

# Atributos físicos do solo em pomares de maçãs 'Royal Gala' em sistemas convencional e orgânico de produção

*Soil physical properties in 'Royal Gala' apple orchards under conventional and organic production systems*

**Eliete de Fátima Ferreira da Rosa<sup>1\*</sup>, João José Stüpp<sup>2</sup>, Cassandro Vidal Talamini do Amarante<sup>3</sup>, Álvaro Luiz Mafra<sup>4</sup>**

Recebido em 09/07/2010; aprovado em 03/10/2012.

## RESUMO

O manejo dos pomares de maçãs é condicionado pela forma de cultivo adotado, o qual influencia na sua produtividade, lucratividade e longevidade. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos dos sistemas de manejo convencional e orgânico de produção de maçãs sobre atributos físicos do solo e identificar os parâmetros que discriminam os dois sistemas de produção, por meio da utilização da análise canônica discriminante (ACD). O experimento foi realizado no município de São Joaquim, SC, em dois pomares, um 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. As amostras de solo foram coletadas na safra 2008-2009, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm. Os atributos físicos do solo avaliados foram granulometria, estabilidade de agregados, representada pelo diâmetro médio geométrico (DMG), densidade do solo (Ds), macro, micro e porosidade total (PT) e grau de flocculação (GF). Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey para comparação de médias e à ACD. O PO apresentou menores valores de DMG e macroporosidade na camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm, a macroporosidade e PT foram maiores no PC. O DMG na camada

de 0-10 cm e a microporosidade na camada de 10-20 cm apresentaram os maiores valores de coeficientes de taxa de discriminação paralela (TDP), revelando que esses atributos são os melhores indicadores de qualidade física do solo e podem ser indicados para estudo de alterações na produção de maçãs provocadas pelos sistemas de produção avaliados.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Malus domestica* (Borkh), sistemas de produção, física do solo, análise canônica discriminante.

## SUMMARY

The management of apple orchards is conditioned by the form of cultivation adopted, which influences on plant yield, profitability and longevity of the area. This study aimed to evaluate the effects of management systems for conventional and organic apple production on soil physical properties and identify the variables that discriminate between the two production systems, using canonical discriminant analysis (CDA). The experiment was carried out in São Joaquim, SC, in two orchards, one under conventional system (CS) and the other under organic system (OS), both established in 2001, using Royal Gala cultivar, on M9 rootstock, in a Humic Cambisol. Soil samples were collected during 2008-2009

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Manejo do Solo. Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UEDESC. Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro: Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages, SC, Brasil. Email: elietedarosa@hotmail.com. \*Autora para correspondência.

<sup>2</sup> Instituto Federal Catarinense. Campus Rio do Sul, Caixa Postal 441, CEP 89160-000, Rio do Sul, SC, Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Agronomia - CAV/UEDESC.

<sup>4</sup> Departamento de Solos e Recursos Naturais - CAV/UEDESC.

season in the layers 0-10 cm and 10-20 cm. The soil physical properties evaluated were particle size distribution, aggregate stability, represented by the mean geometric diameter (MGD), bulk density (BD), total porosity (TP) and degree of flocculation (DF). The results were tested for comparison of means and CDA. The OS had higher values of MGD and BD in the two layers. In the 10-20 cm layer, macroporosity was greater in the CS. The MGD in the layer 0-10 cm and microporosity in the layer 10-20 cm showed the highest values of parallel discrimination rate coefficient (PDRC), revealing that these properties were good indicators of soil physical quality and can be used to study changes in apple production caused by the production systems.

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

## INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o décimo quarto lugar em produção de maçãs e contribui com 1,0% da produção mundial (FAO, 2006). No início da década de 1970, a produção brasileira 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 qualidade, fazendo com que passasse de importador à auto-suficiente e com potencial de exportação (CESA et al., 2006). 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 influência físico-mecânica ligada 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 impactos ambientais (REGANOLD et al., 2001). Neste sentido, a agricultura orgânica surge como uma alternativa para reduzir efeitos negativos atribuídos à agricultura convencional (REGANOLD et al., 2001; ARAÚJO et al., 2008). Contudo, 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). Além disso, o sistema de produção orgânica ainda é recente em nosso país, havendo, poucas informações sobre seus efeitos nos atributos químicos e físicos do solo (MALUCHE-BARETTA et al., 2007).

