

**Sistemas de manejo e qualidade do solo na produção de soja no cerrado de baixa
altitude**

Management systems and soil quality in soybean production in the low altitude closure

**Sistemas de manejo de suelos y calidad en la producción de soja en el cerrado de baja
altitud**

Recebido: 21/06/2020 | Revisado: 04/07/2020 | Aceito: 05/07/2020 | Publicado: 17/07/2020

Maria Julia Betiolo Troleis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6402-0401>

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, Brasil

E-mail: julia_troleis@hotmail.com.br

Rafael Montanari

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3557-2362>

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, Brasil

E-mail: r.montanari@unesp.br

Karla Nascimento Sena

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0437-8425>

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, Brasil

E-mail: karlla_senna@hotmail.com

Paulino Taveira de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4998-3602>

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, Brasil

E-mail: paulinoagro@gmail.com

Rayner Sversut Barbieri

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8022-6824>

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, Brasil

E-mail: rayner_sb@hotmail.com

Élcio Hiroyoshi Yano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4326-4543>

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, Brasil

E-mail: elcio@agr.feis.unesp.br

Antonio Paz González

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6318-8117>

Resumo

Objetivou-se avaliar os atributos físicos e químicos de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico de textura argilosa e os parâmetros fitotécnicos da cultura da soja. O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, campus de Ilha Solteira. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, 7 tratamentos e 4 repetições, sendo: arado de aiveca, cultivo mínimo, grade pesada, plantio direto consolidado, plantio direto implantado sobre arado de aiveca, plantio direto implantado sobre cultivo mínimo e plantio direto implantado sobre grade pesada. Realizou-se análises dos atributos físicos e químicos do solo, altura de planta e da inserção da primeira vagem, diâmetro do colmo, número de grãos por vagem, massa de 1000 grãos, massa seca de plantas, produtividade de grãos e stand final para a cultura da soja. Houve diferença estatística na camada de 0,00-0,10m para atributos químicos do solo. O sistema plantio direto consolidado apresentou melhores resultados. Nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30m, os maiores valores de potássio foram obtidos com revolvimento do solo. A maior resistência a penetração foi observada na camada de 0,20-0,30 m nos sistemas de preparo que foram submetidos a revolvimento. A altura de inserção da primeira vagem foi maior no sistema grade pesada.

Palavras-chave: *Glycine max L.*; Resistência à penetração; Manejo do solo; Uso do solo.

Abstract

The objective was to evaluate the physical and chemical attributes of a OXISOL of clayey texture and the phytotechnical parameters of the soybean crop. The experiment was conducted at the Teaching, Research and Extension Farm of UNESP, Ilha Solteira Campus. The experimental design was a randomized block design, with 7 treatments and 4 replications, being: aiveca plow, minimum cultivation, heavy grating, consolidated no - tillage, no - tillage planted on aiveca plow, no - tillage planted on minimum tillage and no - tillage planted on heavy grid. The physical and chemical attributes of the soil, plant height and first pod insertion, shoot diameter, number of grains per pod, mass of 1000 grains, dry mass of plants, productivity and initial and final stand were evaluated of soy. There was statistical difference in the layer of 0.00-0.10m for soil chemical attributes, the consolidated no-tillage system presented better results. In the layers of 0.10-0.20 and 0.20-0.30m, the highest values of potassium were obtained with soil stirring. The highest penetration resistance was observed in

the layer of 0.20-0.30 m in the preparation systems that were subjected to stirring. The first pod insertion height was higher in the heavy grating system.

Keywords: *Glycine max L.*; Resistance to penetration; Soil management; Use of the soil.

Resumen

El objetivo fue evaluar los atributos físicos y químicos de una textura de arcilla FERRALSOL y los parámetros fitotécnicos de la soja. El experimento se llevó a cabo en la Granja de Educación, Investigación y Extensión de UNESP, Ilha Solteira. El diseño experimental fue en bloques al azar, 7 tratamientos y 4 repeticiones, siendo: arado de vertedera, cultivo mínimo, rastra pesada, labranza cero consolidada, labranza cero implantada sobre arado de vertedera, labranza cero implantada sobre cultivo mínimo y labranza cero implantada sobre rejilla pesada. Análisis de los atributos físicos y químicos del suelo, altura de la planta e inserción de la primera vaina, diámetro del tallo, número de granos por vaina, masa de 1000 granos, masa seca de plantas, productividad de grano y soporte final para el cultivo. cultivo de soja. Hubo una diferencia estadística en la capa de 0.00-0.10m para los atributos químicos del suelo. El sistema consolidado de labranza cero presenta mejores resultados. En las capas de 0.10-0.20 y 0.20-0.30m, los valores más altos de potasio se obtuvieron con la rotación del suelo. La mayor resistencia a la penetración se observó en la capa de 0,20-0,30 m en los sistemas de preparación sometidos a torneado. La altura de inserción de la primera vaina fue mayor en el sistema de grilla pesada.

Palabras clave: *Glycine max L.*; Resistencia a la penetración; Manejo del suelo; Uso del suelo.

1. Introdução

A cultura da soja (*Glycine max L. Merrill*) é uma das principais commodities mundiais, com produção de 337 milhões de toneladas e uma área plantada de 125 milhões de hectares, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial. Nas safras 2017/2018 obteve uma produção de 117 milhões de toneladas e uma área plantada de 35 milhões ha, apresentando uma produtividade média de 3.333 kg ha⁻¹ (Companhia Nacional de Abastecimento [Conab], 2018).

O uso do solo para atividades agrícolas provoca alterações químicas, físicas e biológicas, podendo ser necessária a intervenção por meio de manejos, os quais podem ser, sistema de plantio convencional, sistema de plantio direto, além da utilização de calagem e

adubação, sendo que, a falta dessas práticas pode interferir de forma significativa na produtividade das culturas (Santos et al., 2017).

Devido ao manejo inadequado do solo adotado pelos agricultores e pecuaristas brasileiros, buscam-se alternativas agrícolas que visam seu manejo correto, além de uma agricultura sustentável e, conseqüentemente elevadas produtividades. Com isso, a necessidade de conhecer e avaliar os indicadores de qualidade química, física e biológica do solo se tornou mais eminente, sendo um dos principais objetivos da ciência do solo (Cardoso et al., 2013; Lima et al., 2013). Os atributos químicos e físicos do solo são fortemente alterados pelo uso e manejo do solo, quando comparado a vegetação nativa, o que permite o uso desses atributos como indicador ambiental da qualidade física e química do solo (Freitas et al., 2017).

