

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PREPAROS CONSERVACIONISTAS DO SOLO PARA
AMENDOIM EM REFORMA DE CANAVIAL NO SISTEMA
MEIOSI**

Olavo Betiol
Engenheiro Agrônomo

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PREPAROS CONSERVACIONISTAS DO SOLO PARA
AMENDOIM EM REFORMA DE CANAVIAL NO SISTEMA
MEIOSI**

Olavo Betiol

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: Dr. Denizart Bolonhezi

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2021

B563p Betiol, Olavo
Preparos conservacionistas do solo para amendoim em reforma de
canavial no sistema MEIOSI / Olavo Betiol. -- Jaboticabal, 2021
37 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Coorientador: Denizart Bolonhezi

1. Preparo do solo. 2. Solos compactação. 3. Plantio direto. 4.
Arachis hypogaea l. 5. Virose. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PREPAROS CONSERVACIONISTAS DO SOLO PARA AMENDOIM EM REFORMA DE CANAVIAL NO SISTEMA MEIOS!

AUTOR: OLAVO BETIOL

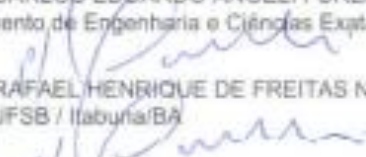
ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

COORDINADOR: DENIZART BOLONHEZI

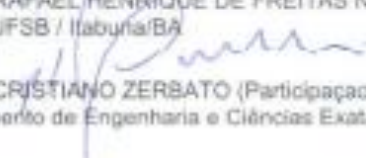
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas (DECEX) / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. RAFAEL HENRIQUE DE FREITAS NORONHA (Participação Virtual)
CFCTA/UFSEB / Itabuna/BA



Prof. Dr. CRISTIANO ZERBATO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas (DECEX) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 28 de julho de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

OLAVO BETIOL – nascido em Ribeirão Preto, São Paulo, no dia 21 de agosto de 1996. Ingressou no curso de Agronomia no Centro Universitário Moura Lacerda (CUML) de Ribeirão Preto, São Paulo, em novembro de 2013 e, durante a graduação, atuou como bolsista de Iniciação Científica do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento à Pesquisa) por um ano. Nesse período, atuou junto ao Centro Avançado de Pesquisa de Cana (IAC), em pesquisas com manejo e conservação do solo, culturas rotacionais para cana-de-açúcar e adubos verdes, sistemas de cultivo e uso de conjuntos mecanizados para manejo de solo. Recebeu título de Engenheiro Agrônomo em setembro de 2018. Prosseguiu no IAC como bolsista de aperfeiçoamento técnico da Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG), auxiliando em projetos de pesquisa sobre: melhoramento genético de amendoim, transplântio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em manejos conservacionistas de solo, validação tecnológica de cultivares de soja em reforma de canaviais, estudo do sistema radicular e produtividade de soja sobre plantio direto e calagem na reforma de canavial. Em agosto de 2019, iniciou curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do solo) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal, participando com colaborador em projetos coordenados pelo IAC, por intermédio de bolsa da FUNDAG. É integrante do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA). Em julho de 2021, submeteu-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Ciência do Solo.

“ Ter talento é acertar em um alvo que ninguém acertou. Ser gênio é acertar no alvo que nunca ninguém viu ”

Arthur Schopenhauer

“O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece”

Benjamim Disraeli

DEDICATÓRIA

À minha família, aos meus mestres e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde, força e ensinamentos para seguir esse árduo caminho. Nossa Senhora de Aparecida, São Pedro, rogai por nós.

Aos meus pais, Álvaro Betiol e Vera Lúcia Alves Betiol, que sempre me apoiaram e me deram todas as condições, apostaram comigo nesse sonho e me deram disposição para seguir. Não tenho palavras para descrever vocês.

Ao Professor Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani pela orientação, amizade, confiança transmitida, por acreditar no potencial e nas ideias de seus alunos e sempre ter palavras de conforto e otimismo para animar os momentos difíceis. Que nunca lhe falte paciência e discernimento para seguir firme com o propósito de lecionar e orientar.

Ao Dr. Denizart Bolonhezi, Pesquisador Científico, pela co-orientação, amizade, companheirismo, ensinamentos, exemplos de vida, grande defensor da prática de plantio direto, sobretudo no sistema de produção da cana-de-açúcar, por acreditar em meu potencial, pelas informações transmitidas e por todo suporte necessário para realização deste trabalho.

À Fundação AGRISUS pelo financiamento da pesquisa por intermédio do projeto PA 2937/20 (“Sistema MITOSI com Amendoim na Palha”) coordenado pelo Dr. Denizart Bolonhezi e por diversos outros projetos apoiados nessa temática.

À Fazenda Lago Azul/FLA Produções Agrícolas, por fornecer a área da pesquisa e todos os manejos envolvidos na realização deste experimento, em especial ao agrônomo Rodrigo Valochi, pelo empenho e dedicação.

À Fundação de Apoio a Pesquisa Agrícola pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo), aos professores que compõem o quadro do programa e propiciaram o aprimoramento dos meus conhecimentos.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Dr. Marcos Doniseti Michelotto pelas avaliações de incidência e severidade da virose.

Aos membros da banca examinadora Dr. Cristiano Zerbato e Dr. Rafael Henrique de Freitas Noronha pela disponibilidade em participar desse importante momento e toda a contribuição para melhoria deste trabalho.

À minha namorada Geovanna Pasuch, pelo incentivo e paciência.

À minha ex - orientadora de graduação Amália Estela Mozambani por despertar o espírito acadêmico para que eu chegasse aqui.

Ao meu irmão Venâncio Betiol, pela paciência e toda a ajuda necessária.

Aos amigos e funcionários do setor de Fitotecnia do Centro de Cana/IAC, em especial aos agrônomos Élcio Leal e Renato Mello e estagiários graduandos em agronomia Arthur Carneiro, Letícia Pelicioni, Keyciane Barbosa e Fabio Fiori, que em nenhum momento mediram esforços para colaborar em todas as etapas de realização deste experimento.

