita molesta*) (SANTOS e WANER, 2006; TEIXEIRA, 2009).

A análise canônica discriminante (ACD) através do teste estatístico de Wilk's Lambda mostrou haver diferenças altamente significativas ( $p<0,0001$ ) com relação à nutrição das macieiras dos dois pomares. Dentre os atributos de nutrição, o Ca na polpa dos frutos apresentou o maior coeficiente de TDP (0,43) seguido do Cu na casca dos frutos (0,23) (Tabela 8). Isso indica que, de todos os atributos avaliados referentes à nutrição nos frutos, o Ca na polpa é o que melhor discrimina o PC do PO.

Tabela 8 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente as análises dos nutrientes na casca e polpa, em macieiras 'Royal Gala' conduzidas nos sistemas convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.

Atributo	Casca	Polpa
<b>Cu</b>	0,23	-0,01
<b>Ca</b>	0,00	0,43
<b>Mg</b>	0,10	0,08
<b>K</b>	0,09	0,08
<b>N</b>	-0,02	0,02

No tecido foliar, no entanto, os maiores coeficientes de TDP foram encontrados para o Cu (Tabela 9). O alto coeficiente de TDP do Cu (0,94) indica que este é um atributo com ótima capacidade para discriminar os pomares, confirmando os resultados da análise univariada.

Tabela 9 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente as análises dos nutrientes no tecido foliar, em macieiras 'Royal Gala' conduzidas nos sistemas convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.

Atributo	TDP
<b>Cu</b>	0,94
<b>Ca</b>	0,12
<b>Mg</b>	0,00
<b>K</b>	-0,07
<b>N</b>	0,00

A representação gráfica dos coeficientes canônicos padronizados (CCP) ao longo da função canônica discriminante 1 mostra a nítida separação entre os pomares quanto aos atributos nutricionais avaliados em frutos (Figura 3A) e folhas (Figura 3B).

