

# Sistemas de preparo do solo para o cultivo da batata-doce

## Soil managements for sweet potato cultivation

Amarílis Beraldo Rós

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Departamento de Descentralização do Desenvolvimento - Presidente Prudente (SP), Brasil.

**RESUMO:** É crescente a adoção de preparos reduzidos do solo e de plantio direto; no entanto, estudos em solos cultivados com raízes e tubérculos são escassos e apresentam resultados controversos. Este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto de sistemas de preparo em propriedades físicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo, bem como a produtividade e o formato de raízes tuberosas de batata-doce cultivada nesse solo. Foi instalado experimento em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas corresponderam aos tratamentos: preparo com aração e gradagem (PAG), preparo com aração, gradagem e confecção de leira (PAG + L), confecção de leiras sem revolvimento prévio do solo (Leira), preparo reduzido (PR) e preparo reduzido com palha superficial (PRCP); e as subparcelas, a 4 épocas de coleta: 90; 120; 150 e 180 dias após plantio da batata-doce. A confecção de leira (Leira e PAG + L), em oposição ao preparo reduzido, promoveu menores valores de densidade do solo, resistência do solo à penetração e microporosidade, maiores valores de porosidade total e macroporosidade, além de maiores produtividades comerciais de raízes tuberosas, bem como maior porcentagem de massa seca. Logo, o preparo do solo altera as características físicas de maneira expressiva e, para a confecção de leiras, são desnecessárias as etapas de aração e gradagem, visto que Leira e PAG + L apresentam valores semelhantes nas propriedades físicas estudadas e na produtividade comercial.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas*, densidade do solo, resistência do solo, vegetação nativa, produtividade.

**ABSTRACT:** The adoption of reduced tillage and no-tillage is growing fast in many crops, but studies in soil cultivated with roots and tubers are rare and show controversial results. Thus, this study aimed to assess the impact of tillage systems on physical properties of an Alfissol type as well as the sweet potato tuberous roots yield and root shape cultivated in that soil. The experiment was conducted in randomized blocks design, in split-plot scheme. The plots consisted of the treatments: tillage with moldboard plow and disking (PAG), tillage with moldboard plow, disking and making mounds (PAG + L), making mounds without previous soil mobilization (Leira), reduced tillage (PR) and reduced tillage with straw on the soil surface (PRCP). The subplots consisted of 4 collect periods: 90; 120; 150 and 180 days after planting of the sweet potato crop. Making mounds activity (Leira and PAG + L), opposite to reduced tillage, promoted lower values of soil bulk density, soil resistance to penetration and soil microporosity, higher scores of total soil porosity and soil macroporosity, besides the highest commercial tuberous roots yields and higher dry mass percentage. It was concluded that soil managements influence expressively the soil physical properties and, for making mounds, the activities of moldboard plow and disking are unnecessary, since Leira and PAG + L present similar values in the physical properties studied and in commercial tuberous roots yield.

**Key words:** *Ipomoea batatas*, soil bulk density, soil resistance, native vegetation, yield.

\*Autor correspondente: [amarilis@apta.sp.gov.br](mailto:amarilis@apta.sp.gov.br)

Recebido: 7 Dez. 2015 – Aceito: 7 Mar. 2016

## INTRODUÇÃO

A cultura da batata-doce é produzida em todas as regiões brasileiras e seu cultivo ocorre após intenso revolvimento do solo por meio de aração, gradagem e confecção de leiras. No entanto, na década de 1980, Barrera (1986) já recomendava o plantio de batata-doce em sulco em solos arenosos, podendo-se formar os camalhões durante as operações de capina e amontoa.

A utilização de práticas de manejo do solo que demandam menor revolvimento do mesmo e mantêm restos culturais na superfície promove diminuição significativa da perda do recurso por erosão hídrica e contribui para a manutenção da umidade no solo (Llanillo et al. 2006), mas estudos sobre cultivo de espécies vegetais cuja parte comercial é subterrânea em solos não revolvidos são escassos. O principal argumento contra o uso de sistemas de manejo conservacionista do solo, como o plantio direto e o cultivo mínimo, é de que culturas que produzem raízes ou tubérculos comerciais são sensíveis à compactação do solo, à aeração inadequada ou à má drenagem e, assim, respondem melhor ao sistema convencional de preparo do solo (Howeler et al. 1993), conforme verificado em trabalhos com batata (Fontes et al. 2007; Ivany et al. 2007) e mandioca (Pequeno et al. 2007; Otsubo et al. 2012).

Contudo, essas culturas podem apresentar resultados promissores em solos manejados sob sistemas de preparo conservacionista. Carter et al. (2009) e Gordon et al. (2011) constataram que não há diferença de produtividade e de qualidade de batatas cultivadas em solo preparado convencionalmente e em solo com menor revolvimento; Oliveira et al. (2004) verificaram semelhantes produtividades de rizomas de taro nos sistemas de plantio convencional e direto; e, em relação à cultura da mandioca, Aiyelari et al. (2001) destacam a viabilidade da produção da cultura em sistema de preparo reduzido, enquanto Otsubo et al. (2012) verificaram semelhantes produtividades de raízes produzidas em solo sob plantio direto e plantio convencional, constatando, inclusive, que, em plantio direto, houve acréscimo no teor de amido das raízes.

Nesse contexto, é proposta a hipótese de que preparos com menor revolvimento do solo podem promover propriedades físicas de solo favoráveis à produtividade da batata-doce. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto de sistemas de preparo em propriedades físicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo, bem como a produtividade e o formato de raízes tuberosas de batata-doce cultivada nesse solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em Presidente Prudente (SP), em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa 2006), com relevo suave ondulado (média de 7% de declividade), ocupado há mais de 10 anos por pastagem de *Urochloa decumbens*, sem revolvimento do solo nesse período. Foi realizada amostragem do solo sob preparo reduzido no momento do plantio da batata-doce na camada de 0,00 – 0,20 m de profundidade para análise química e determinação da granulometria do solo, com os seguintes resultados: pH ( $\text{CaCl}_2$ , 1 mol·L<sup>-1</sup>) 5,3; 17,6 mg·dm<sup>-3</sup> de P (resina); 13,9 mmol<sub>c</sub>·dm<sup>-3</sup> de C; 16,7 mmol<sub>c</sub>·dm<sup>-3</sup> de H + Al; 2,7 mmol<sub>c</sub>·dm<sup>-3</sup> de K; 13,9 mmol<sub>c</sub>·dm<sup>-3</sup> de Ca; 4,0 mmol<sub>c</sub>·dm<sup>-3</sup> de Mg; 55,2% de saturação por bases; 960 g·kg<sup>-1</sup> de areia; 20 g·kg<sup>-1</sup> de silte; 20 g·kg<sup>-1</sup> de argila.