Avaliando o preparo de um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, no município de Cassilândia - MS, Monteiro et al. (2017) verificaram o efeito de grade leve, grade intermediária, subsolador, arado de disco e arado de aiveca, empregados individualmente, e constataram que a resistência do solo à penetração foi menor ao utilizar o arado de disco ou aiveca. No entanto, a cobertura vegetal do solo após o preparo foi maior com o uso de subsolador e a grade leve não foi eficiente para revolver o solo em preparo primário.

Salem et al. (2015), ao estudarem os atributos físicos do solo em quatro sistemas de preparo do solo, sendo esses, preparo convencional, preparo vertical, cultivo mínimo e plantio direto, afirmaram que a compactação do solo é reduzida ao utilizar o preparo convencional em comparação a outras práticas de preparo do solo; já o preparo vertical (idêntico ao cultivo mínimo, porém criou-se mini depressões após o plantio para que a rugosidade aumentasse) e o cultivo mínimo mostraram um efeito moderado nos indicadores de compactação do solo. Ainda relataram que o preparo vertical é uma opção viável por apresentar efeitos positivos nas propriedades físicas do solo e maior rendimento das culturas em comparação com o plantio direto e o cultivo mínimo.

A compactação dos solos, devido à intensificação do tráfego de máquinas nas atividades agrícolas, pode constituir um fator limitante ao crescimento das plantas (Rossetti & Centurion, 2017), enquanto o preparo do solo favorece o desenvolvimento do sistema radicular e cria condições adequadas para o desenvolvimento das plantas. Entretanto, o uso indiscriminado de máquinas e implementos pode afetar a resistência do solo à penetração e a manutenção da cobertura vegetal morta na superfície do solo (Theodoro et al., 2018).

O sistema plantio direto (SPD), por não causar revolvimento do solo, associado a práticas conservacionistas, tendem a melhorar a fertilidade do solo (Karlen et al., 2013), conseqüentemente melhora sua qualidade de maneira geral, além disso, no SPD ocorre o

acúmulo dos resíduos vegetais das culturas antecessoras na superfície do solo, promovendo o contínuo aumento de matéria orgânica na camada superficial e melhorando seus atributos físicos e químicos (Guareschi et al., 2012).

O sistema com menor número de operações consistiu em duas gradagens (uma com grade aradora e outra com grade niveladora "off set") e preparo convencional, uma operação com arado seguida de quatro operações com a grade niveladora, apresentaram diferenças na resistência à penetração do solo nas camadas de 0,15-0,20 m, 0,45-0,50 m e 0,50-0,55m, porém não apresentou os mesmos efeitos nas camadas superficiais, sendo que, o solo preparado de forma convencional apresentou menor área coberta com resíduos vegetais em sua superfície (Theodoro et al., 2018).

Neste contexto, os diferentes sistemas de manejo de solo utilizados e as diversas alterações que estes podem promover, justifica-se a necessidade de identificar o sistema de manejo de solo mais adequado para a cultura da soja. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade dos sistemas de manejo do solo por meio dos atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa e avaliar os parâmetros fitotécnicos da cultura da soja.

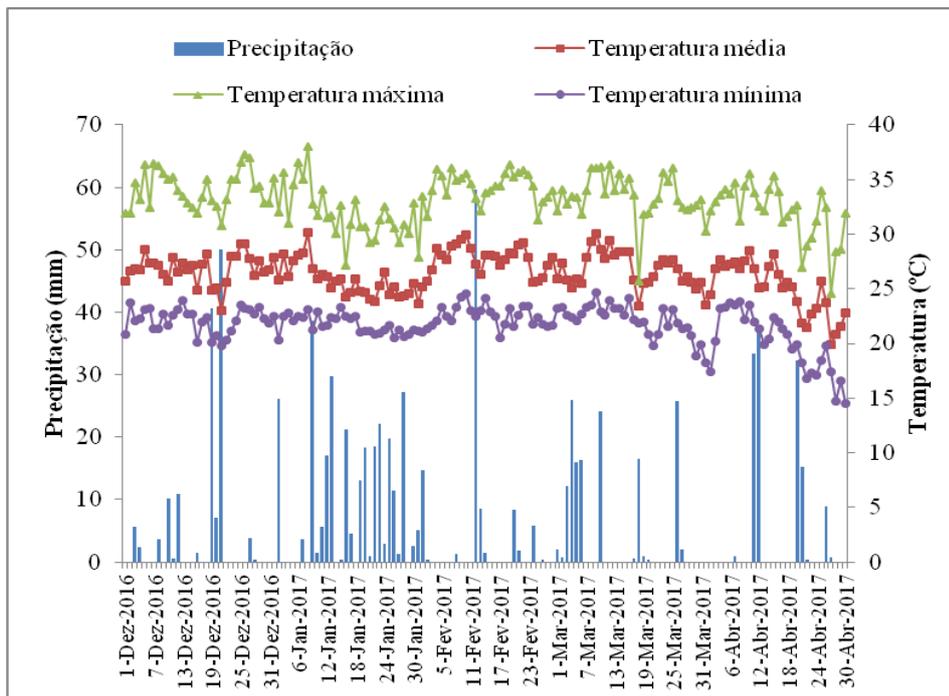
2. Metodologia

O presente trabalho caracteriza-se por ser um experimento de campo de natureza quantitativa e qualitativa (Pereira et al., 2018). O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE da UNESP “Júlio Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, localizada no município Selvíria (MS), sob coordenadas geográficas 20°20'46" S latitude e 51°24'28" W longitude.

Segundo Köppen, o clima é classificado como Aw, clima Tropical (Alvares et al., 2013), apresentando secas no inverno e chuvas no verão, altitude média de 335 m e declive homogêneo de 0,025 m m⁻¹. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa (Demattê, 1980 atualizado de acordo Santos et al., 2018).

Os dados pluviométricos e as temperaturas médias foram mensurados no período de dezembro de 2016 a abril de 2017, período em que foi implantada a cultura da soja. No total foram 802,3 mm de precipitações, distribuídos mensalmente, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Valores diários de precipitação pluvial e temperaturas do ar no período de dezembro de 2016 a abril de 2017.



Fonte: Produzida pelos autores.

A irrigação complementar por pivô central foi utilizada durante o ano agrícola 2016/2017. A área apresenta como histórico uma sucessão de culturas soja e milho (verão) e feijão e sorgo (inverno) há pelo menos 13 anos em sistema de plantio direto.

Em dezembro de 2016, a área total do experimento recebeu adubação de acordo com as recomendações do Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997) na linha de semeadura com 150 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16, foi realizado também a dessecação das áreas que receberam os tratamentos Sistema Plantio Direto Contínuo e Cultivo mínimo com os herbicidas Glyphosate (792,5 g kg⁻¹), na dose de 2 kg ha⁻¹ e Triazolona (400 g L⁻¹), na dose de 0,07 L ha⁻¹.