Aos amigos do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) Jean Lucas, Samira Luns, Bruno Rocca, Aline Spaggiari, Jarlyson Bruno, Danilo Tedesco, Alex Rangel, Armando Brito, Franciele Morlin, Franciele Morelli, Luan Oliveira, Letícia Bernabé, Mailson Freire, Marcelo Júnior, Adão Felipe, João Donadelli, Paulo Sérgio, Rafael de Graaf, Nivanda Lima, Elizabeth Kazama, Tiago Tavares por todos os, trabalhos e aprendizado compartilhados. Muito obrigado!

A todos que, direta ou indiretamente, participaram e contribuíram para a realização da pesquisa, fica aqui registrada minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Contexto do amendoim em reforma de cana-de-açúcar e impactos da erosão	3
2.2 Manejos conservacionistas do solo para amendoim	4
2.3 Resistência mecânica do solo à penetração	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Área experimental	9
3.2 Equipamentos e operações realizadas	11
3.3 Análises estatísticas.....	17
4. RESULTADOS	17
5. DISCUSSÃO	24
6. CONCLUSÕES	29
7. REFERÊNCIAS	30

PREPAROS CONSERVACIONISTAS DO SOLO PARA AMENDOIM EM REFORMA DE CANAVIAL NO SISTEMA MEIOSI

RESUMO – Os métodos da agricultura conservacionista reduzem os problemas com a erosão do solo e contribui para a redução dos custos de produção, quando adotados em rotação de cultura com a cana-de-açúcar, mas o problema da compactação do solo é a principal causa de ceticismo sobre a eficácia desta prática. O objetivo desta pesquisa foi estudar o efeito de 4 preparos do solo: convencional, localizado, reduzido e sem preparo (semeadura direta) para a cultura do amendoim cultivar IAC-OL3 semeado no dia 17/10/2020, em rotação com cana-de-açúcar pelo sistema MEIOSI sobre as características agronômicas, bem como em alguns atributos físicos do solo. O ensaio foi realizado na safra 2019/2020 no município de Planalto (São Paulo, Brasil) sob área de cana-de-açúcar colhida crua, usando delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro preparos do solo (convencional, localizado, reduzido com subsolador e semeadura direta) e cinco repetições. Embora nenhuma diferença tenha sido verificada na densidade e na porosidade do solo entre os tratamentos, verificou-se valor mais elevado de resistência mecânica do solo à penetração na semeadura direta, em todas as avaliações (antes da semeadura, ao início da floração, antes e depois da colheita) em comparação com preparo convencional. Contudo, a diferença na compactação do solo entre os tratamentos diminuiu da semeadura até o final do ciclo. Além disso, o baixo distúrbio do solo e a maior cobertura com palha, contribuiu para aumentar significativamente a capacidade de retenção de água e reduzir a incidência e severidade da doença ocasionada por vírus (GRSV) em plantas de amendoim. O preparo reduzido e a semeadura direta obtiveram a maior produção de vagens, em média 12 e 18% mais que o preparo localizado e o convencional, respectivamente, sem diferença estatística em termos de qualidade das vagens.

Palavras-chave: Preparo do solo, solos compactação, plantio direto, *arachis hypogaea* L., virose.

CONSERVATION TILLAGE FOR PEANUT CROP IN ROTATION WITH SUGARCANE FIELD IN “MEIOSI” SYSTEM

ABSTRACT – Conservation agriculture methods reduce problems with soil erosion and contribute to reducing production costs when adopted in crop rotation with sugarcane, but the problem of soil compaction is the main cause of skepticism about the effectiveness of this practice. The objective of this research was to study the effect of 4 soil tillage: conventional, reduced, strip and without tillage (no-tillage), for peanut crop cultivar IAC-OL3 sown on 10/17/2020, cultivated in rotation with sugarcane by MEIOSI system on agronomic characteristics, as well as on changes in soil physics attributes. Trial was carried out in 2019/2020 in Planalto city (Sao Paulo, Brazil) under a green harvested sugarcane field, using as experimental design a complete randomized block, with four tillage treatments (conventional tillage, reduced with chisel, strip tillage and no-tillage) and five replications. Although no differences were verified on bulk density and soil porosity among treatments, the highest values of soil resistance penetration were observed in no-tillage treatment for all evaluations (before planting, at begging of flowering, before and after harvesting) in comparison with conventional tillage. But the difference on soil strength among the treatments was diminished from the planting to the end of cycle. Furthermore, low soil disturbance and maximum covering with straw has contributed to increase significantly the water holding capacity and to reduce the incidence and severity of virus disease (GRSV) on peanut plants. Consequently, both strip tillage and no tillage have increased the pod yield in average 12 and 18% more than reduced and conventional tillage, respectively, without differences in terms of quality and pod losses.

Keywords: Soil preparation, soil compaction, no-tillage, *arachis hypogaea* L., virus disease.