Toda a área experimental foi preparada por meio do uso de arado de disco e grade niveladora para uniformização da área 50 dias antes da instalação do experimento, não sendo possível isolar seus efeitos durante a condução do experimento. Para a eliminação da pastagem de *U. decumbens*, foi aplicado glifosato 15 dias antes da implantação do experimento, o qual ocorreu em Fevereiro de 2014. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com 7 repetições. As parcelas foram constituídas por 5 tratamentos: preparo com aração e gradagem (PAG), preparo com aração, gradagem e confecção de leira (PAG + L), confecção de leiras sem revolvimento prévio do solo (Leira), preparo reduzido (PR) e preparo reduzido com palha superficial (PRCP). As subparcelas foram constituídas por 4 épocas de coleta: 90, 120, 150 e 180 dias após plantio (DAP) da batata-doce.

O PAG foi realizado por meio de uma aração com arado de disco, a uma profundidade entre 0,25 e 0,30 m, seguida de uma gradagem niveladora. O PAG + L foi realizado da mesma maneira que o PAG, mas, após aração e gradagem, foi realizado o levantamento de leiras com sulcador. Em Leira, houve confecção de leiras com sulcador sem revolvimento prévio do solo. No PR, houve movimentação do solo apenas nas covas de plantio. Já no PRCP, realizado da mesma maneira que o PR, foi inserida palha de *O. decumbens* proveniente de área vizinha na superfície do solo 2 dias após o plantio, na quantidade de 15,5 t·ha<sup>-1</sup>.

Para efeito de comparação, também foi avaliada área de mata nativa (MATA) sobre Argissolo Vermelho-Amarelo, a aproximadamente 300 m do experimento, com a seguinte

→

composição granulométrica na camada 0,00 – 0,20 m: 930 g·kg<sup>-1</sup> de areia; 40 g·kg<sup>-1</sup> de silte; 30 g·kg<sup>-1</sup> de argila.

Cada parcela experimental de 16,2 m<sup>2</sup> apresentou 3 leiras/linhas distanciadas 0,9 m onde foram plantadas 20 ramas de 0,3 m cada, oriundas de ponteiros de plantas de batata-doce, espaçadas a cada 0,3 m, o que correspondeu a 37.000 plantas·ha<sup>-1</sup>. As ramas foram plantadas 10 dias após o preparo do solo nas parcelas, quando o mesmo apresentou umidade adequada. A variedade Londrina foi utilizada.

O plantio nos tratamentos com confecção de leiras, que tiveram altura de aproximadamente 0,35 m, foi realizado com abertura manual de orifício com 0,08 m de profundidade, colocação vertical da base da rama e enterrio também manual. Nos demais tratamentos, o sulco de plantio com cerca de 0,08 m de profundidade por aproximadamente 0,04 m de largura foi aberto com o auxílio de uma haste de bambu com ponta em forma de cone, com posterior colocação vertical da base da rama e enterrio manual. A área útil foi constituída pela porção de solo que continha as 18 plantas centrais da leira/linha do meio.

As propriedades de solo avaliadas foram: densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), resistência do solo à penetração de raízes (RP) e umidade gravimétrica do solo (Ug).

Para a determinação de Ds, Pt, Ma e Mi, foram coletadas amostras com estrutura indeformada em cada parcela e 7 ao acaso na área da MATA, aos 90; 120; 150 e 180 DAP da batata-doce, na porção mediana da camada de 0,00 – 0,20 m. As coletas foram realizadas na leira/linha de plantio.

A Ds foi determinada pelo método do anel volumétrico, onde a massa da amostra de solo seco a 105 °C é relacionada à soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros, e a Pt, por meio da relação existente entre a densidade do solo e a densidade de partículas, sendo a última calculada pelo método do balão volumétrico. A Mi foi obtida por meio do método da mesa de tensão e a Ma, pela diferença entre Pt e Mi. Os atributos físicos foram determinados de acordo com Claessen (1997).

A RP foi determinada por meio do uso de penetrômetro de impacto, aos 90; 120; 150 e 180 DAP. Em cada parcela experimental, foram obtidas 3 medidas de RP, das quais foram calculados valores médios. Na área de MATA, a característica foi avaliada em 21 pontos inteiramente casualizados para obtenção de 7 médias. Foi avaliado o número de impactos a cada 0,05 m na camada de 0 – 0,30 m de profundidade, onde se concentram as raízes tuberosas. Os dados obtidos

em número de impactos por dm foram transformados para resistência do solo à penetração (MPa). Para essa transformação, foi utilizada a equação apresentada por Stolf (1991). Os resultados foram apresentados em valores médios para cada 0,05 m de profundidade. Também foram retiradas amostras nas camadas 0 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m para determinação da Ug, obtida conforme descrito por Claessen (1997).

As variáveis Ds, Pt, Ma e Mi foram submetidas à análise de variância e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) e, quando a interação das mesmas com as épocas estudadas foi constatada, os desdobramentos necessários foram realizados e foi aplicada análise de regressão polinomial. Os dados de RP foram analisados utilizando-se um valor médio em cada profundidade. O erro padrão da média foi utilizado para proceder à avaliação em cada profundidade amostrada.

Também foram avaliados as produtividades total e comercial e os números total e comercial de raízes tuberosas. Para produtividade e número de raízes totais, foram consideradas todas as raízes tuberosas com massa igual ou superior a 40 g e, para a produtividade e número de raízes comerciais, as raízes tuberosas com massa fresca entre 80 e 1.000 g e com relação comprimento/diâmetro igual ou superior a 1,75. Também foram avaliadas a relação comprimento/diâmetro, a massa fresca individual e a massa seca das raízes tuberosas consideradas comerciais.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância, e as médias foram ajustadas a equações de regressão polinomial. O critério para a escolha do modelo foi a significância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e os maiores valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre preparo do solo e épocas de avaliação para os fatores densidade de solo e porosidade total. Porém, os sistemas de preparo do solo diferiram entre si em Ds e Pt (Tabela 1).

Os maiores valores de Ds e os menores de Pt foram verificados nos preparos sem revolvimento do solo (PR e PRCP), enquanto os menores valores de Ds e os maiores de Pt ocorreram em Leira e PAG + L. PAG apresentou valor intermediário. Dessa forma, verificou-se que a etapa de confecção de leira promoveu maior desagregação do solo que a etapa de aração e gradagem, resultando em menor valor

**Tabela 1.** Densidade do solo e porosidade total em Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a preparo com confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo, preparo com aração, gradagem e confecção de leira, preparo com aração e gradagem, preparo reduzido, preparo reduzido com palha superficial e área de mata.

Preparo do solo/ MATA	Densidade do solo (kg·dm <sup>-3</sup> )	Porosidade total (cm <sup>3</sup> ·cm <sup>-3</sup> )
Leira	1,20 A	0,54 A
PAG + L	1,20 A	0,54 A
PAG	1,43 B*	0,46 B*
PR	1,50 C*	0,43 C*
PRCP	1,53 C*	0,41 C*
<b>CV (%)</b>	<b>5,70</b>	<b>6,10</b>
MATA	1,31	0,51

Letras diferentes entre os preparos de solo diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas de \* diferem significativamente da MATA pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ). MATA = Área de mata; Leira = Confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo; PAG + L = Preparo com aração, gradagem e confecção de leira; PAG = Preparo com aração e gradagem; PR = Preparo reduzido; PRCP = Preparo reduzido com palha superficial; CV = Coeficiente de variação.

de Ds e maior de Pt. Os valores de Ds e Pt obtidos em Leira e PAG + L também foram influenciados pelo incremento do volume das raízes tuberosas, visto que o solo das leiras pode deslocar-se lateralmente, o que é visualizado por meio de rachaduras nas leiras. Todos os preparos de solo com revolvimento resultaram em menor Ds e maior Pt quando comparados aos preparos reduzidos (PR e PRCP), o que era esperado, pois o revolvimento de solo frequentemente diminui a Ds e aumenta a Pt na camada trabalhada. Tanto a Ds como a Pt não foram influenciadas pela presença ou ausência de palha dentro do mesmo preparo do solo (PR e PRCP).