Na sequência, antes da semeadura que foi realizada no dia 17 de dezembro de 2016, houve o tratamento das sementes de soja (BMX Potência RR, 355.552 sementes ha⁻¹) com Carboxina (200 g L⁻¹) e Thiran (200 g L⁻¹) na dose de 100 ml para 50 kg de sementes⁻¹ (fungicida sistêmico), além do inoculante líquido SEMIA 5019 + SEMIA 5079 na dose de 100 ml para 50 kg de sementes⁻¹.

Foram efetuadas pulverizações, conforme necessário, em área total com os inseticidas e suas respectivas doses, Flubendiamida (400 g L⁻¹), 0,07 L ha⁻¹; Metomil (216 g L⁻¹), 0,6 L ha⁻¹; Acefato (750 g Kg⁻¹), 0,8 Kg ha⁻¹; Acetamiprido (100 g L⁻¹), 0,6 L ha⁻¹; Alfa-

cipermetrina (200 g L^{-1}), $0,03 \text{ L ha}^{-1}$; além do fungicidas Azoxistrobina (200 g L^{-1}) + Ciproconazol (80 g L^{-1}), $0,35 \text{ L ha}^{-1}$.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 7 tratamentos e 4 repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de 21 linhas, espaçadas por 0,45 m, com 20 m de comprimento, totalizando uma área de 189 m^2 , e carregadores de 10 m, para manobras de máquinas e equipamentos.

Tratamentos:

1. Arado de Aiveca (AA): Mobilização do solo com arado de aiveca, em área total da parcela experimental, mantendo uma profundidade média de rompimento do solo de 0,30 m. A partir do ano de 2014 (safra/safrinha) vem sendo realizada o preparo convencional do solo, anteriormente (13 anos atrás) o sistema de manejo utilizado nessa área era sistema de plantio direto.
2. Cultivo Mínimo (CM): Mobilização do solo realizada com escarificador, em área total da parcela, mantendo uma profundidade média de trabalho de 0,35 m. após 20 anos de plantio direto. A partir do ano de 2014 (safra/safrinha) vem sendo realizada a escarificação, anteriormente (13 anos atrás) o sistema de manejo utilizado nessa área era sistema de plantio direto.
3. Gradagem pesada (GP): Mobilização do solo realizada com grade pesada, em área total da parcela, mantendo uma profundidade média de corte do solo de 0,25 m. A partir do ano de 2014 (safra/safrinha) vem sendo realizada o plantio convencional do solo, anteriormente (13 anos atrás) o sistema de manejo utilizado nessa área era sistema de plantio direto.
4. Sistema de Plantio Direto Consolidado (SPDC): Semeadura com mobilização do solo apenas na linha de semeadura durante 10 anos, realizada pelo mecanismo sulcador tipo haste da semeadora/adubadora, com profundidade média de trabalho de 0,15 m.
5. Sistema de Plantio Direto implantado sobre Arado Aiveca (SPDiAA): Mobilização do solo realizada com arado de aiveca sobre plantio direto, ou seja, no ano de 2014, foi realizada uma aração na safra, já na safrinha do mesmo ano voltou a ser utilizado o sistema de plantio direto (entre os anos de 2004 a 2014 o manejo utilizado na área foi plantio direto).

6. Sistema de Plantio Direto implantado sobre Cultivo Mínimo (SPDiCM): Semeadura direta em área onde realizou escarificação. Após 10 anos de plantio direto, ou seja, no ano de 2014, realizou-se escarificação na safra, já na safrinha do mesmo ano voltou a ser utilizado o sistema de plantio direto (entre os anos de 2004 a 2014 o manejo utilizado na área foi plantio direto).

7. Sistema de Plantio Direto implantado sobre Grade Pesada (SPDiGP): Mobilização do solo realizada com grade pesada sobre plantio direto. Após 10 anos de plantio direto, ou seja, no ano de 2014, realizou-se uma gradagem na safra, já na safrinha do mesmo ano voltou a ser utilizado o sistema de plantio direto (entre os anos de 2004 a 2014 o manejo utilizado na área foi plantio direto).

As análises dos atributos físicos e químicos do solo foram realizadas após a colheita da soja (primeiro semestre de 2017). Em todas as parcelas experimentais coletou-se amostras com estrutura deformada, para determinação dos atributos químicos do solo nas profundidades de 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 m, e amostras para determinação da umidade gravimétrica, apresentando 4 repetições por parcela, além de terem sido coletadas amostras aleatoriamente.

As amostras foram coletadas com trado holandês e utilizadas para determinar a) teor de fósforo disponível (P) mg dm^{-3} , b) teor de potássio trocável (K) $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, c) teor de cálcio trocável (Ca) $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, d) teor de magnésio trocável (Mg) $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e) soma de bases (SB) %, f) potencial hidrogeniônico (pH) CaCl_2 , g) alumínio trocável (Al) $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, h) acidez potencial (H+Al) $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, i) capacidade de troca catiônica a pH 7 (T), j) saturação por bases (V%), k) saturação por alumínio (m%) e l) teor de matéria orgânica (MO) g dm^{-3} , conforme metodologia descrita por Raij et al. (2001).

A resistência mecânica do solo à penetração das raízes foi determinada pelo penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar, descrito por (Stolf, 1991), com um ângulo de cone de 30°. A transformação da penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto) em resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) foi obtida pela fórmula dos holandeses (Equação 1), segundo Stolf (1991), onde os valores de resistência à penetração (RP) (kgf cm^{-2}) serão multiplicados pelo fator 0,0980665, para a obtenção da RMSP em MPa, nas profundidades de 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 m.

$$RP = \left[5,581 + 6,891 \cdot \left(\frac{N}{P-A} \cdot 10 \right) \right] \cdot 0,0981 \quad (1)$$

Onde: RP é a resistência mecânica do solo à penetração (MPa); N é o número de impactos efetuados com o martelo do penetrômetro para obtenção da leitura; A e P as leituras antes e depois da realização dos impactos (cm).

Foram avaliados os parâmetros Altura da inserção da primeira vagem (cm), Altura de planta (cm), Diâmetro do colmo (cm), Número de grãos por vagem (nº grãos por vagem), Massa de 1000 grãos (g), Massa seca de plantas (Mg ha⁻¹), Produtividade de grãos (Mg ha⁻¹) e Stand inicial e final de plantas (Chioderoli, 2010).

Para cada atributo foi realizada análise descritiva dos dados com auxílio da estatística clássica, utilizando-se o SAS (Schlotzhaver e Littel, 1997), sendo inicialmente aplicada análise de variância pelo teste F, seguido da comparação de médias duas a duas pelo teste de Scott Knott a 1% de significância.