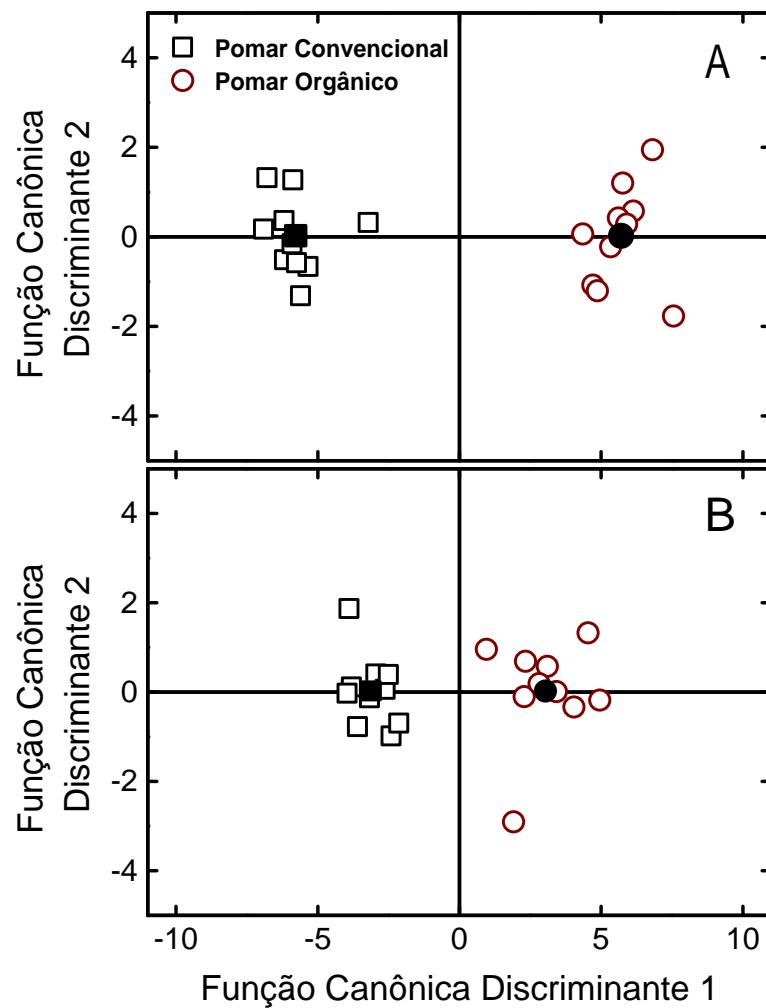


Figura 3 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP) da função canônica discriminante 1, em pomares de macieiras 'Royal Gala' conduzidas nos sistemas convencional e orgânico de produção, considerando todos os atributos nutricionais no tecido da casca e polpa de frutos (A) e no tecido foliar (B). Como a análise permite apenas uma função canônica discriminante, uma segunda função discriminante foi criada com observações aleatórias [N(0,1)] apenas para fins de representação gráfica. Símbolo cheio representa o valor médio de CCP para cada pomar. São Joaquim-SC, 2009.

A ACD permitiu inferir sobre os atributos relacionados ao rendimento e qualidade de frutos. O teste Wilk's Lambda mostrou haver diferenças altamente significativas entre os dois pomares quanto a rendimento e qualidade de frutos ( $p < 0,0001$ ).

Para a ACD dos atributos relacionados ao rendimento, a área foliar, seguida do número de brindilas frutificadas/cm<sup>2</sup> de secção transversal de ramo, apresentaram maiores coeficientes de TDP (0,45 e 0,35, respectivamente) (Tabela 10).

Tabela 10 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente as análises de rendimento em macieiras 'Royal Gala' conduzidas no sistema convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.

<b>Atributo</b>	<b>TDP</b>
Área foliar média	-0,04
Área foliar específica	0,02
Teor total de clorofila	0,05
Número de brindilas NCSTR <sup>(1)</sup>	0,00
Número de esporões NCSTR	0,35
Brindilas frutificadas NCSTR	0,00
Esporões frutificados NCSTR	0,00
Produção de frutos NFCSTR <sup>(2)</sup>	0,01
Peso médio de frutos (g)	0,15

<sup>1</sup>NCSTR: número/cm<sup>2</sup> de secção transversal de ramo; <sup>2</sup>NFCSTR: número de frutos/cm<sup>2</sup> de secção transversal de ramo.

Com relação à qualidade de frutos, observa-se que os maiores coeficientes de TDP foram obtidos pelos danos causados pela mosca-das-frutas (0,51), que afetou significativamente o rendimento e a qualidade de frutos do PO, seguida da incidência de sarna (0,45), que foi um dos fatores limitantes no PC (Tabela 11). O alto coeficiente de TDP apresentado por estas variáveis mostra que pragas e doenças constituem-se os principais fatores que influenciam a qualidade de frutos, bem como os atributos com maior capacidade para discriminar a qualidade de frutos produzidos nos sistemas convencional e orgânico de produção.

Tabela 11 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente as análises de qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' conduzidas no sistemas convencional e orgânico de produção, no município de São Joaquim-SC, na safra 2008/2009.

<b>Atributo</b>	<b>TDP</b>
Firmeza de polpa (N)	-0,03
Sólidos solúveis (°Brix)	-0,00
Índice de iodo-amido (1-5)	0,03
Acidez titulável (%)	-0,01
Cor vermelha (%)	0,03
Queimadura de sol (%)	0,01
Incidência de sarna (%)	0,48
Severidade de 'russet'(cm <sup>2</sup> fruto <sup>-1</sup> )	-0,03
Dano de mosca-das-frutas (%)	0,52

A representação gráfica mostra a ampla diferença com relação aos atributos de rendimento (Figura 4A) e qualidade de frutos (Figura 4B) nos dois sistemas de manejo em estudo.