A densidade de solo repetidamente é menor em solos preparados por meio de revolvimento em relação a solos não revolvidos, conforme verificado no presente estudo e em trabalhos de Stone e Silveira (2001), Secco et al. (2005) e Llanillo et al. (2006). Essa situação deve-se à consolidação natural do solo em função da ausência de preparo no plantio direto e, no caso, preparo reduzido, e da diminuição da densidade promovida pelo revolvimento do solo no preparo convencional, que, no presente trabalho, apresenta ainda a mobilização do solo pela operação de confecção de leira. No entanto, resultados diferentes podem ser verificados, como em trabalhos de Carneiro et al. (2009) e Torres et al. (2011), que observaram, em área de Latossolo Vermelho, que o sistema de preparo convencional do solo e o plantio direto não resultaram em diferença de densidade, assim como Silva et al. (2006) em área de Argissolo Vermelho.

Como a Pt apresenta correlação negativa com a densidade do solo (Argenton et al. 2005; Cunha et al. 2011), é usual verificar menor valor em camadas superiores em solos não revolvidos em comparação com solos revolvidos, como verificado por Stone e Silveira (2001). No entanto, em áreas onde o sistema plantio direto encontra-se consolidado, a Pt pode ser maior nesse sistema que em áreas sob preparo convencional, como verificado por Costa et al. (2003) e Rossetti et al. (2012).

Na comparação entre MATA e preparos de solo, Leira e PAG + L apresentaram Ds e Pt semelhantes à área de vegetação nativa, enquanto PAG, PR e PRCP apresentaram valores de Ds maiores e de Pt menores (Tabela 1). A Ds e a Pt observadas em MATA são influenciadas pelo acúmulo de matéria orgânica resultante da deposição constante de restos vegetais, visto que, segundo Calonego et al. (2012), há correlação positiva entre o teor de matéria orgânica e a Pt e correlação negativa entre a matéria orgânica e a Ds. Como não ocorreu ou ocorreu pouco acúmulo de matéria orgânica na área experimental, Ds e Pt foram maior e menor, respectivamente, em relação à MATA nos preparos sem revolvimento (PR e PRCP) e PAG. Valores de Ds e Pt foram semelhantes aos da MATA em Leira e PAG + L devido à intensa desagregação do solo realizada nesses tratamentos, bem como deslocamento do solo pelo crescimento das raízes.

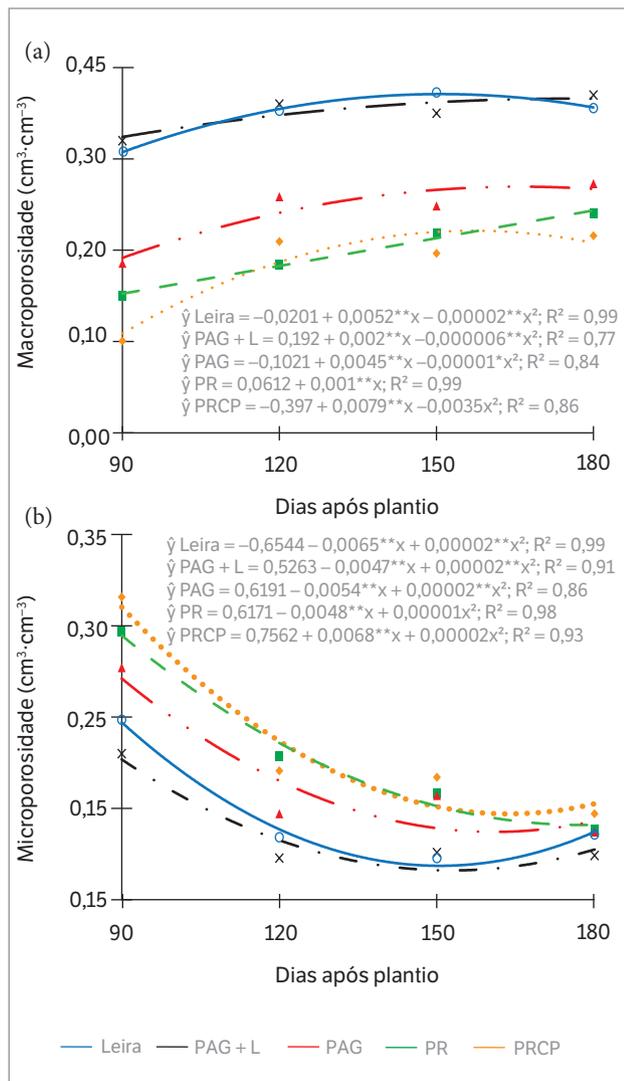
A comparação entre os sistemas de preparo do solo e áreas não agrícolas (mata ou cerrado nativos) geralmente demonstra densidade de solo superior em solos utilizados para agricultura, preparados convencionalmente, por meio de aração e gradagem, ou em plantio direto, conforme relatado por Carneiro et al. (2009), Ferreira et al. (2010) e Cunha et al. (2011), o que é justificado, segundo esses autores, pelo tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas e pelo pisoteio de animais. No presente trabalho, o mesmo resultado foi verificado em preparo reduzido; no entanto, a diferença na quantidade de matéria orgânica provavelmente é a responsável pela diferença na densidade de solo encontrada, visto que a utilização de máquinas e equipamentos agrícolas foi mínima.

Quanto à Pt, as informações obtidas no presente trabalho corroboram as informações contidas em trabalho de Argenton et al. (2005) e Cunha et al. (2011), os quais também verificaram que a área de mata apresenta maior Pt que áreas sob preparos reduzido e convencional, principalmente devido a diferenças na Ma.

Em relação à Ma e à Mi, houve interação entre os sistemas de preparo e épocas de avaliação (Figura 1).

→

PRCP, PAG, Leira e PAG + L apresentaram comportamento segundo modelo quadrático para Ma, enquanto, para PR, segundo modelo linear. Os maiores valores de Ma foram obtidos em Leira e PAG + L, enquanto os menores foram verificados em PR e PRCP. PAG apresentou valores intermediários entre os sistemas com leira e sem revolvimento do solo. Silva et al. (2006), de maneira semelhante ao presente trabalho, também verificaram maior quantidade de macroporos em camada superficial de Argissolo Vermelho preparado com revolvimento do solo em relação a solo não revolvido, o que, segundo Cruz et al. (2003), deve-se



**Figura 1.** Macroporosidade (a) e microporosidade (b) em Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a preparo com confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo (Leira), preparo com aração, gradagem e confecção de leira (PAG + L), preparo com aração e gradagem (PAG), preparo reduzido (PR) e preparo reduzido com palha superficial (PRCP) em diferentes épocas de avaliação. \*\* e \*Significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ , respectivamente, pelo teste  $t$ .