Estudos realizados por Reganold et al. (2001), mostram que 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), em estudos de comparação entre pomares orgânicos e convencionais, observaram que a adição de compostos orgânicos têm impactos na qualidade do solo, estimulando processos microbianos que ajudam a desenvolver e manter os agregados e a estrutura, contribuindo para a resistência do solo à degradação. Sampaio et al. (2008) concluíram que a adoção do sistema orgânico aumentou a atividade microbiana e o conteúdo de carbono orgânico, o que se refletiu em melhores condições químicas e físicas do solo.

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), da macroporosidade, aumento da microporosidade (CUNHA et al., 2001), bem como aumento da densidade do solo (ARAÚJO et al., 2007). Saber como estas características são influenciadas pelo manejo é de fundamental importância, pois permite inferir sobre o potencial produtivo a capacidade de uso destes solos.

Da mesma forma, é importante o desenvolvimento de metodologias para avaliação

da qualidade do solo. 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 há relação entre diferentes atributos (STENBERG, 1999; ALVES et al., 2007).

Métodos de análise univariadas são normalmente empregadas visando identificar diferenças entre os atributos de qualidade do solo. Estas análises podem não ser eficientes quando se visa identificar atributos que melhor discriminam sistemas de manejo distintos como o convencional e orgânico. Além disso, as análises univariadas não consideram o efeito conjunto dos 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 menor 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 et al., 1994).

Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos das práticas de manejo convencional e orgânico, em pomares de maçãs Royal Gala, em atributos físicos do solo, bem como identificar os melhores parâmetros que discriminam os dois sistemas de produção de maçãs por meio da utilização da ACD.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no município de São Joaquim, SC, a uma altitude média de 1350 m. O município apresenta clima mesotérmico úmido com verão brando (Cfb), segundo a classificação de Köppen. 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 conduzido sob o sistema convencional (PC) e outro conduzido sob o sistema orgânico (PO) de produção, com a cultivar Royal Gala sobre o porta-enxerto M-9. Realizou-se também a amostragem de solo em uma área de campo nativo (CN), adjacente aos pomares estudados, para servir como testemunha das condições naturais do solo. 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 em 2001, e apresentam arranjo, densidade, sistema de condução de plantas e topossequência similares, em relevo suave ondulado. O solo é derivado de basalto e classificado como Cambissolo Húmico, segundo a Embrapa (2006). As áreas dos pomares eram constituídas originalmente de campos nativos do tipo 'palha grossa', com presença esparsa de *Araucaria angustifolia* Bert. Kuntze. As plantas de cobertura encontradas nos dois pomares são cornichão (*Lotus corniculatus* L.), alfafa (*Medicago sativa* L.), trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) e festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.).

Na implantação do PC foram utilizadas 40 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário (dolomítico e calcítico, nas proporções de 2/3 e 1/3, respectivamente) para a correção da acidez do solo e incorporado na camada de 0-40 cm. Na implantação do pomar foram aplicados 300 g/planta de superfosfato triplo, sendo a adubação de reposição feita com 50g de uréia/planta, no período da brotação, e 100g de KCl/planta, em 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. Na correção da acidez do solo no PO foram aplicadas 10 Mg ha<sup>-1</sup> 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.

Em cada pomar foram selecionadas, aleatoriamente, dez plantas, junto as quais foram coletadas amostras de solo na linha de plantio para a determinação dos atributos físicos do solo, em fevereiro de 2009. Os atributos físicos do solo foram determinados em amostras com estrutura indeformada, com anéis metálicos com volume de 190 cm<sup>3</sup>, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, para determinação da porosidade total (PT), da macroporosidade, microporosidade e densidade do solo (Ds) conforme metodologias descritas pela Embrapa (1997). 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 floculação (GF) (EMBRAPA, 1997). Os anéis volumétricos foram saturados e submetidos, sequencialmente, à tensão de 6 kPa em mesa de tensão para determinação da PT, macroporosidade e microporosidade. As amostras foram secas em estufa a 105°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, 2002) para avaliar o efeito das práticas de manejo nos atributos físicos do solo. Os dados foram também submetidos à análise canônica discriminante (ACD), visando identificar os atributos físicos do solo 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 (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).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de DMG, na camada de 0-10 cm, variaram de 4,60 mm no PC a 4,10 mm no PO (Tabela 1). Houve diferença significativa entre os dois sistemas de produção para o DMG na camada de 10-20 cm, sendo de 5,10 mm no PC e de 5,80 mm para no PO. Um bom crescimento vegetal depende da presença de agregados estáveis com diâmetro entre 1 e 10 mm e que contenham grande quantidade de poros com mais de 75µm de diâmetro (ALBUQUERQUE et al., 2003).