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL SITUADA NO MUNICÍPIO DE PLANALTO, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.	10
FIGURA 2. EQUIPAMENTO UTILIZADO NO PREPARO LOCALIZADO (A) E SEUS COMPONENTES: DISCO DE CORTE (A1), DISCOS DENTADOS (A2), HASTE SUBSOLADORA (A3), DISCOS RECORTADOS (A4), DISCOS CORRUGADOS (A5) E ROLO DESTORROADOR (A6). HASTE ESCARIFICADORA DA SEMEADORA ADUBADORA (B1), E DISCO ONDULADO DE CORTE (B2).	12
FIGURA 3. DISPOSIÇÃO DOS TRATAMENTOS NOS INTERVALOS DAS LINHAS DE CANA.....	13
FIGURA 4. CONDIÇÕES DO SOLO APÓS A SEMEADURA NOS PREPAROS: CONVENCIONAL (A); PREPARO LOCALIZADO (B); PREPARO REDUZIDO (C); E SEMEADURA DIRETA (D). NO MUNICÍPIO DE PLANALTO, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.	14
FIGURA 5. INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DE VIROSE, NOTA 1 (A), NOTA 2 (B), NOTA 3 (C), NOTA 4 (D). FOTOS: DR. MARCOS DONISETI MICHELOTTO.....	15
FIGURA 6. AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO ANTES DA SEMEADURA (A), FLORESCIMENTO INICIAL (B), AMOSTRAGEM DO CONTEÚDO GRAVIMÉTRICO DE ÁGUA NO SOLO (C) E AMOSTRAGEM DOS ATRIBUTOS FÍSICOS CILINDROS VOLUMÉTRICOS (D).	17
FIGURA 7. RESISTÊNCIA MECÂNICA A PENETRAÇÃO DO SOLO PARA AS SEGUINTE DATAS DE MEDIÇÃO: 03/10/19 (A), 18/12/19 (B), 30/01/20 (C), 10/03/20 (D), AS MÉDIAS COMPARAM O MANEJO DO SOLO EM CADA CAMADA (PROFUNDIDADE). NS: NÃO SIGNIFICATIVO PELO TESTE DE TUKEY.	18
FIGURA 8. RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM DIFERENTES DATAS E POSIÇÕES DE LEITURA 18/12/19 LINHA (A), 18/12/19 ENTRELINHA (C), 30/01/20 LINHA (B), 30/01/20 ENTRELINHA (D), COMPARAÇÃO DE MÉDIAS EM CADA CAMADA DE SOLO (PROFUNDIDADE). NS: NÃO SIGNIFICATIVO NO TESTE DE TUKEY A 5% DE PROBABILIDADE.	19
FIGURA 9. CAD ($\text{M}^3 \text{M}^{-3}$) EM DUAS POSIÇÕES DE LEITURA, LINHA E ENTRELINHA, AVALIADA NA CAMADA 00,00-0,30 M, AS MÉDIAS COMPARAM OS PREPAROS EM CADA POSIÇÃO DE	

LEITURA PELO TESTE DE TUKEY ($P < 0,05$), MÉDIAS SEGUIDAS DA MESMA LETRA NÃO DIFEREM ENTRE SI.22

FIGURA 10. PRODUTIVIDADE DE VAGENS E GRÃOS, AS MÉDIAS COMPARAM O MANEJO DO SOLO EM CADA ITEM PELO TESTE DE TUKEY ($P < 0,05$), MÉDIAS SEGUIDAS DA MESMA LETRA NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE DE TUKEY A 5% DE PROBABILIDADE.....23

FIGURA 11. PORCENTAGEM DE PLANTAS INFECTADAS PELO VÍRUS (GRSV) EM CADA MANEJO DO SOLO (A), SEVERIDADE DA DOENÇA (B), AS MÉDIAS COMPARAM A DIFERENÇA ENTRE O MANEJO DO SOLO PELO TESTE DE TUKEY ($P < 0,05$).....24

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO ANTES DA SEMEADURA DO AMENDOIM. PLANALTO, SÃO PAULO, BRASIL, 2019.	10
TABELA 2. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM PREPAROS CONSERVACIONISTAS DE SOLO EM DUAS POSIÇÕES DE LEITURA (LINHA E ENTRELINHA) NA CULTURA DO AMENDOIM. PLANALTO, SÃO PAULO, BRASIL, 2019.	21
TABELA 3. CONTEÚDO GRAVIMÉTRICO DE ÁGUA DO SOLO EM DIFERENTES PREPAROS CONSERVACIONISTAS PARA CULTURA DO AMENDOIM. PLANALTO, SÃO PAULO, BRASIL, 2019.....	22
TABELA 4. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS PARA O AMENDOIM EM DIFERENTES PREPAROS DE SOLO. PLANALTO, SÃO PAULO, BRASIL, 2019.....	28

1. INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo se destaca como o maior produtor brasileiro de amendoim, detendo praticamente toda a oferta nacional, sendo anualmente cultivados aproximadamente 157 mil hectares (Conab, 2021) e predominância de produtores arrendatários e cultivo na reforma de canaviais. Nos últimos 10 anos, diversas novas tecnologias (cultivares, colhedoras e fertilizantes) têm contribuído para aumentar a área cultivada, a produção e a produtividade dessa oleaginosa.

No Brasil, prevalece a adoção de preparo de solo convencional para produção de amendoim, com intuito de incorporar restos culturais, nivelar a superfície do solo e aumentar a produtividade. Em áreas de reforma de canaviais colhidos sem queima, são feitas entre 5 e 7 operações de preparo, as quais oneram os custos de produção e causam uma grande mobilização do solo, tendo como consequência a ocorrência de erosão. Estima-se que para produzir 1,0 kg de vagem se perde 5,0 kg de terra, de acordo com levantamentos norte-americanos (McCarty et al, 2016). Atualmente, a parceria entre as cadeias produtivas do amendoim e cana-de-açúcar tem sido abalada em virtude desses recorrentes problemas.

Considerando que o preparo de solo convencional é predominante, principalmente em áreas de reforma de canaviais, a adoção de preparos conservacionistas se torna uma alternativa viável para mitigação desses impactos, bem como contribuir para diminuir o custo de produção do amendoim e aumentar a resiliência em períodos de veranicos.

Diversas pesquisas têm investigado a semeadura direta, preparo localizado e preparo reduzido sobre o desempenho agrônomo da cultura do amendoim, mostrando resultados favoráveis quanto a adoção dessas práticas.

Por conseguinte, embora a comparação de sistemas de preparo já tenha sido muito estudada para outras culturas, para o amendoim ainda é necessário, pois estes estudos são escassos e pouco conclusivos. Convém enfatizar, que existem muitos mitos técnicos sobre a viabilidade da semeadura direta de amendoim, tais como; aumento das perdas na colheita, maior incidência de doenças e menor produtividade. O ceticismo por parte dos produtores quanto a semeadura sobre palhada de cana-de-açúcar, em parte se justificam, pois, caso não sejam utilizadas semeadoras

adequadas e em certas circunstâncias, pode ocorrer redução no estande inicial, emergência irregular e atraso no desenvolvimento vegetativo e das vagens.

Para responder a essas dúvidas, algumas hipóteses podem ser formuladas; (i) a produtividade de vagens do amendoim IAC-OL3 não é reduzida quando se realiza semeadura sem preparo do solo, (ii) a resistência mecânica do solo à penetração é diminuída nos tratamentos com preparo reduzido.