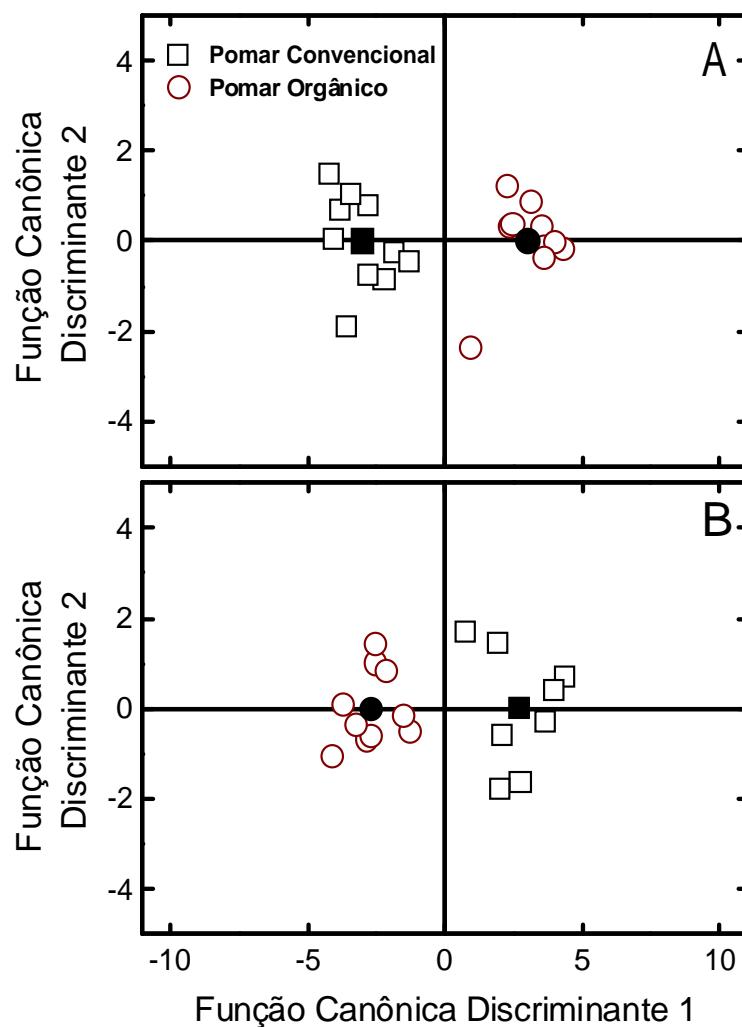


Figura 4 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP) da função canônica discriminante 1, em pomares de macieiras 'Royal Gala' conduzidas nos sistemas convencional e orgânico de produção, considerando todos os atributos de rendimento (A) e qualidade de frutos (B). Como a análise permite apenas uma função canônica discriminante, uma segunda função discriminante foi criada com observações aleatórias  $[N(0,1)]$  apenas para fins de representação gráfica. Símbolo cheio representa o valor médio de CCP para cada pomar. São Joaquim-SC, 2009.

O estudo multivariado complementa neste caso, o estudo univariado dos pomares, pois mostra quais os atributos nutricionais, de rendimento e de qualidade dos frutos que apresentam maior capacidade em discriminar os sistemas orgânico e convencional de produção de maçãs.

## 2.6 CONCLUSÕES

- O pomar convencional apresentou maiores teores de Ca na polpa dos frutos e menores teores de Cu nas folhas e na casca e polpa dos frutos, em relação ao pomar orgânico;
- Os dois pomares não diferiram quanto aos teores de Mg, K e N no tecido foliar;
- Os dois pomares não diferiram quanto aos atributos de cor vermelha, índice de amido, número de sementes, firmeza de polpa e sólidos solúveis nos frutos, e quanto ao teor total de clorofila e área específica nas folhas;
- O pomar convencional apresentou maior rendimento de frutos em relação ao pomar orgânico;
- O pomar orgânico apresentou maior infestação de mosca-das-frutas e menor incidência de sarna da macieira em relação ao pomar convencional.
- A análise canônica discriminante mostra que o teor de Ca na polpa e o teor de Cu na folha são os atributos que melhor discriminam os pomares convencional e orgânico quanto às análises minerais das macieiras.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vasta gama de informações foram levantadas durante este estudo. Nesse trabalho verificou-se que os atributos de solo, rendimento e qualidade de frutos são fortemente influenciados pelas práticas de manejo adotadas nos sistemas convencional e orgânico de produção.