3. Resultados e Discussão

Para os atributos químicos na profundidade de 0,00-0,10 m, foi possível observar diferença significativa para o teor de matéria orgânica (Tabela 1), entre os tratamentos que adotaram o sistema plantio direto em ao menos alguma etapa (SPDC, SPD_iAA, SPD_iCM, SPD_iGP) e os tratamentos que envolveram o revolvimento do solo (AA, CM e GP), mostrando resultado superior ao utilizar o SPD.

Tabela 1. Atributos químicos na camada de 0,00-0,10 m de um LATOSSOLO VERMELHO cultivado em diferentes sistemas de manejo do solo.

Sistemas de manejo	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	Ca	Mg	K	H+Al	Al	SB	CTC	V%	m%
	----- mmol _c dm ⁻³ -----						----- % -----					
AA	27,0a	18,0b	5,0a	21,0b	16,0a	3,6a	32,7a	1,0a	40,6a	73,4b	55,2b	2,5a
CM	25,2a	19,5b	5,2a	28,5b	22,5a	3,4a	30,2a	0,5a	54,4a	84,7b	63,2b	1,3a
GP	28,7a	19,2b	5,5a	26,2b	19,5a	3,2a	31,0a	0,5a	55,8a	86,8b	63,0b	1,3a
SPDC	36,7a	21,7a	5,2a	40,7a	32,0a	3,4a	30,5a	0,0a	76,2a	106,7a	70,5a	0,0a
SPDiAA	26,5a	19,0b	5,3a	27,2b	20,0a	3,3a	28,7a	0,3a	50,6a	79,3b	63,2b	0,5a
SPDiCM	31,5a	20,7a	5,5a	35,2a	25,5a	3,4a	24,2a	0,0a	64,2a	88,4b	72,5a	0,0a
SPDiGP	31,5a	21,0a	5,2a	29,5b	23,0a	3,2a	29,5a	0,0a	55,8a	85,3b	64,2b	0,0a
Prob > F	1,156 ^{ns}	4,065*	1,093 ^{ns}	4,753*	3,332 ^{ns}	0,185 ^{ns}	2,065 ^{ns}	1,659 ^{ns}	3,207 ^{ns}	3,542*	3,474*	1,678 ^{ns}
CV (%)	24,9	6,5	6,8	19,8	24,8	16,61	12,5	180,7	21,8	12,7	9,4	184,7

*(5%); ns (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. AA - Preparo convencional com arado de aiveca, CM - Cultivo mínimo, GP - Preparo convencional com grade pesada, SPDC - Sistema de plantio direto consolidado, SPDiAA - Arado de aiveca seguido de sistema de plantio direto, SPDiCM - Cultivo mínimo seguido de sistema de plantio direto, SPDiGP - Grade pesada seguida de sistema de plantio direto. P - fósforo disponível, MO - teor de matéria orgânica, pH - potencial hidrogeniônico, Ca - cálcio trocável, Mg - magnésio trocável, K - potássio trocável, H+Al - acidez potencial, Al - alumínio trocável, SB - soma de bases, CTC - capacidade de troca catiônica a pH 7, V% - saturação por bases, m% - saturação por alumínio. Fonte: Produzida pelos autores.

Este efeito pode ser atribuído a perda de carbono causada pelo revolvimento do solo, corroborando com resultados relatados por Corrêa (2002), ao relatarem que o revolvimento do solo favorece uma maior taxa de oxidação do carbono orgânico resultando na diminuição do teor de carbono no solo, uma vez que no sistema plantio direto a quantidade de resíduos vegetais que retorna ao solo é maior que em sistemas que envolvem o revolvimento do solo. Reis et al. (2016) ao avaliarem frações da matéria orgânica em sistema plantio direto notaram que o carbono orgânico total aumentou nas camadas superficiais, mas reduziu com o aumento da profundidade.

A matéria orgânica é formada essencialmente por compostos de carbono e possui implicações no comportamento físico do solo, de maneira a exercer grande influência no processo de restabelecimento estrutural, além de estar diretamente ligado à qualidade do solo, pois é um agente cimentante da estrutura, atua no tampão do pH, na complexação de elementos e capacidade de troca de cátions, além de aumentar a disponibilidade hídrica no solo (Campos et al., 2016). Portanto, algumas práticas de manejo provocam redução acelerada dos teores de matéria orgânica e elevação dos níveis de compactação do solo, afetando desfavoravelmente a produtividade das culturas (Linhares et al., 2016).

Os maiores teores quanto ao CO e posteriormente a MO só são perceptíveis quando se tem um sistema de plantio direto superior a 6 anos, de modo que este período pode variar de acordo com a região, clima e solo (Matias et al., 2012; Hickmann e Costa, 2012), explicando assim a diferença no teor de MO entre os sistemas que adotaram SPD e os demais sistemas de manejo do solo, devido ao fato destes sistemas terem mais de 10 anos de implantação.

Os teores de Ca e Mg se mostraram mais elevados nos sistemas SPDC e SPD_iCM uma vez que o revolvimento do solo no SPD é inexistente e no cultivo mínimo não há inversão das camadas do solo, assim, as aplicações de calcário se acumulam nas primeiras camadas do solo justificando grande acúmulo de cálcio e magnésio próximo a superfície. Nos processos com alto revolvimento e inversão de camadas como a GP e AA, a incorporação do calcário faz com que estes elementos se distribuam ao longo do perfil do solo, assim como observado por Caires et al. (2006), ao estudarem calagem e gessagem em sistemas sustentáveis de produção, notaram que a correção da acidez do solo é realizada mediante aplicação de calcário na superfície, sem incorporação. Sendo assim, a baixa mobilidade dos produtos de dissolução do calcário aplicado na superfície limita sua eficiência na redução da acidez em camadas sub superficiais de solos com cargas variáveis e, que dependem da lixiviação de sais, orgânicos e, ou, inorgânicos, através do perfil do solo.

Falleiros et al. (2003), ao estudarem a influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo verificaram que o teor de Ca foi maior na camada superficial no sistema de semeadura direta, atribuindo esse fato ao não revolvimento do solo e à reciclagem dos nutrientes pelas plantas.

Os atributos químicos de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo avaliados por Santos et al. (2017), mostraram que tanto a SB como a V% são fatores dependentes principalmente das bases Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} que apresentam mesmo comportamento no perfil do solo tendendo a ter maiores concentrações nas primeiras camadas quando não há revolvimento, o que justifica os resultados observados.

Deubel et al. (2011) ao avaliarem os sistemas de plantio convencional e direto encontraram maiores concentrações de K nas camadas superficiais, fato este que também foi observado ao avaliar os teores de K nas Tabelas 1, 2 e 3; que pode ser justificado por haver depósito de KCl na superfície do solo, o que, devido à baixa mobilidade, favorece o seu acúmulo nas camadas superficiais (Frazão et al., 2008).