Diante do exposto, a pesquisa apresenta o objetivo de: estudar quatro preparos do solo na reforma do canavial, sobre as características agronômicas do amendoim cultivar IAC-OL3, bem como sobre alterações em alguns atributos físicos do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contexto do amendoim em reforma de cana-de-açúcar e impactos da erosão

Internacional o amendoim destaca-se como matéria-prima importante para indústria alimentícia, em decorrência do seu alto valor energético por ser uma oleaginosa (Santos et al., 2012; Santos et al., 2013). Os países que mais produzem amendoim são a China, com 38% da produção mundial, Índia, com 13,7 %, Nigéria, com 7,6%, e Estados Unidos com 5,4% de toda a produção (USDA, 2020). O Brasil ocupa a décima colocação com produção de 558,4 mil toneladas. Nos últimos 10 anos, incorporou diversas novas tecnologias (cultivares, colhedoras e fertilizantes) que têm contribuído para aumentar a área cultivada, a produção e a produtividade em 47,6%, 59,5% e 22,7%, respectivamente (Conab, 2021).

A produção brasileira de amendoim está concentrada no Estado de São Paulo, onde a cada ano são cultivados cerca de 157 mil hectares dessa cultura (Conab, 2021). Embora predomine o cultivo em reforma de canaviais (Ambrosano et al., 2011), essa oleaginosa também é cultivada em parceria com reforma de pastagens, além de entrar como cultura de rotação em outros sistemas produtivos.

Recentemente, com a expansão do sistema de MEIOSI, os produtores de amendoim têm enfrentado mais um desafio na parceria com o setor sucroenergético. A MEIOSI (Método Inter-rotacional Ocorrendo Simultaneamente), consiste na produção de material de propagação da cana-de-açúcar (linha mãe), simultaneamente com as culturas utilizadas na reforma (soja, amendoim e leguminosas adubos verdes), visando a diminuição de custos de implantação e a melhoria da área de cultivo (Barcelos, 1984). Além disso, contribui para melhorar as condições físicas e químicas do solo bem como o sistema de logística (Sociedade Nacional de Agricultura, 2016). Essa técnica foi criada no início de 1980, e por muitos anos teve sua adoção reprimida por não possibilitar um bom paralelismo entre os sulcos de plantio da cana-de-açúcar. Mas com o advento da tecnologia do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) nos tratores, é visível a expansão do uso da técnica, a qual representou 28% da nova implantação da cana-de-açúcar na safra 2019/20.

É importante ressaltar que na atualidade, há uma tendência para aumentar a adoção da MEIOSI utilizando mudas-pré-brotadas, onde o preparo de solo é feito apenas no local de transplântio da linha mãe. Neste sistema é mantido um espaço entre as linhas de cana-de-açúcar sem preparo de solo mantendo resíduo na superfície do solo.

No entanto, o amendoim nas áreas de reforma com sistema MEIOSI, tem perdido espaço para soja (cultura que apresenta *know how* para semeadura na palhada). Atualmente, essa parceria entre as cadeias produtivas do amendoim e cana-de-açúcar tem sido abalada em virtude dos recorrentes problemas com erosão hídrica ocorridos no período de reforma, além do fato dos cultivares disponíveis no mercado não apresentarem ciclo mais longo que a média dos genótipos comerciais de soja.

Esta maior susceptibilidade ao processo de erosão do solo se deve ao maior espaçamento entre linhas (0,90 m), baixo crescimento vegetativo no início do desenvolvimento e as operações de preparo do solo feitas para a cultura do amendoim (pelo menos sete vezes antes da semeadura). Além disso, é importante dizer que na área de cana-de-açúcar colhida sem queima, normalmente a distância entre terraços é aumentada para economizar tempo nas operações de colheita, mas durante a primavera / verão com a maior pluviosidade, a ocorrência de erosão do solo aumenta significativamente (Bolonhezi et al., 2019). Além disso, é importante ressaltar que o estado de São Paulo estabelece que a responsabilidade pela ocorrência da erosão, pode ser imputada não somente ao proprietário da terra, mas também aos arrendatários, gerentes e responsáveis técnicos, os quais podem responder criminalmente, conforme disciplinado na Lei nº 6.171, de 06/04/1998, Art. 14, IV, g, § 1º e § 2º. *S/C*.

2.2 Preparos conservacionistas do solo para amendoim

Historicamente, o preparo do solo é uma prática cultural essencial, considerando as peculiaridades morfofisiológicas da planta de amendoim que desenvolve seus frutos abaixo da superfície do solo, necessitando em princípio de um solo friável, plano e livre de resíduos da cultura anterior. Um solo bem preparado oferece melhores condições para germinação, emergência e desenvolvimento inicial das plantas, reduz falhas no estande, melhora a eficiência dos herbicidas pré-

emergentes, proporciona maior aeração, favorece as trocas respiratórias das vagens na fase de frutificação (Schenk, 1961; Godoy et al., 1982) além de proporcionar uma melhor incorporação e reação dos adubos e corretivos. O número de operações e os tipos de equipamentos utilizados dependerão da cultura anterior, do tipo de solo, do período do ano e da disponibilidade de recursos.

Tradicionalmente, o preparo convencional do solo intensivo é adotado como prática principal para se obter uma boa produção. Butts e Valentine, (2019) mencionaram que, para as condições norte-americanas, por muitos anos o preparo do solo com arado de aiveca seguido de gradagem foi a melhor opção para aumentar a produtividade até 336 kg ha⁻¹, devido ao menor impacto de doenças. Por outro lado, os produtores gastam muito mais combustível e mão-de-obra com as operações de preparo de solo, com intuito de incorporar restos culturais e nivelar a superfície. Em consequência desse revolvimento intenso, aumenta a susceptibilidade à erosão.

As perdas de solo continuam sendo um desafio para a cultura do amendoim em todo o mundo. McCarty et al. (2016) mostram que nos EUA de 1975 a 2014 ano, a perda de solo foi estimada em 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Este estudo mostra que para cada um 1,0 kg de vagem produzido são perdidos 5,0 kg de terra pela erosão. Em um ranking de 27 culturas em termos de perdas de solo, o amendoim está na quarta posição, com as médias de perdas em torno de 27 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Anache et al., 2017).