Verificou-se que os teores de nutrientes eram adequados para o crescimento e desenvolvimento das plantas em ambos os sistemas. Contudo, os teores de cobre no tecido foliar do pomar orgânico revelam um excesso de aplicação de calda bordalesa, o que ao longo dos anos pode se tornar um problema de ordem ambiental. Por isso, é importante a avaliação dos teores de cobre por vários anos consecutivos a fim de monitorar a dinâmica deste elemento no solo e nos frutos.

Os teores de nutrientes (solo, folhas e frutos) e das características físicas do solo foram adequados ao desenvolvimento vegetativo e de frutos. Contudo, questões como pragas e doenças ainda são os principais empecilhos para a obtenção de altas produtividades na cultura da macieira, principalmente na agricultura orgânica, que dispõem de poucos recursos para seu controle. Algumas alternativas podem auxiliar o produtor na busca de melhores índices de produtividade, como o ensacamento de frutos e utilização de cultivares resistentes a algumas doenças como a cultivar Catarina, resistente a sarna da macieira.

Este trabalho apresentou resultados importantes com relação aos sistemas de manejo da cultura da macieira. Contudo, estudos comparando sistemas de produção no Brasil ainda são recentes, e carecem de estudos futuros para o seu entendimento principalmente quando são tão contrastantes como é o caso dos sistemas de produção orgânico e convencional.

Dentre os aspectos a serem estudados futuramente destacam-se:

- comparação entre sistema convencional, integrado e orgânico de produção;
- efeito dos sistemas de manejo em outras classes de solos, em diferentes ambientes;
- avaliação dos sistemas de manejo na comunidade microbiana;
- avaliação da qualidade dos resíduos vegetais adicionados ao solo;
- monitoramento da evolução da sarna da macieira nos diferentes sistemas de manejo;

- avaliação da biodisponibilidade de cobre para as plantas e
- avaliação dos sistemas de manejo com outras cultivares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPM. **Informações estatísticas**. Disponível em: <http://www.abpm.org.br/informacoes.htm>  
Acesso em: 30 jan. 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. 2003, 24 de novembro. Portaria nº33, de 13 de janeiro de 1998. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/>

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p.157-165, 2001.

ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; MAFRA, A.L.; FONTANA, E.C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 799-806, 2003.

ALMEIDA, G. V. B. de; ALVES, A. A. Mercado de maçã: situação atual, ameaças, oportunidades e estratégias para o futuro. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 7, 2006, São Joaquim. **Resumos**. São Joaquim: Epagri, 2006. p. 56-65.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ALVES, M.C. et al. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um latossolo vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.4, p. 617-625, 2007.

AMARANTE, C.V.T.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A. L.; MERTZ, L.M.; COSTA, A. Análise multivariada de atributos químicos e físicos do solo em pomares de macieira conduzidos nos sistemas de produção orgânico e convencional, In: FERTBIO 2004, Lages. **Resumos expandidos**. Lages: SBCS/SBM/CAV-UDESC, 2004. CD-ROM.

AMARANTE, C.V.T.; CHAVES, D.V.; ERNANI, P.R. Composição mineral e severidade de "bitter pit" em maçãs 'Catarina'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 51-54, 2005.

AMARANTE, C. V. T.; CHAVES, D. V.; ERNANI, P. R. Análise multivariada de atributos nutricionais associados ao “bitter pit” em maçãs ‘Gala’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 841-846, 2006.

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A. Yield and fruit quality of apple from conventional and organic production systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 333-340, 2008.

ANDREOTTI, M. et al. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p. 2437-2446, 2000.

ANGULO, R.J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M.L.P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n.1, p. 7-12, 1984.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGRER, M. Propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas e usos de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n.0, p. 139-145, 1994.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J. & LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.1099-1108, 2007.

ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B.; MONTEIRO, R.T.R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí State, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, Texas, v. 44, n. 2, p. 225-230, 2008.

ARIAS, M.; LÓPEZ, E.; FERNÁNDEZ, D. & SOTO, B. Copper distribution and dynamics in acid vineyard soils treated with copper-based fungicides. **Soil Science**, Hagerstown, v. 169, n.11, p.796-805, 2004.