A CTC considera todos os cátions permutáveis do solo, sendo assim, quando ocorreu operações de revolvimento do mesmo como AA e mesmo depois retomando o sistema plantio direto (SPD_iAA) foi possível observar uma redução significativa da capacidade de troca de

cátions nas primeiras camadas do solo, se mostrando superior nas camadas mais próximas a superfície, parte deste efeito se deve a maior quantidade de calcário depositada na camada superficial (Tabela 1). Ao analisar o V% nota-se efeito similar ao observado na CTC já que são atributos correlacionados apresentando efeito superior para o SPDCi e SPDICM, como o V% é dado pela razão entre SB e CTC os valores da SB e CTC nestes sistemas, justifica-se o efeito significativo neste tratamento, tendo em vista que estes tratamentos mostraram os maiores valores para ambos atributos.

Na camada 0,10 – 0,20 m não houve diferença estatística para maior parte dos atributos químicos avaliados com exceção do K que se mostrou superior quando utilizado a GP e AA em que ao inverter as camadas do solo levou o K depositado na superfície para as camadas mais profundas (Tabela 2). É importante salientar que todos os tratamentos se mantiveram entre 1,6 e 3,0 mmol_c dm⁻³, valor considerado médio de acordo com as recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Raij et al., 1997), reforçando as vantagens da adoção do sistema plantio direto que se portou de modo superior nas primeiras camadas do solo.

Tabela 2. Atributos químicos na camada de 0,10-0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado em diferentes sistemas de manejo do solo.

Sistemas de manejo	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	Ca	Mg	K	H+Al	Al	SB	CTC	V% %	m%
AA	20,0a	17,3a	5,0a	20,0a	16,0a	2,6a	34,3a	2,0a	38,7a	72,9a	52,3a	5,8a
CM	23,3a	17,0a	5,0a	21,0a	17,0a	2,3b	36,0a	1,5a	40,3a	76,3a	52,0a	4,0a
GP	31,0a	17,7a	4,9a	22,3a	17,5a	2,6a	35,0a	0,8a	42,4a	77,4a	54,5a	1,8a
SPDC	29,3a	16,0a	4,6a	16,8a	13,8a	1,9b	41,5a	0,8a	32,4a	73,9a	43,5a	2,3a
SPDiAA	21,8a	15,7a	4,9a	21,0a	15,3a	2,1b	34,5a	2,2a	38,4a	72,9a	51,5a	7,3a
SPDiCM	35,5a	16,3a	4,8a	23,0a	17,3a	2,2b	35,3a	1,3a	42,6a	77,9a	54,5a	3,3a
SPDiGP	25,0a	17,0a	4,7a	16,8a	14,0a	2,0b	36,0a	2,2a	32,8a	68,8a	46,5a	8,5a
Prob > F	1,107 ^{ns}	1,315 ^{ns}	1,378 ^{ns}	1,309 ^{ns}	0,934 ^{ns}	3,309*	1,414 ^{ns}	0,836 ^{ns}	1,296 ^{ns}	1,221 ^{ns}	1,589 ^{ns}	1,288 ^{ns}
CV (%)	39,9	7,6	5,5	21,6	20,3	14,4	11,6	92,9	19,2	7,8	13,0	97,5

*(5%); ns (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. AA - Preparo convencional com arado de aiveca, CM - Cultivo mínimo, GP - Preparo convencional com grade pesada, SPDC - Sistema de plantio direto consolidado, SPDiAA - Arado de aiveca seguido de sistema de plantio direto, SPDiCM - Cultivo mínimo seguido de sistema de plantio direto, SPDiGP - Grade pesada seguida de sistema de plantio direto. P - fósforo disponível, MO - teor de matéria orgânica, pH - potencial hidrogeniônico, Ca - cálcio trocável, Mg - magnésio trocável, K - potássio trocável, H+Al - acidez potencial, Al - alumínio trocável, SB - soma de bases, CTC - capacidade de troca catiônica a pH 7, V% - saturação por bases, m% - saturação por alumínio. Fonte: Produzida pelos autores.

Ao revolver o solo, uma das maiores vantagens é o condicionamento químico e estrutural do solo nas camadas mais profundas, que auxilia no aprofundamento radicular e utilização de um maior volume de recursos disponíveis nestas camadas, porém não houve diferença significativa entre as formas de manejo adotadas, comprovando que nenhum dos sistemas de manejo de preparo prejudicou de forma relevante o desenvolvimento e utilização de nutrientes pelas plantas de interesse econômico.

O mesmo comportamento observado na camada 0,10 – 0,20 m ocorreu na camada de 0,20-0,30 m, como esperado devido ao manejo empregado, ou seja, a inversão das camadas do solo promoveu efeito significativo do K quando utilizado AA e GP (Tabela 3).

Tabela 3. Atributos químicos na camada de 0,20-0,30 m de um Latossolo Vermelho cultivado em diferentes sistemas de manejo do solo.

Sistemas de manejo	P	MO	pH	Ca	Mg	K	H+Al	Al	SB	CTC	V%	m%
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmol _c dm ⁻³								
AA	22,5a	15,0a	4,8a	16,0a	13,0a	2,3a	35,0a	0,3a	31,3a	66,3a	45,7a	0,8a
CM	13,0a	14,5a	4,6a	12,8a	10,0a	1,8b	39,0a	0,5a	24,6a	63,6a	38,2a	2,0a
GP	17,0a	14,3a	5,0a	12,8a	10,8a	2,2a	32,5a	1,5a	25,7a	58,2a	44,7a	6,3a
SPDC	16,0a	14,3a	4,7a	13,3a	11,5a	1,7b	35,8a	1,8a	26,5a	62,2a	42,2a	5,5a
SPDiAA	16,0a	14,3a	4,6a	13,3a	10,5a	1,7b	38,5a	1,5a	25,5a	64,0a	39,7a	5,5a
SPDiCM	21,8a	14,8a	4,6a	14,3a	11,0a	1,8b	39,5a	0,8a	27,1a	66,6a	41,0a	2,8a
SPDiGP	11,3a	14,0a	4,7a	10,5a	9,5a	1,6b	37,8a	3,0a	21,7a	59,4a	36,0a	15,2a
Prob > F	1,478 ^{ns}	0,423 ^{ns}	0,638 ^{ns}	0,860 ^{ns}	0,641 ^{ns}	3,265*	0,539 ^{ns}	0,725 ^{ns}	0,843 ^{ns}	0,628 ^{ns}	0,753 ^{ns}	0,896 ^{ns}
CV (%)	40,7	7,4	7,5	27,1	26,0	15,0	18,8	165,7	24,4	12,9	19,4	186,6

*(5%); ns (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. AA - Preparo convencional com arado de aiveca, CM - Cultivo mínimo, GP - Preparo convencional com grade pesada, SPDC - Sistema de plantio direto consolidado, SPDiAA - Arado de aiveca seguido de sistema de plantio direto, SPDiCM - Cultivo mínimo seguido de sistema de plantio direto, SPDiGP - Grade pesada seguida de sistema de plantio direto. P - fósforo disponível, MO - teor de matéria orgânica, pH - potencial hidrogeniônico, Ca - cálcio trocável, Mg - magnésio trocável, K - potássio trocável, H+Al - acidez potencial, Al - alumínio trocável, SB - soma de bases, CTC - capacidade de troca catiônica a pH 7, V% - saturação por bases, m% - saturação por alumínio. Fonte: Produzida pelos autores.