Pesquisa realizada durante 16 anos com diversas culturas, em quatro regiões do estado de São Paulo, quantificou perdas médias de solo para amendoim da ordem de 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Marques et al., 1961). Portanto, para os produtores de amendoim é fundamental a adoção dos princípios da agricultura conservacionista. Além disso, a adoção da semeadura direta sobre a palhada de cana-de-açúcar tem contribuído para reduzir em 10 vezes a erosão do solo (Prove et al., 1995), para aumentar o carbono orgânico do solo (La Scala et al., 2006; Cerri et al., 2011; Segnini et al., 2013) e diminuir em 40% o custo de renovação do canavial (Bolonhezi et al., 2014).

Diversas pesquisas têm investigado a semeadura direta, preparo localizado e preparo reduzido sobre o desempenho agrônômico de amendoim no início da década de 80 (Grishar e Boswell, 1987; Wright e Porter, 1991; Scholar, 1995), mas até os dias

atuais, estudos sobre preparos conservacionistas permanecem sendo importantes (Mulvaney et al, 2017; Balkom et al., 2018; Tubbs, 2019).

Na literatura nacional, ainda são escassas publicações que versam sobre a viabilidade de implantação de amendoim no sistema plantio direto ou em preparos conservacionistas. Para as condições paulistas, Tasso Junior (2003) avaliou quatro cultivares de amendoim (Tatu comum, IAC-Tatu ST, IAC-Caiapó e Florunner) nos preparos convencional, preparo reduzido e plantio direto sobre palhada de cana crua. Verificou aumentos significativos na produção de amendoim em casca no sistema plantio direto em relação ao convencional. Para a média das cultivares, a produção de vagens foi 3218, 3178 e 2769 kg ha⁻¹, respectivamente nos sistemas plantio direto, preparo reduzido e convencional.

Outras pesquisas foram conduzidas posteriormente, demonstrando diversas vantagens da semeadura direta, especialmente na rotação com cana-de-açúcar (Bolonhezi et al., 2007; Leonel, 2010; Tasso Junior., 2003). Mas esses resultados são insuficientes para recomendar como uma prática viável, tendo em vista que os talhões de cana-de-açúcar crua apresentam grande diversidade de situações que requerem mais informação técnica para minimizar os desafios, mas sobretudo a irregularidade de emergência e a elevada compactação do solo presente nos talhões de cana-de-açúcar colhida crua.

Como alternativa para diminuir a compactação e melhorar a qualidade da semeadura em sistemas de produção do amendoim para as condições norte-americanas, foram desenvolvidos equipamentos com intuito de realizar o preparo em faixas e sem inversão de camadas, sendo os modelos *Rip Strip*® (KMC Company) e *Paratill*® os mais conhecidos. O *Rip Strip*® é composto de um disco corta palha à frente de uma haste escarificadora, seguida por discos corrugados, os quais criam uma faixa livre de resíduos, de modo a facilitar o contato da semente com o solo, sendo posicionado para executar o preparo localizado na faixa de trabalho da semeadora (Aulakh et al., 2015). Nesse contexto, Siri-Prieto et al. (2007) estudaram o efeito do *Paratill*® (haste subsoladora com discos destorreadores) e concluíram que sua utilização após a colheita de amendoim em semeadura direta, proporcionou redução de 83% na compactação e aumento de 36% na infiltração de água no solo. Esses benefícios resultaram em aumentos de 42% na produtividade de vagens e melhor

estande de plantas no cultivo seguinte de amendoim, em comparação com a semeadura direta contínua, mesmo tendo favorecido as perdas de água no solo (Siri-Prieto et al., 2009). Outros estudos têm mostrado que a preparo em faixas reduziu a resistência mecânica do solo à penetração (Zhao et al., 2009; Jackson et al., 2011), daninhas (Aulakh et al., 2015), aumentou o tamanho dos nódulos no sistema radicular (Rowland et al., 2015) e reduziu a perda de umidade do solo (Hawkins et al., 2016). Mas, dependendo das condições, a semeadura direta apresenta maior produtividade e retorno econômico em comparação ao preparo em faixas (Godsey et al., 2011).

Em virtude do início de fabricação do equipamento *Rip Strip*[®], foram iniciadas experiências comerciais com este equipamento para preparo em faixa. Estudos preliminares concluíram que o preparo em faixas utilizando o *Rip Strip*[®] forneceu melhor qualidade no arranquio (Ormond et al., 2018), redução significativa na compactação do solo (Ambrósio et al., 2017; Betiol et al., 2017), menor infecção por aflatoxina (Leal et al., 2018), ganhos em produtividade em algumas circunstâncias (Bolonhezi et al., 2017; Leal et al., 2018), bem como menor perda de vagens no arranquio (Bolonhezi et al., 2014). A maioria desses resultados foram oriundos da rede de experimentos do projeto Amendoim na Palha conduzidos entre 2014 e 2018, os quais foram financiados pela Agrisus e CNPq,

No entanto, mesmo com todas as vantagens em termos de proteção contra a erosão do solo, ainda existe um ceticismo sobre a eficácia da aplicação de princípios da agricultura conservacionista. Este ceticismo ocorre, pois existem muitos desafios relacionados com a dificuldade de melhorar o contato da semente com o solo para a absorção de umidade adequada (baixo estande de plantas) e, devido à alta compactação do solo que também pode causar maior dificuldade na operação de arranquio e inversão, consequentemente a perda de vagens é maior (Jackson et al., 2011). Além disso, deve ser considerado que a operação de arranquio, que antecede o recolhimento, proporciona revolvimento na camada superior do solo, portanto, o conceito de agricultura conservacionista é o mais adequado (Derpsch et al., 2014).

2.3. Resistência mecânica do solo à penetração

Por definição, a compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado durante a qual existe um aumento da densidade em consequência da

redução de seu volume e aeração, ou seja, o efeito da compactação em um solo é a mudança na sua estrutura (Hillel, 1980; Gupta et al., 1989; Glínski e Lipiec, 1990; Hillel, 1998).