BASSO, C.; SUZUKI, A. Solos e nutrição da macieira. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 341-381.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.

BAYER, C. Tillage and cropping system effects on organic matter storage in an Acrisol soil in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**. v. 54, n.4, p. 101-109, 2000.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W.; & CORNELIUS , P.L. Changes in soils properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 3, n.2, p. 135-146, 1983.

BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. Enxofre, cálcio e magnésio In: GINELLO, C.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. **Princípios de fertilidade de solo**. Porto Alegre: UFRGS 1995. cap. 10, p.135-148.

BONETI, S.I.J.da. et al. Evolução da Cultura da Macieira. In: **A cultura da macieira**, Florianópolis. EPAGRI, 2002. Cap. 2, p.37-57.

BOURN, D.; PRESCOTT, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities and food safety of organically and conventionally produced fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 42, n. 1, p. 1-34, 2002.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SEQUINATO, L. et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 605-614, 2006.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 077/1999. **Normas de produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e de certificação da qualidade para os produtos orgânicos de origem vegetal e animal**. Capturado em 10 set. 2007. Disponível na Internet <http://www.agricultura.gov.br>

BRUN, L.A., MAILLET, J., RICHARTE, J., HERMANN, P., REMY, J.C. Relationships between extractable copper, soil properties and copper uptake by wild plants in vineyard soils. **Environmental Pollution** v.102, n. 2-3, p.151-161, 1998.

CAMARGO, A.M.; MOURA, B. R.; LIMA, E.; CASTELETTI, L. C.; WILDNER, M.; CHAUDHRY, Z. De volta às origens. **Revista Brasileira de Agropecuária**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 1-55, 2001.

CAMILO, A.P.; DENARDI, F. Cultivares: descrição e comportamento no Sul do Brasil. In: **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. Cap.5, p. 113-168.

CAMPOS, M.L.; PIERANGELI, M. A. P.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; CURI, N. Baseline concentration of heavy metals in brasiliian latosols. **Comunications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 32, n.3-4, p. 547-557, 2003.

CASALI, C.A. et. al. Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1479-1487, 2001.

CASERO, T. et al. Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in Golden Smoothee apples using multivariate regression techniques. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 27, n. 2, p. 313-324, 2004.

CENTURION, J. F. et al. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 267-270, 1985.

CESA, P.L.; JÚNIOR, J.C.W.; BOGO, A.; LAZAROTO, A.; SILVA, A.; AMARANTE, C.V T. Análise temporal da sarna da macieira nas cultivares Royal Gala e Fuji sob os sistemas convencional e orgânico de produção. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, Brasília, v. 31 n. 6, p. 585-591, 2006.

COELHO, L. R.; LEONEL, S.; CROCOMO, B. W. Avaliação de diferentes materiais no ensacamento de pêssegos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 822-826, 2008.

CHAIGNON, V.; SANCHEZ\_NEIRA, L.; HERMANN, P.; HINSINGER, P.; Copper bioavailability and extractability as related to chemical properties of contaminated soils from a vine-growing area. **Environmental pollution** [S.I] v. 123, n.1, 229-238p. 2003.

CHAN, K.Y. 1997. Consequences of changes in particulate organic carbon in vertisols under pasture and cropping. **Soil Science Society American Journal**. Conden, v.61, n.5, p.1376-1382.

COSTA, F.S. et al. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, Local, Santa Maria v. 34, n. 2, p. 587-589, 2004.

CRUZ-CASTILLO, J. G.; GANESHANANDAM, S.; MACKAY, B. R.; LAWES, G. S.; LAWOKO, C. R. O.; WOOLLEY, D. J. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n.10, p. 1115-1119, 1994.

CUNHA,T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F. FERITAS, P.L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.27-36, 2001.

DAROLT, M.R. **As dimensões da sustentabilidade: um estudo da agricultura orgânica na Região Metropolitana de Curitiba**. 2000. 310 p. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

DeELL, J.R.; PRANGE, R.K. Postharvest physiological disorders, diseases and mineral concentrations of organically and conventionally grown 'McIntosh' and 'Cortland' apples. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 73, n. 1, p. 223-230, 1993.