à desestruturação do solo sob preparo convencional. No presente trabalho, a confecção de leiras também favoreceu maior Ma.

Dessa forma, como a Ma reflete a habilidade do solo para aceitar e transmitir o excedente das águas de precipitação e irrigação, permitindo, ainda, trocas gasosas entre a rizosfera e a atmosfera (Mata et al. 1998), os resultados obtidos indicam que a capacidade de drenagem e aeração do solo é favorecida em ordem crescente nos sistemas de preparo reduzido (PR e PRCP), PAG e com confecção de leiras (Leira e PAG + L).

Na comparação entre sistemas de preparo solo e MATA, por meio do teste de Dunnett, em todas as épocas verificou-se que valores de Ma obtidos em Leira e PAG + L não diferiram dos valores de MATA (0,26; 0,35; 0,35 e 0,34 cm³·cm⁻³, aos 90; 120; 150 e 180 DAP, respectivamente), enquanto PAG, PR e PRCP apresentaram valores significativamente menores. Cunha et al. (2011) também verificaram que o preparo de solo por meio de aração e gradagem não foi suficiente para aproximar a Ma de solo agrícola com área de vegetação nativa.

Quanto à Mi, todos os preparos de solo apresentaram comportamento segundo modelo quadrático, sendo que, até aproximadamente 160 DAP, verificou-se que PR e PRCP apresentaram valores próximos, ocorrendo o mesmo para Leira e PAG + L. PAG apresentou valores intermediários entre os preparos sem revolvimento do solo e preparos com confecção de leira. Após 160 DAP, observou-se que os valores de Mi aproximaram-se.

Quando é realizada a comparação com MATA, por meio do teste de Dunnett, os valores foram semelhantes, aos 90 e 120 DAP, entre MATA (0,23 e 0,17 cm³·cm⁻³, respectivamente) e Leira e entre MATA e PAG + L, enquanto os demais sistemas de preparo apresentaram valores significativamente maiores. Aos 150 e 180 DAP, os valores obtidos em Leira, PAG + L, PAG e PR foram semelhantes aos obtidos em MATA (0,18 e 0,17 cm³·cm⁻³), enquanto PRCP apresentou valores maiores.

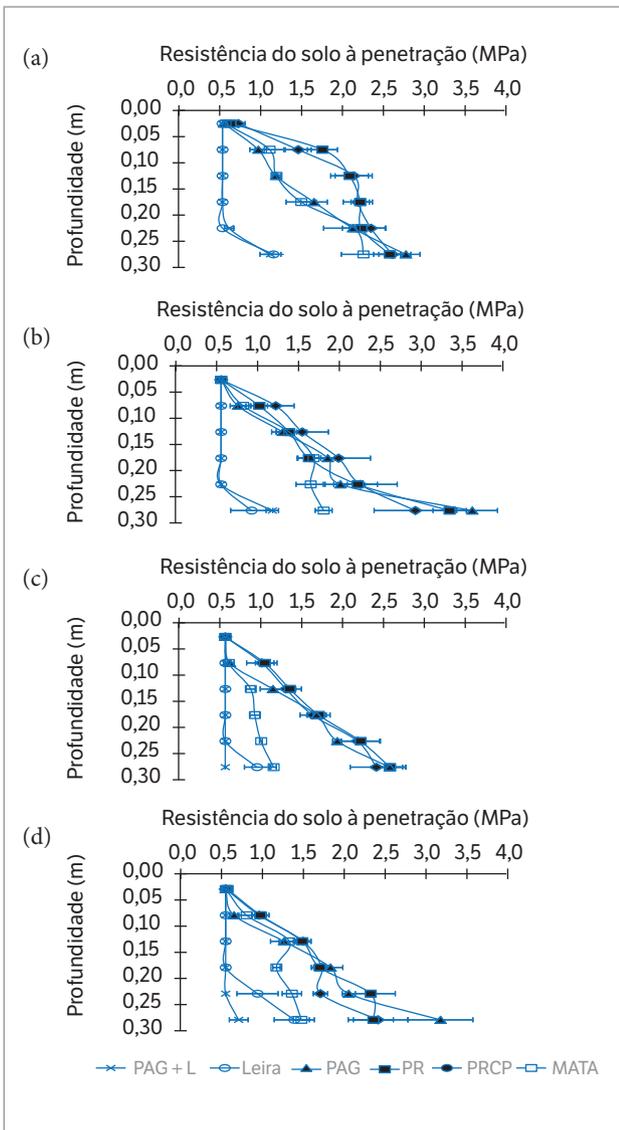
Os resultados da avaliação da RP são apresentados na Figura 2.

Analisando-se as 4 épocas de coleta, foi verificado que a RP em Leira e PAG + L foi superior a 0,54 MPa apenas a partir de 0,17 m, atingindo até aproximadamente 1,3 MPa aos 0,27 m. Ou seja, o revolvimento do solo por meio da confecção de leiras permite que as raízes das plantas encontrem pouca resistência ao seu crescimento. Os demais preparos de solo já apresentaram RP com valores acima de 0,54 MPa a partir de 0,05 m e, em geral, houve acréscimo no valor de RP com o aumento da profundidade. PR e PRCP apresentaram

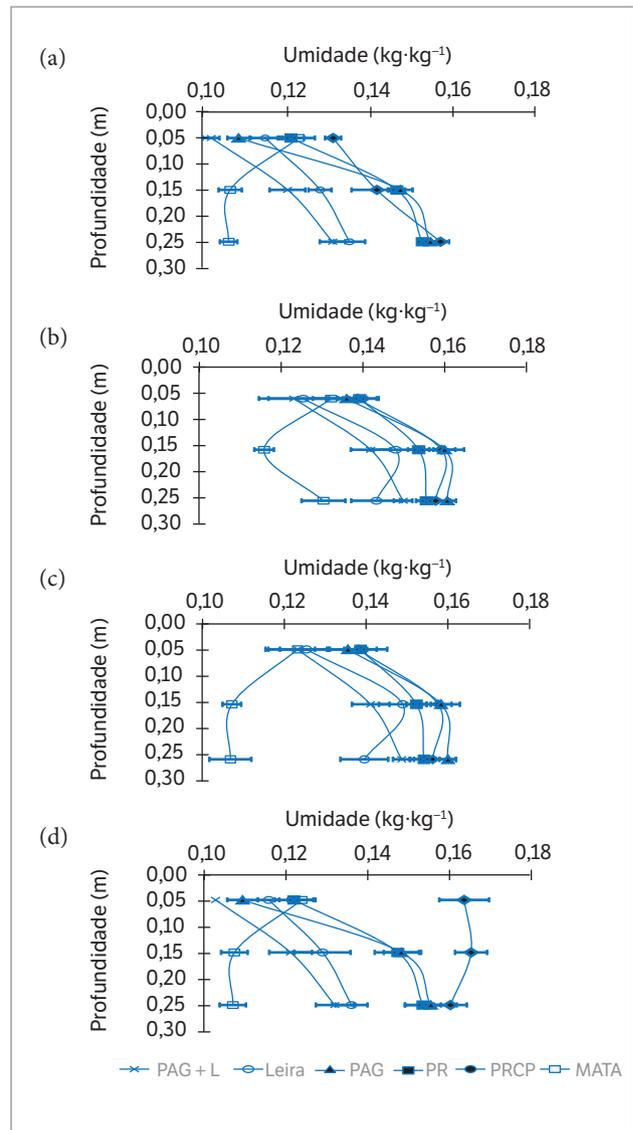
valores semelhantes em quase todos os pontos de avaliação e os maiores valores de RP. PAG apresentou valores de RP próximos aos verificados em PR e PRCP, mas, em diversos pontos, apresentou menores valores devido aos efeitos do revolvimento do solo, efeito esse que não foi suficiente para que PAG apresentasse valores semelhantes aos obtidos em Leira e PAG + L. Na comparação com MATA, o preparo de solo que mais se aproximou foi PAG, embora MATA tenha