A compactação é outro reflexo da agricultura intensiva praticada nos moldes convencionais. Pesquisas têm demonstrado que a compactação aumenta a densidade do solo, a resistência mecânica do solo, diminui a porosidade total, o tamanho e a continuidade dos poros, salientando que as reduções significativas ocorrem principalmente no volume dos macroporos, enquanto os microporos permanecem praticamente inalterados (Dias Junior, 2000). Estas modificações podem ter efeitos negativos no crescimento das raízes e da parte aérea das plantas, bem como sobre a produção das culturas. A compactação pode resultar de causas naturais, incluindo impacto das gotas das chuvas, encharcamento e tensão interna da água. A compactação artificial ocorre sobre forças descendentes aplicadas pelos rodados de tratores, colhedoras e implementos utilizados na agricultura moderna (Glínski e Lipiec, 1990).

Elevados níveis de compactação afetam o crescimento do sistema radicular das culturas, devido o efeito direto da resistência que oferece às raízes, bem como pelos efeitos indiretos ocasionados pela diminuição da taxa de difusão do oxigênio no solo (Asady e Smucker, 1989; Unger e Kaspar, 1994; Masle, 2002). A impedância que oferece ao desenvolvimento radicular, diminui a capacidade das raízes explorarem maior volume de solo, reduzindo assim a absorção de nutrientes, tanto para o fósforo e potássio que são absorvidos por difusão, quanto os nutrientes que são predominantemente absorvidos por fluxo de massa (Shierlaw e Alston, 1984; Lipiec e Stepniewski, 1995). Além disso, a compactação interfere na atividade da biota no solo, reduzindo a formação de bioporos, os quais são canais preferencias para as raízes e que favorecem a absorção de nutrientes (Bauke et al., 2017). Outro efeito prejudicial da compactação em sistemas agrícolas está relacionado com a redução da infiltração de água no solo, alteração nas propriedades físicas e consequente diminuição na produtividade das culturas entre 6 e 34% (Obour e Ugarte, 2021).

Existem diferentes indicadores, metodologias e equipamentos para quantificar os níveis de compactação em solo. A resistência mecânica do solo à penetração tem sido extensivamente utilizada como técnica para realizar diagnóstico da distribuição

do nível de compactação em solos. A resistência mecânica que o solo oferece à penetração expressa pelo índice do cone (IC) está diretamente relacionado com as alterações nos atributos físicos do solo (Campbell e O'Sullivan, 1991) e é um dos fatores que mais afeta o crescimento radicular e a produtividade das culturas (Collares et al., 2006). Os penetrômetros podem ser estáticos (dinamométricos ou eletrônicos) que dependem da força do operador ou de componentes mais sofisticados para determinação, fato que dificulta uso em condições de solo seco, ou pode ser dinâmico (impacto) que embora seja mais simples e de baixo custo, porém, a leitura é mais demorada (Sá e Santos Junior, 2007).

Embora seja uma técnica rápida em comparação à outras, que dependem de laboratório, recebe muitos questionamentos, tais como; o cone não representa na realidade a dificuldade encontrada pelas raízes (Camargo e Alleoni, 1997), necessita fazer correção do conteúdo de água ao longo do perfil (Vaz et al., 2013; Fernandes et al., 2020) e pode apresentar alta variabilidade espacial (Bonnin et al., 2010; Guedes Filho et al., 2010). De acordo com Masle (2002), o valor de resistência à penetração medido em campo superestima entre 2 e 8 vezes, considerando a resistência efetivamente encontrada pelas raízes das plantas. Porém, quando utilizada de forma adequada confere um bom diagnóstico das diferenças entre sistemas de manejo do solo (Khuwald et al., 2020), assim como permite com precisão indicar qual a camada no perfil do solo apresenta a maior resistência mecânica à penetração (Moraes et al., 2013), fato que ajuda muito na tomada de decisão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O ensaio foi instalado na safra 2019/20 na cidade de Planalto (Estado de São Paulo, Brasil) (Figura 1). O solo no local foi classificado como *LATOSSOLO Vermelho-Amarelo álico*, textura arenosa (18% de argila), de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Santos., 2018). A Tabela 1 mostra os atributos físicos e químicos do solo obtidos após sete safras de cana-de-açúcar. Os atributos químicos foram determinados de acordo com Raij et al. (2001). A

área experimental localizada nas proximidades das coordenadas geográficas do local estudado são 21° 02' 06 "S e 49° 55' 48" W, e está localizado a altitude média de 423 metros acima do nível do mar. O clima da região é classificado como AW, tropical com invernos secos e verões chuvosos, com temperatura média anual de 23,4 °C e precipitação média anual de 1465 milímetros (Alvares et al., 2013).

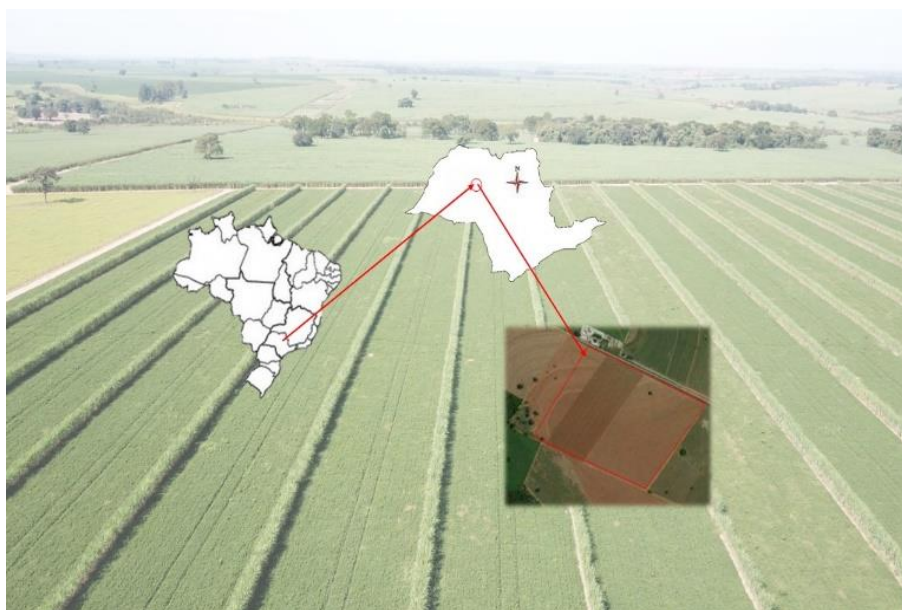


Figura 1. Localização da área experimental situada no município de Planalto, Estado de São Paulo, Brasil.