DELUISA, A.; GIANDON, P.; AICHNER, M.; BORTOLAMI, P.; BRUNA, L.; LUPETTI, A.; NARDELLI, F.; STRINGARI, G. Copper pollution in Italian vineyard soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.5-8, p.1537-1548, 1996.

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ/IAPAR, 1991. 272 p.

DILMAGHANI, M.R.; MALAKOUTI M. J.; NEILSEN G. H.; FALLAHI, E. Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils of Iran. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 27, n. 7, p.1149-1162, 2004.

DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society American Journal**, v. 44, p. 765-771, 1980.

EAGASHIRA, K.; KAE TSU, Y.; TAKUMA, K. Aggregat stability as an index of erodibility of Andosolis. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 29, n.4, p. 473-481, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306p.

EPAGRI. Tabelas de produção. In: CEPA – Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. Disponível em: <<http://www.cepa.epagri.sc.gov.br>> Acesso em: 30 jan. 2010.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. Ed. Londrina: Editora Plantas, 2006. 403 p.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Local: Editora, CAV/UDESC 2008. 230p.

ERNANI, E.; DIAS, J.; VANZ, L. Application of nitrogen to the soil after fruit harvest has not increased Apple yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 19, n.2, p. 33-37, 1997.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Statistical Databases. Disponível em: . Acesso em: 14 abril 2006.v FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Statistical Databases. Disponível em: <https://www.fao.org/>. Acesso em: 14 abril 2006.

FELICETTI, D.A.; SCHRADER, L.E. Changes in pigment concentrations associated with sunburn browning of .ve apple cultivars. II. Phenolics. **Plant Science**, Alexandria, v. 176, n.1, p. 84-89, 2009.

FLORES-VELEZ, L.M., DUCAROIR, J., JAUNET, A.M., ROBERT, M. Study of the distribution of copper in an acid sandy vineyard soil by three different methods. **European Journal of Soil Science**, v. 47, n.4, p. 523-532, 1996.

GARDNER, J. 2003. Coper Usage Controversy Heats up in Europe. Ministry of Agriculture Food, Ontario, Canadá. Diponível em:

<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hortmart/2003/03hrt03a3.htm>. Acesso em 20 jan2010.

GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. **Princípios de Fertilidade do Solo**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 276p.

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 and Environment**, Oxford, v. 80, n. 1-2, p. 29-45, 2000.

GOH, K.M. et al. Effects of apple orchard production systems on some important soil physical, chemical and biological quality parameters. **Biological Agriculture and Horticulture**, v. 18, n.3, p. 269-292, 2001.

GUERRA, M.A.; CASQUERO, P.A. Site and fruit maturity influence on the quality of European plum in organic production. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 122, n.4, p. 540-544, 2009.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic Press, 1998. 770p.

HIGASHI, T. Agrotóxicos e a saúde humana. **Agroecologia**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 5-8, 2002.

HOLB, I.J.; NAGY, P.T. Availability of Calcium, Magnesium, Sulfur, Copper, Zinc, and Manganese in the Plant–Soil System of Integrated and Organic Apple Orchards. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 40, n.1-6, p.682–693, 2009.

JÖNSSON, Å.H. Organic apple production in Sweden: cultivation and cultivars. 2007. 33p. Thesis (Ph.D.) - Swedish University of Agricultural Sciences, Balsgård.

JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 1991. v. 15, p. 237-240.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. (ed) **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy. p. 449-510, 1965.

KOLLMEIER, M.; FELLE, H.; HORST, W.J. Genotypic differences in aluminum resistance of maize are expressed in the distal part of the transition zone: is reduced basipetal auxin flow involved in inhibition of roots elongation by aluminum? **Plant Physiology**, Bethesda, v. 122, n.1, p.945-956, 2000.

LAYNE, D.R.; JIANG, Z.; RUSSHING, J. W. The influence of reflective film and retain on red skin coloration and maturity of gala apples. **HortTechnology**, Alexandria, v. 12, n. 4, p. 640-644, 2002.