apresentado menor RP em vários pontos, especialmente aos 120 DAP. Áreas com vegetação natural geralmente apresentam menores valores de RP que solos com uso agrícola, conforme observado por Argenton et al. (2005) e Tavares Filho et al. (2010).

A Ug também variou em função do preparo do solo e da profundidade (Figura 3). Por meio de análise das 4 épocas de avaliação, foi verificado que a confecção de leiras



**Figura 2.** Resistência mecânica do solo à penetração em Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a preparo com confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo (Leira), preparo com aração, gradagem e confecção de leira (PAG + L), preparo com aração e gradagem (PAG), preparo reduzido (PR), preparo reduzido com palha superficial (PRCP) e área de mata nativa (MATA) aos 90 (a), 120 (b), 150 (c) e 180 (d) dias após plantio de batata-doce. \*As barras indicam os valores de erro-padrão da média e a sobreposição destas, a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos.



**Figura 3.** Umidade gravimétrica em Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a preparo com confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo (Leira), preparo com aração, gradagem e confecção de leira (PAG + L), preparo com aração e gradagem (PAG), preparo reduzido (PR), preparo reduzido com palha superficial (PRCP) e área de mata nativa (MATA) aos 90 (a), 120 (b), 150 (c) e 180 (d) dias após plantio de batata-doce. \*As barras indicam os valores de erro-padrão da média e a sobreposição destas, a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos.

em Leira e PAG + L promoveu menor manutenção de água no solo do que em preparos sem leira (PR, PRCP e PAG), principalmente nas camadas 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m. A maior manutenção de umidade no solo pela presença de palha superficial foi verificada na camada de 0 a 0,10 m apenas aos 90 e aos 180 DAP. Os resíduos mantidos na superfície implicam em temperatura máxima e amplitude térmica menores (Martorano et al. 2009), beneficiando a manutenção da água no solo (Fasinmirin e Reichert 2011), devido principalmente à menor perda de água por evaporação (Agbede 2010).

Com relação à produtividade da cultura, houve interação entre os tratamentos preparo de solo e época de coleta para as variáveis produtividades total e comercial de raízes tuberosas de batata-doce. As produtividades total e comercial nos 5 sistemas de preparo apresentaram resposta estimada segundo modelo linear, apresentando maiores valores com o aumento do período de manutenção das plantas no campo (Figura 4). O incremento na produtividade deve-se ao aumento da massa fresca individual de raízes tuberosas e à tuberização de outras raízes ao longo do tempo. Aos 90 DAP, foi verificado que, nos preparos sem revolvimento (PRCP e PR), as produtividades total e comercial foram inferiores às obtidas nos preparos com revolvimento de solo (Leira, PAG + L e PAG). Com o passar do tempo, essa diferença diminuiu entre os tratamentos na produtividade total tornando os valores próximos, diferentemente do verificado em trabalhos de Rós et al. (2013a), no qual a diferença entre as

produtividades totais de raízes tuberosas em solo preparado sobre aração, gradagem e confecção de leiras e solo sob preparo reduzido foi sendo ampliada com o tempo.

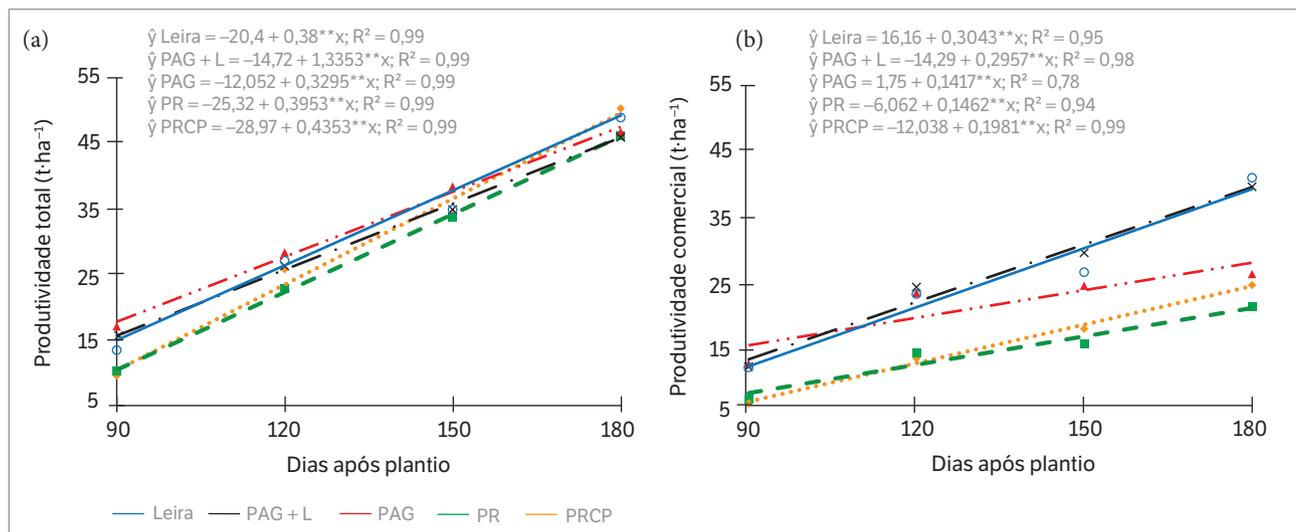
Quanto à produtividade comercial, os valores verificados em Leira e PAG + L distanciaram-se dos obtidos em PRCP e PR com a ampliação da época de colheita, sendo que os tratamentos com confecção de leiras (Leira e PAG + L) apresentaram produtividade comercial superior a 160% da produtividade verificada em área não revolvida, aos 180 DAP. PAG apresentou valores intermediários entre os manejos sem revolvimento e aqueles com confecção de leiras.

A produtividade total verificada no presente trabalho difere dos resultados obtidos nos trabalhos de Anikwe e Ubochi (2007), Agbede (2010) e Rós et al. (2014a), os quais constataram que o plantio em solo revolvido resulta em maior produtividade de raízes tuberosas de batata-doce em relação ao plantio em solo não revolvido. Agbede e Adekiya (2013), de maneira semelhante aos autores supracitados, constataram que o preparo do solo por meio de aração, gradagem e confecção de leiras promove maior produtividade de inhame que aração e gradagem e plantio direto, o que foi justificado pela menor densidade de solo do primeiro tratamento.