A ocorrência de menor teor de K no SPDC pode ser justificada em partes pela permanência de K na palhada, que concomitante a ausência de revolvimento do solo no momento da amostragem a palhada presente na superfície do solo não é levada em consideração (Falleiro et al., 2003).

Com relação à RP, constatou-se que ocorreu diferença estatística entre os tratamentos nas camadas de 0,00-0,10 e 0,20-0,30 m (Tabela 4). Na camada de 0,00-0,10, o tratamento

SPDiGP apresentou o maior valor de RP (3,74 MPa) e diferiu-se dos tratamentos AA (2,55 MPa), GP (2,62 MPa), CM (2,92 MPa) e SPDiCM (3,00 MPa).

Tabela 4. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado em diferentes sistemas de manejo do solo.

Sistemas de manejo	RP	Ug	RP	UG	RP	UG
	0,00-0,10 m		0,10-0,20 m		0,20-0,30 m	
AA	2,55b	0,13a	2,32a	0,12a	2,66a	0,13a
CM	2,92b	0,13a	2,16a	0,13a	1,93b	0,13a
GP	2,62b	0,15a	2,73a	0,15a	3,01a	0,13a
SPDC	3,64a	0,12a	2,71a	0,13a	2,56a	0,13a
SPDiAA	3,68a	0,12a	2,52a	0,13a	2,39a	0,13a
SPDiCM	3,00b	0,13a	2,28a	0,13a	2,02b	0,13a
SPDiGP	3,74a	0,13a	2,75a	0,14a	2,37a	0,13a
Prob > F	2.493*	2.333 ^{ns}	1.858 ^{ns}	2.157 ^{ns}	3.876*	1.305 ^{ns}
CV (%)	20,6	8,2	14,4	7,2	15,6	6,8

*(5%); ns (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. AA - Preparo convencional com arado de aiveca, CM - Cultivo mínimo, GP - Preparo convencional com grade pesada, SPDC - Sistema de plantio direto consolidado, SPDiAA - Arado de aiveca seguido de sistema de plantio direto, SPDiCM - Cultivo mínimo seguido de sistema de plantio direto, SPDiGP - Grade pesada seguida de sistema de plantio direto. RP – Resistência do solo à penetração (MPa) e UG – Umidade gravimétrica do solo (kg kg⁻¹). Fonte: Produzida pelos autores.

Como área de estudo recebeu irrigação constante, em conjunto com a não cobertura do solo, mostrou que os tratamentos submetidos ao revolvimento do solo sofreram impacto da gota da água, provocando o selamento superficial, explicando assim o fato de ter ocorrido diferença significativa entre os tratamentos.

O alto valor de RP nesses tratamentos é explicado pelo fato do rearranjo das partículas do solo após o preparo do solo e na sequência a retomada do SPDC, causando um selamento superficial das partículas.

Já o tratamento SPDiCM, por ter sido realizada uma escarificação após 17 anos de plantio direto e na sequência retomado o plantio direto, a escarificação provocou a quebra das estruturas do solo em torrões maiores até a profundidade de 0,35m, dessa forma, o rearranjo das partículas de solo demora um período maior de tempo para ocorrer,

portanto, o solo permaneceu aerado por mais tempo, reduzindo o efeito de selamento superficial.

Reichert et al. (2003) afirmam que o valor crítico de resistência à penetração para a cultura da soja é de 2 MPa, reafirmando que o limite crítico de resistência à penetração para as culturas é acima de 2 MPa (Tormena et al., 1998); além disso, Beutler et al. (2006), ao estudarem um LATOSSOLO com 330 g kg⁻¹ de argila, relatam que há diminuição de 32% na produtividade de soja a partir de uma resistência a penetração de 2,25 MPa.

Os valores de RP encontrados nesse estudo estão próximos de 3 MPa, assim, corroboram com o que Beutler et al. (2004), afirmam que o valor crítico de resistência à penetração pode ser influenciado pelo sistema de manejo, rotação de cultura e tipo de solo, afirmação essa que explica o que ocorreu no estudo.

Devido ao revolvimento do solo até a camada de 0,25 m, ao utilizar a grade pesada, houve um acúmulo de cargas do implemento utilizado no manejo do solo, podendo ter ocorrido o “pé de grade”; corroborando Vogel & Fey (2016) ao afirmarem que o uso de grade no preparo inicial do solo causa uma maior compactação a partir dos 0,20 m de profundidade.

Na camada de 0,20-0,30m, os menores valores de RP foram encontrados nos tratamentos CM (1,93 MPa), pois faz uso de escarificador em todas as safras, já no tratamento SPDICM, que após 17 anos de plantio direto fez-se uma escarificação; concordando que uma escarificação eventual em solos sob plantio direto proporciona condições físico-hídrico e mecânicas mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas, com ênfase a resistência solo à penetração do solo. Além disso, afirmam que a resistência à penetração de 2 MPa não é impeditiva ao desenvolvimento das raízes da cultura da soja (Klein & Camara, 2007). Para Girardello et al (2014), ao estudarem a eficiência do uso de escarificador mecânico em um Latossolo Vermelho manejado sob plantio direto a longo prazo, relataram que para a produção de soja o valor crítico de resistência à penetração foi de 3 MPa.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados em nenhuma das profundidades estudadas para o atributo UG (Tabela 4). Os valores de UG não apresentaram diferença estatística pelo fato de que na ausência de chuvas e conforme necessário, fazia-se uso da irrigação.

De maneira geral, não houve diferença significativa entre os diferentes sistemas de manejos do solo e os atributos agronômicos de plantas de soja avaliados (Tabela 5). Houve apenas diferença estatística para altura de inserção de 1ª vagem, onde o tratamento GP apresentou a maior altura (13,58 cm), diferindo estatisticamente dos tratamentos AA (9,03 cm), CM (9,53 cm), SPDICM (9,08 cm), fato esse que pode ser atribuído a profundidade da

semente na semeadura. Devido ao solo ter sido gradeado, ocorreu o destorroamento das partículas de solo quebrando a estrutura do solo, afundando mais a semente.