Tabela 1. Características químicas do solo antes da semeadura do amendoim. Planalto, São Paulo, Brasil. 2019.

Camada	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	H+ Al	CEC	V%
m	g dm ⁻³	CaCl ₂	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³					%
0,00-0,25	14,9	4,9	21,0	0,7	16,3	4,1	23,1	44,2	46,9
0,25-0,50	11,0	5,1	7,3	0,4	12,3	3,0	20,3	36,0	43,3

O experimento foi implantado em talhão comercial com histórico de cana-de-açúcar cultivar. RB855156, que foi colhido sem queima por sete anos. Em área de 27 hectares foi feita a sistematização para reforma com sistema MEIOSI, em seguida, foram destinados 2,24 hectares (8,3%) para produzir cana-de-açúcar (linha mãe) e 24,7 hectares intercalados (91,7%) para a produção de amendoim. A última colheita

foi realizada em 30 de maio de 2019 e a quantidade de palha na superfície do solo foi estimada em 20,7 Mg ha⁻¹. De acordo com os resultados da análise química do solo foi aplicado 1,5 Mg ha⁻¹ de calcário em superfície, para elevar o nível de V% em até 70%. Para o transplântio das linhas mãe no sistema MEIOSI, foram utilizadas mudas pré-brotadas da cultivar RB966928 transplantadas no dia 07/10/2019 com preparo convencional, que foi realizado apenas para plantar uma linha de cana-de-açúcar espaçadas entre elas a 23,1 m.

3.2 Equipamentos e operações realizadas

O preparo convencional (PC) foi realizado em junho / 2019 que compreendeu cinco operações: uma gradagem utilizando grade pesada de 18 discos de 36", subsolagem feita com subsolador de 7 hastes parabólicas espaçadas a 0,45, ponteiros aladas, (profundidade de trabalho 0,5 m), seguido gradagem com grade leve de 36 discos de 28" e duas gradagens feitas com grade niveladora de 72 discos de 22".

Para o preparo localizado (PL) utilizou-se o equipamento da Metalúrgica Carderoli, de quatro linhas, cada uma composta por disco de corte 26" mais dois discos dentados de 12" localizados nas laterais do disco de corte, deslocados para trás, seguidos da haste subsoladora (profundidade de trabalho 0,35 m) do tipo reta inclinada com ponteira alada, seguida de dois discos recortados de 20" seguidos de dois corrugados de 20" e rolo destorroador (Figura 2a), esta máquina prepara uma faixa de 0,40 m de largura.

No preparo reduzido (PR) foi utilizado subsolador com disco de corte 22" posicionados a frente das 6 hastes do tipo reta inclinada com ponteira estreita 0,04m (GTS[®], modelo Terrus DXS[®]) espaçadas 0,60 m entre si (profundidade de trabalho de 0,45 m).



Figura 2. Equipamento utilizado no preparo localizado (a) e seus componentes: disco de corte (a1), discos dentados (a2), haste subsoladora (a3), discos recortados (a4), discos corrugados (a5) e rolo destorreador (a6). Haste escarificadora da semeadora adubadora (b1), e disco ondulado de corte (b2).

Para a semeadura direta (SD) e preparo reduzido foi utilizado semeadora adubadora John Deere[®], modelo 1113, equipada com disco de corte ondulado 22” à frente da haste escarificadora (profundidade de trabalho 0,25 m) de distribuição de fertilizante (Figura 2b), sistema de distribuição de sementes a vácuo, com disco duplo desencontrado, composta de seis linhas espaçadas de 0,90 m. Para todos tratamentos foi utilizado o mesmo modelo de semeadora adubadora, porém nos preparos localizado e convencional foi equipada com disco duplo desencontrado na distribuição de fertilizante, e sem disco de corte de palha. O preparo de solo reduzido e localizado foram feitos no dia 17/08/2019. O trator utilizado para as operações foi da marca John Deere, modelo 7200 4x2 TDA com 162 kW (220 cv) de potência.

As faixas entres as linhas de cana-de-açúcar foram usadas como parcelas para instalação do ensaio como é mostrado na Figura 3, onde foi utilizado delineamento de blocos casualizados com quatro tratamentos: preparo convencional, preparo reduzido com subsolador, preparo localizado e semeadura direta.

Blocos	Linhas de cana	Tratamentos	Parcela	Área (ha)
Bloco 1	MEIOSI→	Bordadura	-	0,47
	MEIOSI→	Preparo convencional	1	0,99
	MEIOSI→	Preparo localizado	2	0,99
	MEIOSI→	Preparo reduzido	3	1
	MEIOSI→	Semeadura direta	4	1
Bloco 2	MEIOSI→	Preparo reduzido	5	1
	MEIOSI→	Preparo localizado	6	1
	MEIOSI→	Semeadura direta	7	1
	MEIOSI→	Preparo convencional	8	1
	MEIOSI→	Semeadura direta	9	1
Bloco 3	MEIOSI→	Preparo localizado	10	1
	MEIOSI→	Preparo convencional	11	1,01
	MEIOSI→	Preparo reduzido	12	1,01
	MEIOSI→	Preparo convencional	13	1,01
	MEIOSI→	Preparo reduzido	14	1,01
Bloco 4	MEIOSI→	Semeadura direta	15	1,01
	MEIOSI→	Preparo localizado	16	1,02
	MEIOSI→	Preparo convencional	17	1,02
	MEIOSI→	Preparo localizado	18	1,01
	MEIOSI→	Preparo reduzido	19	1
Bloco 5	MEIOSI→	Semeadura direta	20	1
	MEIOSI→	Bordadura	-	3,39

Figura 3. Disposição dos tratamentos nos intervalos das linhas de cana.

A cultivar de amendoim utilizada foi a IAC-OL3 semeada em 17/10/2020, as regulagens foram iguais em todos tratamentos em termos de densidade de sementes (17 sementes por metro), fertilizante no sulco (8 e 61 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅ respectivamente) (Figura 4). Aos 30 dias após semeadura, 72 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de KCl foi aplicado à lanço. Todas as pulverizações para controle de ervas daninhas, pragas e doenças foram feitas com pulverizador autopropelido com tecnologia de direcionamento automático (GNSS).