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 estáveis maiores que 1 mm caracterizam solos com adequada qualidade estrutural para o desenvolvimento das culturas (ANGULO et al., 1984).

A alta estabilidade de agregados, representada pelos valores de DMG observados nas duas profundidades, pode ser relacionada, em parte, aos altos valores de GF, que variaram de 51,7 a 53,1% na camada de 0-10 cm, e de 54,4 a 61,7% na camada de 10-20 cm (Tabela 1). Os valores de GF do solo são indicadores do estado de agregação das partículas. Outro fator que influencia decisivamente a estabilidade de

Tabela 1 - Atributos físicos do solo 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 dez repetições em cada pomar e campo nativo.

| Atributo                                | Pomar Convencional | Pomar Orgânico | Significância <sup>1</sup> | C.V. (%) | Campo Nativo |
|---|--------------------|----------------|----------------------------|----------|--------------|
| 0-10 cm                                 |                    |                |                            |          |              |
| DMG (mm)                                | 4,60               | 4,10           | ***                        | 13,90    | 5,36         |
| Macro (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) | 0,12               | 0,10           | *                          | 46,30    | 0,10         |
| Micro (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) | 0,53               | 0,50           | *                          | 16,80    | 0,60         |
| PT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )    | 0,65               | 0,60           | ns                         | 12,50    | 0,66         |
| Ds (Mg m <sup>-3</sup> )                | 1,10               | 1,20           | **                         | 7,30     | 1,10         |
| GF (%)                                  | 53,10              | 51,70          | ns                         | 28,40    | 78,70        |
| 10-20 cm                                |                    |                |                            |          |              |
| DMG (mm)                                | 5,10               | 5,80           | **                         | 18,30    | 5,39         |
| Macro (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) | 0,11               | 0,10           | *                          | 56,60    | 0,09         |
| Micro (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) | 0,51               | 0,48           | *                          | 21,20    | 0,50         |
| PT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )    | 0,62               | 0,57           | **                         | 15,00    | 0,60         |
| Ds (Mg m <sup>-3</sup> )                | 1,20               | 1,20           | ns                         | 10,20    | 1,20         |
| GF (%)                                  | 61,70              | 59,40          | ns                         | 29,10    | 81,60        |

<sup>1</sup> ns: não significativo. \*, \*\* e \*\*\*: significativo aos níveis de probabilidade de 0,05, 0,01 e 0,001, pelo teste de Tukey.

um solo é o teor de carbono orgânico (CO), o que variou de 46 g kg<sup>-1</sup> a 49 g kg<sup>-1</sup> no PC e PO, respectivamente. A matéria orgânica relaciona-se positivamente com a estabilidade de agregados em água, pois age como cimentante entre as partículas (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 et al., 1993).

A calagem aplicada na implantação dos pomares pode ter influenciado nos atributos físicos do solo, como a dispersão da argila e a estabilidade de agregados, dependendo do tipo de solo e sistema de manejo adotado. 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. Neste estudo, apesar dos altos valores de pH em ambos os pomares (6,8 e 7,2 para o PO e PC, respectivamente) devido à calagem, não houve alteração na estabilidade de agregados. Além disso, 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 camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente) (Tabela 1).

Diferenças significativas na Ds só foram obtidas na camada de 0-10 cm, sendo os maiores valores observados no PO, similares aos valores observados da área natural (CN) (Tabela 1). Para solos de textura argilosa como o Cambissolo Húmico 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. Este fato pode estar relacionado a menor compactação natural do solo aliada 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 do solo 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 pode ser trabalhado mecanicamente (SOANE, 1990; BRAIDA et al., 2006). 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.

Os solos dos pomares apresentaram diferenças significativas com relação a PT que variou de 0,60 e 0,65  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  na camada de 0-10 cm no PO e PC, respectivamente. A área de CN apresentou os maiores valores de PT 0,66  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  e 0,60  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  nas camadas 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  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  podem influenciar na retenção de água e na capacidade de aeração do solo, o que pode limitar o crescimento de raízes.