LI, H.; HAN, Y.; CAI, Z. Nitrogen mineralization in paddy soils of the Taihu Region of China under anaerobic conditions: dynamic and model fitting. **Geoderma**, Amsterdam, v.115, n. 3, p.161-175, 2003.

LOMBARDI-BOCCIA, G.; LUCARINI, M.; LANZI, S.; AGUZZI, A; CAPPELLONI, M. Nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n.10, p. 90–94. 2004.

LUNARDI NETO, A. et al. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.4, p. 1379-1388, 2008.

MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; SCHEIDT, F. R.; AMARANTE, V. T. C. Atributos do solo em pomares de macieira conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 1, n. 1, p.1513-1517, 2006.

MÄDER, P.; FLIEBBACH A, DUBOIS D.; GUNST, L.; FRIED P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science** v.296, n. 5573 p.1964-1967, 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas:princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 2 ed., 319p, 1997.

MALUCHE, C. R. D. Atributos microbiológicos e químicos do solo em sistemas de produção de maçãs convencional e orgânico. 2004. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2004.

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**, Viçosa, v.31, n.4, p. 655-665, 2007.

MANTOVANI, A. **Composição química de solos contaminados por cobre: formas, sorção e efeito no desenvolvimento de espécies vegetais**. 2009. 178 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MERTZ, L.M. et. al. Atributos químicos e físicos do solo em pomares de macieira nos sistemas de produção orgânico e convencional. In: **FERTBIO 2004: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 26., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. Avaliação das conquistas: base para estratégias futuras. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2004.1 CD-ROM.

MERRY, R. H.; TILLER, K.G.; ALSTON, A.M. Accumulation of copper, lead and arsenic in some Australian orchard soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.21, n.4, p. 549–561, 1983.

MIRLEAN, N.; ROISENBERG, A.; CHIES, J.O. Metal contamination of vineyard soils in wet subtropics (Southern Brazil). **Environmental Pollution**, v.149, v.1, p. 10-17, 2009.

NACHTIGALL, R. G. **Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) para a avaliação do estado nutricional da macieira no sul do Brasil**. 2004. 153 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NACHTIGALL, R. G.; DECHEN, R. A.; Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 5, p. 493-501, 2006.

NASCIMENTO, A.S.; ZUCHI, R.A.; SILVEIRA, S.N. Dinâmica populacional das moscas-das-frutas no Recôncavo Baiano III - Análise faunística. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3 n. 18, p. 319-328, 1982.

NAVA, G. **Nutrição e rendimento da macieira em respostas às adubações nitrogenada e potássica e ao déficit hídrico**. 2007. 114 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

NUERNBERG, N.; STAMEL, J.G.; CABEDA, M.S.V. Efeito de sucessão de culturas e tipos de adubação em características físicas de um solo da encosta basáltica sul-rio-grandense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n.3, p. 185-190, 1986.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos do Cerrado, sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos de fumigação incubação e fumigação-extracção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.4, p.863-871, 2001.

PECK, G.M. et al. Apple orchard productivity and fruit quality under organic, conventional, and integrated management. **HortScience**, Alexandria, v. 41, n.1, p. 99-107, 2006.

PELOZATTO, M. **Valores de referência de cádmio, cobre, manganês e zinco em solos de Santa Catarina**. 2008. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2008.

PIETRZAK, U.; MCPHAIL, D.C. Copper accumulation, distribution and fractionation in vineyard soils of Victoria, Australia. **Geoderma**, Amsterdam, v. 122, n. 1, p. 151–166. 2004.

REGANOLD, J. P.; GLOVER, J. D.; ANDREWS, P. K.; Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, Ecosystem & Environment**, Londen, v.80, n.1, p.29-45, 2000.

REGANOLD, J. P.; GLOVER, J. D.; ANDREWS, P. K.; HINMAN, H. R. Sustainability of three apple production systems. **Nature**, v. 410, n. 1, p. 926-930, 2001.

REICHERT, J.M. et al. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n.2, p.283-290, 1993.

REMBIALKOWSKA, E. Quality of plant products from organic agriculture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n.5, p. 2757-2762, 2007.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S. & LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, Amsterdam, v.110, n.1-2, p.131-146, 2002.