Essa divergência de resultados entre os poucos trabalhos relacionados ao preparo do solo para a cultura da batata-doce demonstra a necessidade de mais estudos sobre o tema.

Com relação ao número de raízes tuberosas, houve interação entre preparo do solo e época de colheita. Os

→



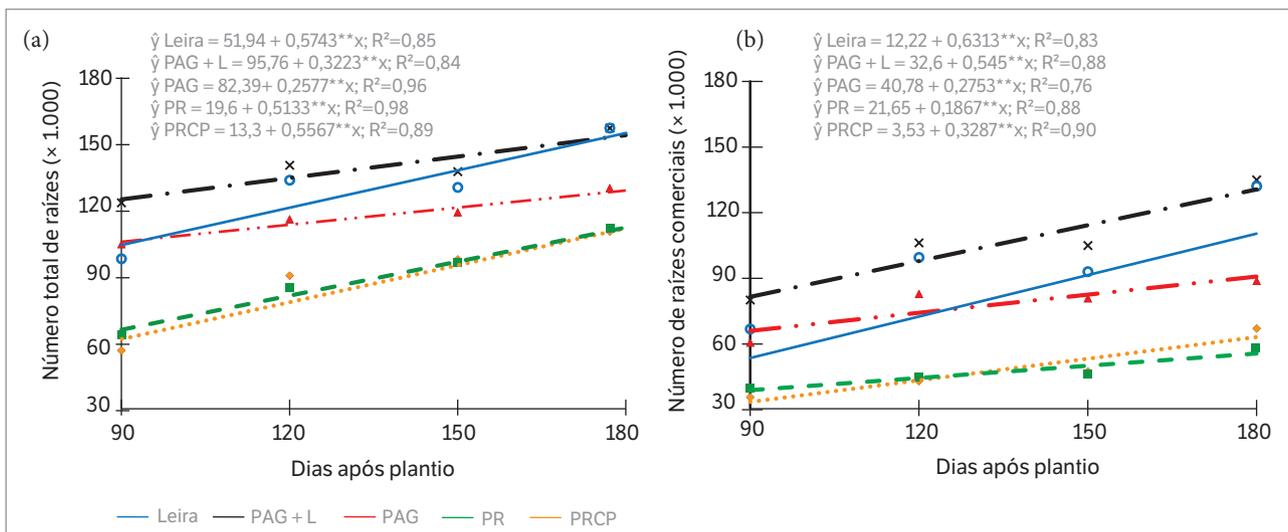
**Figura 4.** Produtividades total (a) e comercial (b) de raízes de batata-doce cultivada em Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a preparo com confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo (Leira), preparo com aração, gradagem e confecção de leira (PAG + L), preparo com aração e gradagem (PAG), preparo reduzido (PR) e preparo reduzido com palha superficial (PRCP) em diferentes épocas de avaliação. \*\*Significativo pelo teste  $t$  ( $p < 0,01$ ).

números total e comercial de raízes tuberosas apresentaram comportamento estimado linear crescente com o incremento do período de colheita em todos os sistemas de preparo do solo (Figura 5), o que está associado à inclusão de raízes tuberosas com massa não considerada em período anterior (menor que 40 g).

Em solos revolvidos (Leira, PAG + L e PAG), os números totais e comerciais de raízes foram superiores aos números obtidos em solos não revolvidos (PRCP e PR), desde a primeira época de avaliação. Aos 180 DAP, o número total de raízes tuberosas em área com confecção de leiras (Leira e PAG + L) foi aproximadamente 36% maior que em área sem revolvimento, enquanto no número de raízes comerciais a variação foi superior a 100%. A grande diferença no número de raízes totais e comerciais nas áreas sem revolvimento deve-se ao critério de considerar comerciais apenas as raízes com relação comprimento e diâmetro igual ou superior a 1,75. E, da mesma forma que na produtividade, PAG apresentou valores intermediários, demonstrando que, mesmo sem confecção de leiras, o preparo do solo por meio de aração e gradagem promoveu benefícios em propriedades físicas do solo para a cultura em relação ao não revolvimento. Essas informações corroboram trabalhos de Rós et al. (2013a) e Rós et al. (2014a), que relatam que o revolvimento do solo favorece maior número de raízes de batata-doce que o não revolvimento. No entanto, em mandioca, segundo trabalho de Gonzales et al. (2014), apenas no início do ciclo da cultura (até 60 DAP) houve influência do preparo no número de

raízes; após esse período, as plantas apresentaram mesmo número de raízes quando cultivadas em preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto.

O não revolvimento do solo (PR e PRCP) favoreceu a maior massa fresca individual de raízes comerciais que leira e PAG + L (Figura 6a), o que era esperado, visto que o número total de raízes entre esses preparos de solo foi muito diferente enquanto a produtividade total não. O teor de massa seca, ao contrário, apresentou valor menor em PRCP e PR que PAG + L e Leira (Figura 6b). PAG apresentou comportamento intermediário, mas, aos 180 DAP, apresentou valor próximo aos verificados em PAG + L e Leira. Dessa forma, pode-se supor que, devido a cada planta possuir menor número de raízes tuberosas nos solos sem revolvimento, cada raiz foi favorecida pela distribuição de substâncias de reserva em um número reduzido de raízes por unidade de planta. Em raízes produzidas em PRCP e PR, também há maior acúmulo de água nas raízes, visto que o solo sem revolvimento apresentou maior umidade que os solos com leiras, conforme também verificado em trabalho de Agbede (2008), Rós et al. (2013b) e Rós et al. (2014b). Ressalta-se que, em trabalho de Rós et al. (2013a), não houve diferença na massa fresca individual das raízes tuberosas de plantas cultivadas em solo revolvido e sem revolvimento, o que foi justificado como menor produção de substâncias-reserva por planta cultivadas em solo sem revolvimento, visto que o número de raízes por planta foi menor. Gonzales et al. (2014), diferentemente do presente trabalho, não verificaram diferença no teor de



**Figura 5.** Números total (a) e comercial (b) de raízes de batata-doce cultivada em Argissolo Vermelho- Amarelo submetido a preparo com confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo (Leira), preparo com aração, gradagem e confecção de leira (PAG + L), preparo com aração e gradagem (PAG), preparo reduzido (PR) e preparo reduzido com palha superficial (PRCP) em diferentes épocas de avaliação. \*\*Significativo pelo teste  $t$  ( $p < 0,01$ ).

massa seca de raízes de mandioca em diferentes preparos do solo e justificaram que o longo ciclo da cultura promoveu diferentes taxas de acúmulo de massa seca, o que reduziu possíveis diferenças entre os tratamentos.