Quando se observam os valores de macroporosidade, constata-se que ambos os pomares apresentaram valores dentro do limite crítico de 0,10  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  nas duas camadas analisadas. Valores de macroporosidade abaixo do limite crítico de 0,10  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  indicam o comprometimento dos fluxos hídricos e a aeração no solo, influenciando negativamente o crescimento e desenvolvimento das raízes (HILLEL, 1998). Além disso, o uso de plantas de cobertura observadas nos dois pomares pode ter propiciado vantagens ao solo, como

melhoramento da capacidade de infiltração, diminuição da densidade, aumento da 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). A área de CN também apresentou valores de macroporosidade equivalente ao limite crítico em ambas as camadas, o que pode ser explicado por tratar-se de um solo submetido ao pisoteio animal (Tabela 1). Deve-se salientar que o fluxo de gases e o movimento de água no solo estão intimamente relacionados ao volume de macroporos.

A análise multivariada ACD permitiu definir funções canônicas que separam as áreas de acordo com os atributos físicos do solo. O teste estatístico multivariado de Wilk's Lambda demonstrou diferenças significativas entre as áreas estudadas quanto à função canônica discriminante 1 ( $FCD_1$ ) que contribui para separar as áreas estudadas de maneira significativa ( $p < 0,0003$  na camada de 0-10 cm e  $p < 0,0004$  na camada de 10-20 cm). A  $FCD_1$  apresentou coeficientes de correlações canônicas de 0,87 e 0,88, para as camadas de 10-20 cm e 0-10 cm, respectivamente, indicando alta correlação entre os atributos físicos e os sistemas de manejo.

Na camada de 0-10 cm, o DMG apresentou os maiores valores de TDP (0,58) (Tabela 2), mostrando maior contribuição deste atributo para diferenciar as áreas quanto aos atributos físicos do solo. A macroporosidade contribuiu para a separação entre áreas estudadas, porém em menor

Tabela 2 - Coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1 ( $FCD_1$ ), 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 dez repetições para cada pomar.

| Atributo                             | 0-10 cm | 10-20 cm |
|--------------------------------------|---------|----------|
|                                      | TDP     | TDP      |
| DMG (mm)                             | 0,58    | 0,23     |
| Macro ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) | 0,23    | -4,54    |
| Micro ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) | -0,01   | 5,18     |
| PT ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )    | 0,01    | 0,12     |
| Ds ( $\text{Mg m}^{-3}$ )            | 0,16    | -0,02    |
| GF (%)                               | 0,04    | 0,02     |

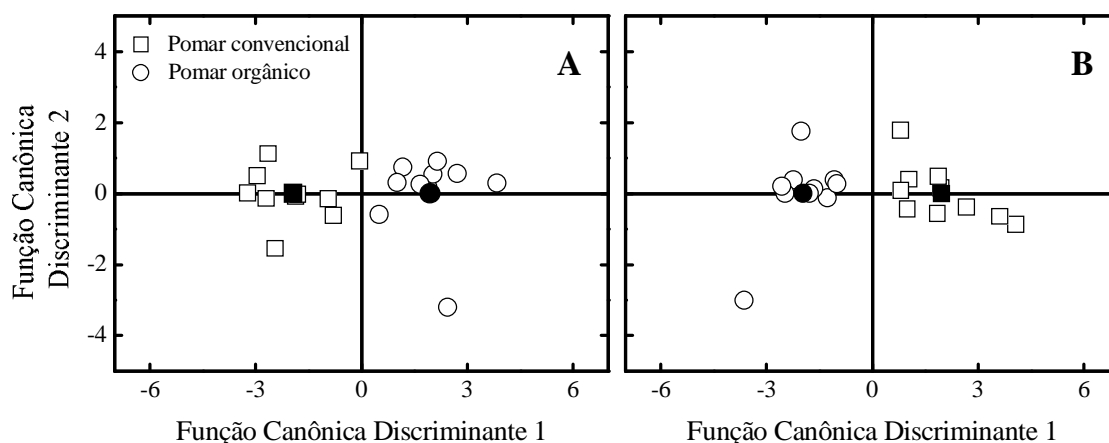


Figura 1 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP) da função canônica discriminante 1, em pomares de maçãs ‘Royal Gala’ conduzidos nos sistemas convencional e orgânico de produção, considerando todos os atributos físicos, nas camadas de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B). Foram utilizadas dez repetições em 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.

grau (valor de TDP igual a 0,23). A Ds apresentou baixos valores de TDP e, conseqüentemente, menor contribuição para a separação de áreas através do eixo canônico na  $FCD_1$ .