RÓTH, E.; BERNA, A.; BEULLENS, K.; LAMMERTYN, J.; SCHENK, A.; NICOLAÏ, B. Postharvest quality of integrated and organically produced apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v.45, n.1, p.11-19, 2007.

RIBEIRO, G. M. **Características químicas, físicas e biológicas do solo em pomares de macieiras conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção**. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2003.

ROUSSOS, P.A.; GASPARATOS, D. Apple tree growth and overall fruit quality under organic and conventional orchard management. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 123, n.8, p. 247-252, 2009.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. Wadsworth Belmont, CA: [s.n.], 1992. 180 p.

SAMPAIO, B.D.; ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, 353-359, 2008.

SANTOS, A.C. et al. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p.1063-1071, 2001.

SANTOS, P.J.; WAMSER, F.A. Efeito do ensacamento de frutos sobre danos causados por fatores bióticos e abióticos em pomar orgânico de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p.168-171, 2006.

SANTOS, J. P. dos; WAMSER, A. F.; DENARDI, F. Qualidade de frutos ensacados em diferentes genótipos de macieira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1614-1620, 2007.

SAS Institute. SAS User's guide: statistics. 5.ed. Cary, N. C., 1985. 956p.

SAURE, M.C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 105, n.1, p. 65–89, 2005.

SELIVON, D. Relações com as plantas hospedeiras. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000, cap. 9, p.87-91.

SILVA, V.R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n.1, p. 191-199, 2000.

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactability: A review of some practical aspects. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 16, n.1, p. 179-201, 1990.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de Adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

SOUZA, J. L. de. **Manual de agricultura orgânica**. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 843p. 2003.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Eds.). **Biological indicators of soil health**. Cambridge: CAB International, 1997. p. 97-120.

SPERA, S.T. SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; FONTANELI, R. S. Avaliações de alguns atributos físicos de solo em sistemas de produção de grãos, envolvendo pastagens sob plantio direto. *Revista Científica Rural*, v.9, n.1, p.23-31, 2004.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: Microbiological indicators. *Plant Soil Science*, [S.I] v. 49, n.1, p. 1-24, 1999.

STOCKDALE, E.A. et al. Agronomic and environmental implications of organic farming systems. *Advances in Agronomy*, v. 70, n. 6 p. 261–327, 2001.

TAGLIARI, P.S. Agricultores familiares produzem maçã agroecológica. *Revista Agropecuária Catarinense*, Florianópolis v.14, n.1, p.26-31, 2001.

TAMIS, W. L. M.; BRINK, W. J. Conventional, integrated and organic winter wheat production in the Netherlands in the period 1993-1997. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Oxford, v. 76, n. 1, p. 47-59, 1999.

TEDESCO, J.M. Nitrogênio. In: GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, J. M. **Princípios de Fertilidade do Solo**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 73-98p.

TEIXEIRA, R. **Métodos alternativos para o manejo de *Anastrepha fraterculus* (Wied) em pomares de maçã e sua influência sobre a qualidade dos frutos.** 2009. 113p. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2009.

USEPA. 1998 **Method 3050B.** Disponível em: <<http://www.epa.gov/SW-46/pdfs/3050b.pdf>> Acesso em: abr. 2009.

WANG, Q. Y.; ZHOU, D. M.; CANG, L. Microbial and enzyme properties of apple orchard soil as affected by long-term application of copper fungicide. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 41, n.7, p. 1504-1509, 2009.

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.1, p. 10-13, 2004.

WERNER, M.R. Soil quality characteristics during conversion to organic orchard Management. **Applied Soil Ecology**, v. 5, n.2, p. 151-167, 1997.

WILLER H; YUSSEFI M. 2005. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends. Bonn: International Federation of Organic Movement (IFOAM) & Research Institute of Organic Agriculture FiBL. 167p.

YRUELA, I. Copper in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 145-156, 2005.

ZHANG, W.L.; SHU, M. H. Distribution and fractionation of copper in soils of apple orchards. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 12, n. 3, p. 168-172, 2005.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.