O formato das raízes tuberosas também foi influenciado pelo preparo do solo e época de coleta. As raízes tuberosas apresentaram valores em ordem decrescente de relação comprimento/diâmetro em PAG + L, Leira, PAG e preparo reduzido (PR e PRCP) (Tabela 2). Dessa forma, verificou-se que, quanto mais revolvido o solo, maior o crescimento em comprimento, o que resultou em raízes mais alongadas. Em mandioca, Gonzales et al. (2014) verificaram que os preparos

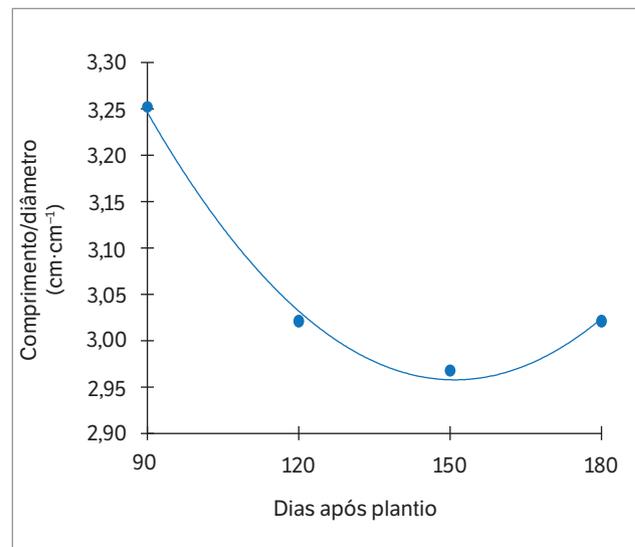
**Tabela 2.** Relação comprimento/diâmetro de raízes tuberosas produzidas em Argissolo Vermelh-Amarelo submetido a preparo com aração, gradagem e confecção de leira, preparo com confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo, preparo com aração e gradagem, preparo reduzido e preparo reduzido com palha superficial.

Preparo do solo	Comprimento/diâmetro (cm·cm <sup>-1</sup> )
PAG + L	4,0 A
Leira	3,4 B
PAG	2,9 C
PR	2,6 D
PRCP	2,5 D
CV (%)	12,44

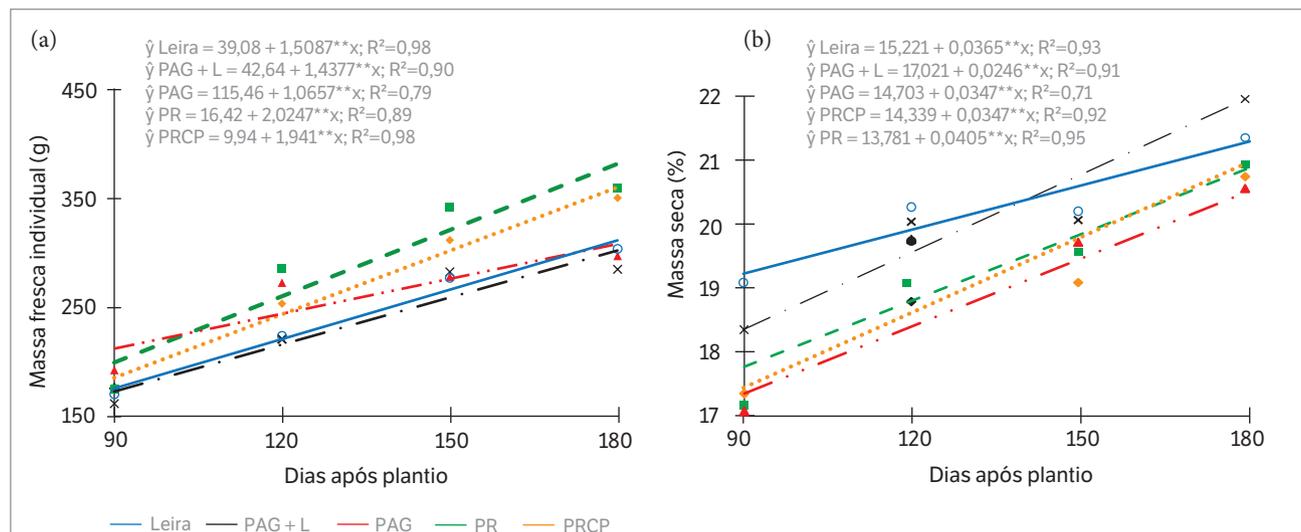
Letras diferentes entre os preparos de solo diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). PAG + L = Preparo com aração, gradagem e confecção de leira; Leira = Confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo; PAG = Preparo com aração e gradagem; PR = Preparo reduzido; PRCP = Preparo reduzido com palha superficial; CV = Coeficiente de variação.

de solo cultivo mínimo, preparo convencional e plantio direto não influenciaram o crescimento em comprimento de raízes; no entanto, o preparo convencional favoreceu o maior diâmetro de raízes em determinada época do ciclo da cultura.

Em relação à época, houve diminuição da relação comprimento/diâmetro da raiz no período compreendido entre 90 e, aproximadamente, 150 DAP, o que indica que as raízes passaram a apresentar maior acúmulo de substâncias-reserva em diâmetro do que em comprimento (Figura 7). Após esse período, as raízes passam a aumentar a relação, →



**Figura 7.** Relação comprimento/diâmetro de raízes tuberosas em função de épocas de coleta. \*\* e \*Significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ , respectivamente, pelo teste  $t$ .



**Figura 6.** Massa fresca individual (a) e massa seca (b) de raízes de batata-doce cultivada em Argissolo Vermelh-Amarelo submetido a preparo com confecção de leiras em área sem revolvimento prévio do solo (Leira), preparo com aração, gradagem e confecção de leira (PAG + L), preparo com aração e gradagem (PAG), preparo reduzido (PR) e preparo reduzido com palha superficial (PRCP) em diferentes épocas de avaliação. \*\*Significativo pelo teste  $t$  ( $p < 0,01$ ).

indicando desaceleração do crescimento em diâmetro e favorecimento do crescimento em comprimento.

## CONCLUSÃO

O menor revolvimento do solo, por meio da eliminação da etapa de aração e gradagem quando há confecção de leira, promove propriedades físicas de solo favoráveis ao cultivo de batata-doce, visto que resulta em valores de propriedades físicas semelhantes aos do preparo que contém as etapas de aração e gradagem e confecção de leiras, preparo comumente adotado para a cultura.

A confecção de leiras, precedida ou não por preparo mediante aração e gradagem, promove maiores produtividades

total e comercial de raízes tuberosas de batata-doce em relação ao preparo reduzido e preparo por meio de aração e gradagem.

O formato das raízes tuberosas é influenciado pelo preparo do solo. Nos preparos com confecção de leira, as raízes são mais alongadas que nos demais preparos, o que favorece maior número de raízes com formato considerado comercial.

## AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

- Agbede, T. M. (2008). Nutrient availability and cocoyam yield under different tillage practices. *Soil and Tillage Research*, 99, 49-57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2007.12.003>.
- Agbede, T. M. (2010). Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. *Soil and Tillage Research*, 101, 25-35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2010.06.003>.
- Agbede, T. M. e Adekiya, A. O. (2013). Soil properties and yam yield under different tillage systems in a tropical Alfisol. *Archives Agronomy Soil Science*, 59, 505-519. <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2011.652096>.
- Aiyelari, E. A., Ndaeyo, U. N. e Agboola, A. A. (2001). Effects of tillage practices on growth and yield of cassava (*Manihot esculenta*) and some soil properties in Ajibode, South-western Nigeria. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 71, 171-176.
- Anikwe, M. A. N. e Ubochi, J. N. (2007). Short-term changes in soil properties under tillage systems and their effect on sweet potato (*Ipomea batatas* L.) growth and yield in an Ultisol in south-eastern Nigeria. *Soil Research*, 45, 351-358. <http://dx.doi.org/10.1071/SR07035>.
- Argenton, J., Albuquerque, J. A., Bayer, C. e Wildner, L. P. (2005). Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29, 425-435. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000300013>.
- Barrera, P. (1986). Batata-doce: uma das doze mais importantes culturas do mundo. São Paulo: Ícone.
- Calonego, J. C., Santos, C. H., Tiritan, C. S. e Cunha Junior, J. R. (2012). Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Caatinga*, 25, 128-135.
- Carneiro, M. A. C., Souza, E. D., Reis, E. F., Pereira, H. S. e Azevedo, W. R. (2009). Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, 147-157. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000100016>.
- Carter, M. R., Sanderson, J. B. e Peters, R. D. (2009). Long-term conservation tillage in potato rotations in Atlantic Canada: Potato productivity, tuber quality and nutrient content. *Canadian Journal of Plant Science*, 89, 273-280. <http://dx.doi.org/10.4141/CJPS08073>.
- Claessen, M. E. C. (Org.) (1997). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa. 212 p.
- Costa, F. S., Albuquerque, J. A., Bayer, C., Fontoura, S. M. V. e Wobeto, C. (2003). Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 527-535. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000300014>.

- Cruz, A. C. R., Goedert, W. J. e Sousa, D. M. G. (2003). Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 1105-1112. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000600015>.
- Cunha, E. Q., Stone, L. F., Moreira, J. A. A., Ferreira, E. P. B., Didonet, A. D. e Leandro, W. M. (2011). Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 589-602. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- Fasinmirin, J. T. e Reichert, J. M. (2011). Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the tropics. *Soil and Tillage Research*, 113, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/s.still.2011.01.008>.
- Ferreira, R. R. M., Tavares Filho, J. e Ferreira, V. M. (2010). Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, 31, 913-932. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n4p913>.
- Fontes, P. C. R., Nunes, J. C. S., Fernandes, H. C. e Araújo, E. F. (2007). Características físicas do solo e produtividade da batata dependendo de sistemas de preparo do solo. *Horticultura Brasileira*, 25, 355-359. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362007000300007>.
- Gonzales, P. F., Bicudo, S. J., Moraes-Dallaqua, M. A., Tanamati, F. Y. e Aguiar, E. B. (2014). Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo. *Bragantia*, 73, 357-364. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0150>.
- Gordon, R. J., Vanderzaag, A. C., De Haan, R. e Madani, A. (2011). Impact of modified tillage on runoff and nutrient loads from potato fields in Prince Edward Island. *Agricultural Water Management*, 98, 1782-1788. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2011.07.007>.
- Howeler, R. H., Ezumah, H. C. e Midmore, D. J. (1993). Tillage systems for root and tuber crops in the tropics. *Soil and Tillage Research*, 27, 210-240. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-1987\(93\)90069-2](http://dx.doi.org/10.1016/0167-1987(93)90069-2).
- Ivany, J. A., Arsenault, W. e Holmstrom, D. (2007). Response of potatoes to reduced tillage and different nitrogen fertility levels. *Canadian Journal of Plant Science*, 87, 985-988. <http://dx.doi.org/10.4141/CJPS07011>.
- Llanillo, R. F., Richart, A., Tavares Filho, J., Guimarães, M. F. e Ferreira, R. R. M. (2006). Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. *Semina: Ciências Agrárias*, 27, 205-220. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2006v27n2p205>.
- Martorano, L. G., Bergamaschi, H., Dalmago, G. A., Faria, R. T., Mielniczuk, J. e Comiran, F. (2009). Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 397-405. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000400005>.
- Mata, J. D. V., Gonçalves, A. C. A. e Vieira, S. R. (1998). Variabilidade espacial da macroporosidade do solo em área irrigada, antes do preparo e após colheita, sob dois sistemas de preparo. *Acta Scientiarum Agronomy*, 20, 307-312.
- Oliveira, F. L., Ribeiro, R. L. D., Silva, V. V., Guerra, J. G. M. e Almeida, D. L. (2004). Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalária, sob manejo orgânico. *Horticultura Brasileira*, 22, 638-641. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000300028>.
- Otsubo, A. A., Brito, O. R., Passos, D. P., Araújo, H. S., Mercante, F. M. e Otsubo, V. H. N. (2012). Formas de preparo de solo e controle de plantas daninhas nos fatores agrônômicos e de produção da mandioca. *Semina: Ciências Agrárias*, 33, 2241-2246. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n6p2241>.
- Pequeno, M. G., Vidigal Filho, O. S., Tormena, C., Kvitschal, M. V. e Manzotti, M. (2007). Efeito do sistema de preparo do solo sobre características agrônômicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11, 476-481. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000500005>.
- Rós, A. B., Tavares Filho, J. e Barbosa, G. M. C. (2013a). Produtividade da cultura da batata-doce em diferentes sistemas de preparo do solo. *Bragantia*, 72, 140-145. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052013000200005>.
- Rós, A. B., Tavares Filho, J. e Barbosa, G. M. C. (2013b). Propriedades físicas de solo e crescimento de batata-doce em diferentes sistemas de preparo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37, 242-250. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000100025>.
- Rós, A. B., Tavares Filho, J. e Barbosa, G. M. C. (2014a). Produtividade de raízes tuberosas de batata-doce em diferentes sistemas de preparo do solo. *Ciência Rural*, 44, 1929-1935. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20121169>.

- Rós, A. B., Tavares Filho, J. e Barbosa, G. M. C. (2014b). Propriedades físicas de solo em diferentes sistemas de preparo para o cultivo da batata-doce. *Semina: Ciências Agrárias*, 35, 227-238. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p227>.
- Rossetti, K. V., Centurion, J. F., Oliveira, P. R. e Andrioli, I. (2012). Atributos físicos nos tempos de adoção de manejos em Latossolo cultivado com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36, 367-376. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000200006>.
- Secco, D., Ros, C. O., Secco, J. K. e Fiorin, J. E. (2005). Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29, 407-414. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000300011>.
- Silva, M. A. S., Mafra, A. L., Albuquerque, J. A., Rosa, J. D., Bayer, C. e Mielniczuk, J. (2006). Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30, 329-337. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000200013>.
- Stolf, R. (1991). Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15, 229-235.
- Stone, L. F. e Silveira, P. M. (2001). Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25, 395-401. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000200015>.
- Tavares Filho, J., Barbosa, G. M. C. e Ribon, A. A. (2010). Physical properties of dystrophic Red Latosol (Oxisol) under different agricultural uses. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, 925-933. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300034>.
- Torres, J. L. R., Fabian, A. J. e Pereira, M. G. (2011). Alterações dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. *Ciência e Agrotecnologia*, 35, 437-445. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000300001>.