Tabela 5. Atributos agrônômicos de plantas de soja cultivada em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo do solo.

Sistemas manejo	Inserção	Altura plantas	Diâmetro do colmo	Nº de grãos por vagem	Massa de 1000 grãos	Massa seca de plantas	Prod.	Stand inicial	Stand final
	1 ^a vagem								
		cm	n	g	Mg ha ⁻¹				
AA	9,02b	68,75a	8,20a	83,15a	101,98a	4,38a	3,32a	267775a	222960a
CM	9,52b	71,45a	9,28a	97,25a	103,90a	3,88a	3,27a	244442a	244442a
GP	13,57a	76,22a	9,00a	81,47a	107,78a	4,28a	3,43a	244442a	244441a
SPDC	9,96b	70,32a	8,60a	88,60a	104,80a	3,69a	3,76a	265183a	265183a
SPDiAA	10,30b	71,80a	8,31a	84,60a	104,08a	4,27a	3,47a	275553a	275553a
SPDiCM	9,07b	67,97a	8,79a	92,42a	103,37a	4,27a	3,57a	255183a	267775a
SPDiGP	10,45b	69,22a	8,32a	74,95a	101,57a	4,14a	2,82a	222961a	255183a
Prob > F	4,084*	2,361 ^{ns}	1,264 ^{ns}	1,096 ^{ns}	1,454 ^{ns}	0,582 ^{ns}	0,935 ^{ns}	1,805 ^{ns}	1,805 ^{ns}
CV (%)	15,02	5,07	8,26	16,39	3,27	16,01	18,03	10,51	10,51

*(5%); ns (não significativo). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. AA - Preparo convencional com arado de aiveca, CM - Cultivo mínimo, GP - Preparo convencional com grade pesada, SPDC - Sistema de plantio direto consolidado, SPDiAA - Arado de aiveca seguido de sistema de plantio direto, SPDiCM - Cultivo mínimo seguido de sistema de plantio direto, SPDiGP - Grade pesada seguida de sistema de plantio direto. Fonte: Produzida pelos autores.

A importância da avaliação da altura da inserção de primeira vagem se restringe ao fato do atributo poder ou não provocar perdas durante a colheita devido a barra de corte da colhedora (Cruz, et al., 2006), assim, para não ocorrer perdas durante a colheita, a altura mínima da primeira vagem deve estar entre 0,10 a 0,12 m, em solos de topografia plana e 0,15 m em terrenos mais inclinados (Sediyama,1999), fato esse que ocorreu apenas nos tratamentos GP, SPDiAA, SPDiGP, onde, as alturas de inserção de 1^a vagem foram superiores a 0,10 m.

De acordo com Souza (2017), a altura de inserção da primeira vagem de soja é uma característica agrônômica importante no processo de colheita mecânica dos grãos, sendo assim, esse atributo deve ser de no mínimo 13 cm, para que se reduza as perdas durante a colheita (Queiroz et al., 1981), essa altura mínima ocorreu apenas para o tratamento GP.

Amorim et al. (2011), relatam que a altura de inserção da primeira vagem e a altura de planta, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja, diferenciaram entre as

combinações de manejo de solo, fato esse que difere do que foi observado na Quadro 5. Os valores de inserção de primeira vagem se encontram entre 9 e 13 cm, valores esses, abaixo do que foi observado em estudo feito por de Souza et al. (2010), ao estudarem sistema de plantio direto e convencional, constataram que a altura de inserção da primeira vagem variou entre 26 e 27 cm.

Miranda et al. (2005), avaliando o plantio direto e o convencional, não observaram diferenças significativas entre os manejos do solo na produtividade, corroborando com o presente estudo. A população final de plantas de soja recomendada para a variedade BMX potência RR para região do cerrado é de 250 a 300 mil plantas ha⁻¹. Os valores obtidos nos tratamentos AA, GP e CM o número de plantas de soja ficou um pouco abaixo do recomendado.

4. Considerações Finais

O sistema plantio direto consolidado se mostrou superior aos demais na camada de 0,00-0,10 m quando observado os atributos químicos MO, Ca, CTC e V%.

Os sistemas que utilizaram o revolvimento do solo proporcionaram maior acúmulo de K nas camadas de 0,10-0,20 m e de 0,20-0,30 m.

Na camada de 0,00-0,10 m a RP foi menor nos tratamentos AA, CM e GP.

O tratamento SPD_iCM apresentou a menor RP e não se diferiu do tratamento SPDC na camada de 0,20-0,30 m.

A altura de inserção de primeira vagem foi maior no tratamento GP, mas os sistemas de manejo estudados não provocaram diferença estatística na produtividade da soja.

Como continuação desse estudo e melhor compreensão dos efeitos do uso e manejo do solo, sugere-se continuar as análises de atributos físicos para enfatizar a importância da adoção de sistemas de manejo conservacionistas, plantio direto, como uma prática promotora de qualidade de solo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentries, P. C., Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). Köppen's Climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 32(22), 711-728.
- Amorim, F. A., Hamawaki, O. T., Sousa, L. B., Lana, R. M. Q., & Hamawaki, C. D. L. (2011). Época de semeadura no potencial produtivo de soja em Uberlândia-MG. *Semina: Ciências Agrárias*, 32 (1), 1793-1802.
- Beutler, A. N., Centurion, J. F., & Silva, A. S. (2004). Intervalo hídrico ótimo e a produção da soja e arroz em dois Latossolos. *Irriga*, 9, 181-192.
- Beutler, A. N., Centurion, J. F., Centurion, M. A. P. C., & Silva, A. P. (2006). Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 30, 787-794.
- Caires, E. F., Barth, G., & Garbuio, F. J. (2006). Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 89 (1), 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.06.006>.
- Campos, M. C. C., Soares, M. D. R., Nascimento, M. F., & Silva, D. M. P. (2016). Estoque de carbono no solo e agregados em Cambissolo sob diferentes manejos no sul do Amazonas. *Revista Ambiente & Água*, 11(2), 2016. <https://doi.org/10.4136/ambi.agua.1819>.
- Cardoso, E. J. B. N., Vasconcellos, R. L. F., Bini, D., Miyauchi, M. Y. H., Santos, C. A., Alves, P. R. L., Paula, A. M., Nakatani, A. S., Pereira, J. M., & Nogueira, M. A. (2013). Soil health: Looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? *Scientia Agricola*; 70, 274-89.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2018). *Acompanhamento da safra brasileira – grãos: maio/2018 - Oitavo levantamento*. Brasília: Conab, 5, (8), 148.