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  $FCD_1$  apresenta correlação canônica de 0,88. Nesta camada, o maior valor de coeficiente de TDP foi do atributo microporosidade. Enquanto na camada de 0-10 cm a microporosidade foi importante discriminante entre os pomares, na camada de 10-20 cm esse 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 camadas, para os atributos físicos do solo (Figuras 1A e 1B) nos dois sistemas de manejo em estudo. O estudo multivariado complementa neste caso, o estudo univariado dos pomares, pois mostra quais atributos físicos do solo apresentam maior capacidade de discriminar os sistemas orgânico e convencional de produção de maçãs.

Verifica-se que os atributos físicos 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.

## CONCLUSÕES

O pomar orgânico apresentou menor microporosidade, DMG e PT que o pomar convencional na camada de 0-10 cm.

Métodos de análise multivariada (análise canônica discriminante) revelam alterações dos atributos físicos do solo, em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs.

A análise canônica discriminante mostrou que o DMG e a microporosidade, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente, são os atributos físicos que melhor discriminaram os dois sistemas de manejo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq, FINEP e FAPESC, pelo financiamento deste

projeto. Aos proprietários Adilson José Pereira, Velocino Salvador Bolzani Netto e à empresa Yakult, em nome de Marcos Antonio Pena Bizotto, por permitirem a realização deste trabalho em seus pomares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.157-165, 2001.
- ALBUQUERQUE, J.A. et al. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.799-806, 2003.
- 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, p.617-625, 2007.
- AMARANTE, C.V.T. et al. Composição mineral e severidade de “bitter pit” em maçãs ‘Catarina’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, p.51-54, 2005.
- AMARANTE, C. V. T. et al. Análise multivariada de atributos nutricionais associados ao “bitter pit” em maçãs ‘Gala’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.841-846, 2006.
- AMARANTE, C.V.T. et al. Yield and fruit quality of apple from conventional and organic production systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.333-340, 2008.
- ANGULO, R.J. et al. 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, p.7-12, 1984.
- ARAÚJO, A.S.F. et al. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí State, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, Oxford, v.44, p.225-230, 2008.
- ARAÚJO, R. et al. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1099-1108, 2007.
- BRAIDA, J.A. 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, p.605-614, 2006.
- CESA, L.P. et al. 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, p.585-591, 2006.
- COSTA, F.S. et al. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.587-589, 2004.
- CRUZ-CASTILLO, J. G. et al. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. **HortScience**, Alexandria, v.29, p.1115-1119, 1994.
- CUNHA, T.J.F. et al. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, p.27-36, 2001.
- 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. 272p.
- EAGASHIRA, K. et al. Aggregate stability as na index of erodibility of Andosolis. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.29, p.473-481, 1983.
- 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.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Statistical Databases. Disponível em: <https://www.fao.org.br/>. Acesso em: 14 abr 2006.
- GLOVER, J. D. et al. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Oxford, v.80, p.29-45, 2000.
- HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic Press, 1998. 770p.
- JORGE. J.A. et al. 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, 1965. p.449-510.
- 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, p.655-665, 2007.
- NUERNBERG, N. et al. Efeito de sucessão de culturas e tipos de adubação em características físicas de um solo da encosta basáltica sul-riograndense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.185-190, 1986.
- OLIVEIRA, J.R.A. et al. Carbono da biomassa microbiana em solos do Cerrado, sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos de fumigação incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.863-871, 2001.
- REGANOLD, J. P. et al. Sustainability of three apple production systems. **Nature**, London, v.410, 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, p.283-290, 1993.
- REICHERT, J.M. et al. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.
- REYNOLDS, W.D. et al. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, Amsterdam, v.110, p.131-146, 2002.
- SAMPAIO, B.D. et al. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.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, p.1063-1071, 2001.
- SAS. Statistical analysis system. **Getting started with the SAS Learning Edition**. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. 2002. 86p.
- SILVA, V.R. et al. 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, p.191-199, 2000.
- SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactability: A review of some practical aspects. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.179-201, 1990.
- STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: Microbiological indicators. **Acta Agriculturae Scandinavia**, Estocolmo, v. 49, p. 1-24, 1999.
- WERNER, M.R. Soil quality characteristics during conversion to organic orchard management. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.5, p.151-167, 1997.