Corrêa, J. C. (2002). Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de uma Latossolo Vermelho Amarelo em Querência, MT. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, (2), 203-209.

Chioderoli, A. C. (2010) - Consorciação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura-pecuária. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Produção. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 84 p.

Cruz, S. C. S., Sena Junior, D. G., Santos, D. M.A., Lunezzo, L. O., & Machado, C. G. (2006). Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3 (1), 1-6.

Demattê, J. L. I. (1980). *Levantamento detalhado dos solos do "Campus experimental de Ilha Solteira"*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", p.11-31.

Deubel, A., Hofmann, B., & Orzessek, D. (2011). Long-term effects of tillage on stratification and plant availability of phosphate and potassium in a loess chernozem. *Soil & Tillage Research*, 117 (1), 85-92.

Falleiro, R. M., Souza, C. M., Silva, C. S. W., Sediya, C. S., Silva, A. A., & Fagundes, J. L. (2003). Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27 (6), 1097-1104.

Frazão, L. A., Piccolo, M. C., Feigl, B. J., Cerri, C. C., & Cerri, C. E. P. (2008). Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43 (5), p. 641-648.

Freitas, L. A., Mello, L. M. M., Andreotti, M., Yano, E. H., Soares, D. A., Pereira, D. S. (2017). Atributos físicos do solo e fenológicos da soja em diferentes sistemas de manejo e gesso. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12 (4), 508-515, 2017. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v12i4a5487>

Girardello, V. C., Amado, T. J. C., Santi, A. L., Cherubin, M. R., Junior, K., & Teixeira, T. G. (2014). Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38 (4), 1234-1244. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000400020>

Guareschi, R. F., Pereira, M. G., & Perin, A. (2012). Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado goiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36, 909-20.

Hickmann, C., & Costa, L. M. (2012). Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 16 (10), 1055-1061.

Linhares, J. M. S., Bastos, W. R., Junior, R. F. S., & Oliveira, L. C. S. (2016). Variabilidade de atributos físico-químicos e dos estoques de carbono orgânico em Argissolo Vermelho sob sistemas agrofloretais no Assentamento Umari Sul do Amazonas. *Revista Geográfica Acadêmica*, 10 (1), 93-117.

Karlen, D. L., Kovar, J. L., Cambardella, C. A., & Colvin T. S. (2013). Thirty-year tillage effects on crop yield and soil fertility indicators. *Soil & Tillage Research*, 130, 24-41.

Klein, V. A., & Camara, R. K. (2007). Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31, 221-227.

Lima, A. C. R., Brussaard, L., Totola, M. R., Hoogmoed, W. B., & Goede, R. G. M. (2013). A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. *Applied Soil Ecology*, 64, 194-200.

Matias, S. S. R., Correia, M. A. R., Camargo, L. A., Farias, M. T., Centurion, J. F., & Nóbrega, J. C. A. (2012). Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. *Revista Brasileira Ciências Agrárias*, 7 (3), 414-420.

Miranda, L. N., Miranda, J. C. C., Rein, T. A., & Gomes, A. C. (2005). Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40 (6), 563-572.

Monteiro, M. A. C., Zoz, A., Limede, A. C., Oliveira, C. E. S., & Zoz, T. (2017). Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4 (2), 63-68.

Queiroz, E. F., Neumaier, N., Torres, E., Pereira, L. A. G., Bianchetti, A., Terazawa, F., Palhano, J. B., & Yamashita, J. (1981). *Recomendações técnicas para a colheita mecânica*. In: Miyasaka, S., Medina, J. C. (Ed.). *A soja no Brasil*. Campinas: ITAL, p.701-10.

Raij, B. V., Cantarella, H., Quaggio, J. A., & Furlani, A. M. C. (1997). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2ªed. Campinas: IAC, 285p. (Boletim Técnico, 100).

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Methodology of scientific research*. [e-Book]. Santa Maria City. UAB / NTE / UFSM Editors. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Raij, B. V., Andrade, J. C., Cantarella, H., & Quaggio, J. A. (2001). *Determinação da Matéria Orgânica*. In: (Eds.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. p.189-199.

Reichert, J. M., Reinert, D. J., & Braida, J. A. (2003). Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 27, 29-48.

Reis, D. A., Lima, C. L. R., & Bamberg, A. L. (2016). Qualidade física e frações da matéria orgânica de um Planossolo sob sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51 (9), 1623-1632. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900062>

Rosseti, K. V., & Centurion, J. F. (2017). Indicadores de qualidade em Latossolos compactados e suas relações com o crescimento do sistema radicular do milho. *Revista*

Agro@ambiente On-line, 11 (3), 181-190. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i3.3845>

Salem, H. M., Salem, C. V., Muñoz, M. A., Rodríguez, M. G., & Silva, L. L. (2015). Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water potential, and maize yield. *Geoderma*, 237–238, 60–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.014>

Santos, O. F., Souza, H. M., Oliveira, M. P., Caldas, M. B., & Roque, C. G. (2017). Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4 (1), 36–42.

Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbrreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araujo Filho, J. C., Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 5ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.356.

Sediyama, T., Teixeira, R. C., & Reis, M. S. (1999). *Melhoramento da soja*. In: BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV. 487-533.

Schlotzhauer S., & Littel R. C. 1997. *SAS System for Elementary Statistical Analysis*. 2nd ed. SAS Institute, Cary, NC, 183-279.

Souza, F. R., Rosa, E. J. J., & Fietz, C. R. (2010). Atributos físicos e desempenho agronômico da cultura da soja em um latossolo vermelho distroférrico submetido a dois sistemas de manejos. *Ciência e Agrotecnologia*, 34 (6), 1357-1364.

Souza, F. H. (2017). *Desempenho das culturas de soja e milho e atributos físicos do solo em diferentes sistemas de preparo e retomada do sistema de plantio direto*. Tese de Doutorado. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 67 p.

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.

Theodoro, G. F., Golin, H. O., Silva, M. S., Rezende, R. P., & Abreu, V. L. S. (2018). Influência de sistemas de preparo na manutenção da palhada e resistência do solo à penetração. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5 (2), 25-30.

Tormena, C. A., Roloff, G., & Sá, J. C. M. (1998). Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2, 301-309.

Vogel, G. F., & Fey, R. (2016). Resistência mecânica à penetração em diferentes sistemas de uso do solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3 (1), 21–26.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Maria Julia Betiolo Troleis – 30%

Rafael Montanari – 30%

Karla Nascimento Sena - 13%

Paulino Taveira de Souza - 12%

Rayner Sversut Barbieri - 5%

Élcio Hiroyoshi Yano - 5%

Antonio Paz González - 5%