Figura 4. Condições do solo após a semeadura nos preparos: convencional (a); preparo localizado (b); preparo reduzido (c); e semeadura direta (d). no município de Planalto, Estado de São Paulo, Brasil.

As características agronômicas foram avaliadas desde a semeadura até a colheita. O número de plantas emergidas foi contado 20 dias após a semeadura (01/11/2019) em 10 pontos aleatórios de 1,0 m em cada repetição. Amostras de biomassa da parte aérea foram coletadas em dois pontos aleatórios de 1,0 m em todas as repetições em cinco diferentes estágios de desenvolvimento (01/11/2019, 18/12/2019, 14/01/2020, 30/01/2020 e 12/02 / 2020), as raízes e as vagens foram separadas da parte, que foi pesada obtendo-se o peso úmido. Essa amostra foi colocada em estufa de circulação de ar forçado a 60 °C por 72 horas, com as amostras secas, foi feito a pesagem novamente para determinação da matéria seca da parte aérea, as vagens foram quantificadas para obter-se o número de vagens por planta.

A amostragem do percentual de vagens maduras feita segundo o método de raspagem da vagem (William & Drexler, 1981). Foi coletado uma amostra aleatória em cada parcela de 0,50 m na linha da cultura em 131 (27/02/2020) dias após a semeadura (DAS). Quando o amendoim atingiu 135 DAS (2020/02/03), todas as parcelas foram mecanicamente arrancadas e invertidas utilizando um arrancador/invertedor (KBM[®], modelo AIA KBM2-G), após o arranquio (05/03/2020) o amendoim foi recolhido com colhedora de quatro linhas (MIAC[®], modelo Twin Master). Ambas as operações de recolhimento e colheita foram feitas com trator John

Deere, modelo 6190J com 140 kW (190 cv). Cada parcela experimental (aproximadamente 1,0 hectare), teve toda a produção recolhida e transportada a unidade de beneficiamento, o peso líquido das vagens foi obtido para determinar a produção, após foram submetidas ao processo de limpeza, secagem e armazenagem com 8% de umidade. Neste momento todas as impurezas separadas pelo processo de limpeza, foram pesadas para determinar o percentual de impurezas vindas da operação de recolhimento. Após a colheita foi feita a amostragem de perdas de vagens de acordo com Bertonha. (2011), segundo o qual, todas as vagens encontradas dentro do quadro de amostragem (1,11 x 1,80 m) na superfície do solo e abaixo do solo foram coletadas, secas e pesadas para determinar as perdas em produtividade.

Embora não tenha sido objetivo principal desta pesquisa, foi incluída uma avaliação da incidência e severidade do vírus da mancha anelar do *amendoim* (GRSV) de acordo com Culbreath et al. (1997) (Figura 5), pois houve uma expressiva ocorrência durante o desenvolvimento das plantas, onde foi observado maior ocorrência no preparo convencional. Uma análise de correlação entre a produção de vagens com incidência e severidade foi realizada.



Figura 5. Incidência e Severidade de Virose, nota 1 (a), nota 2 (b), nota 3 (c), nota 4 (d). Fotos: Dr. Marcos Doniseti Michelotto.

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi medida em todas as parcelas nos dias 3/10/2019 (antes da semeadura) (Figura 6a), 18/12/2019 (florescimento inicial) (Figura 6b), 30/01/2020 (pico de fixação e enchimento das vagens) e 10/03/2020 (após a colheita). As medições foram feitas em intervalos de profundidade de 0,01 m da superfície até 0,5 m de profundidade, com penetrômetro digital (marca DLG, modelo PNT2000®) em duas posições de leitura (linha no centro da linha de semeadura e na entre linha a 0,45 m do centro da linha de semeadura) em quatro pontos aleatórios dentro de cada parcela, não fazendo a leitura onde os rodados do pulverizador passaram durante o desenvolvimento da cultura. Os dados foram transferidos para o computador e os resultados foram expressos em MPa. No mesmo dia da avaliação, foram realizadas coletas de solo em cinco profundidades (0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,3, 0,3-0,4 e 0,4-0,5 m), segundo Camargo et al. (1986), a fim de medir o conteúdo gravimétrico de água no solo (GWC) (Figura 6c).

No pico da floração e enchimento das vagens (14/01/2020), as amostras de solo foram retiradas em cilindros volumétricos (0,05 m de altura x 0,05 m de diâmetro) em cinco profundidades (0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,3, 0,3-0,4 e 0,4-0,5 m) em duas posições, em linha e entrelinha da cultura do amendoim em cada parcela, totalizando 200 amostras (Figura 6d). As amostras foram levadas para laboratório, a fim de determinar alguns atributos físicos, como: porosidade total (PT), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), densidade do solo (DS) e capacidade de retenção de água (CAD), conforme Embrapa (1997).



Figura 6. Avaliação de resistência mecânica do solo à penetração antes da semeadura (a), florescimento inicial (b), amostragem do conteúdo gravimétrico de água no solo (c) e amostragem dos atributos físicos cilindros volumétricos (d).

3.3 Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada pelo software AGROESTAT (Barbosa & Maldonado, 2009) utilizando ANOVA e o teste de Tukey foi empregado para determinar a separação entre as médias. Para a resistência mecânica do solo à penetração foi considerada uma média em camadas de 0,10 m para comparação entre os tratamentos.

4. RESULTADOS

Quanto a compactação do solo, houve diferença significativa ($P < 0,001$) entre os tratamentos quanto à resistência mecânica do solo à penetração (RP), quando a avaliação foi realizada antes da semeadura (Figura 7a.). Demonstrando que os métodos de preparo do solo afetaram a RP para camadas abaixo de 0,10 m de profundidade, mas apenas para o preparo reduzido, não foi observada diferença estatística em relação ao Preparo convencional. O preparo reduzido tem demonstrado boa eficiência, pois reduz RP e mantém a cobertura do solo com palha de cana-de-açúcar. Nesse momento, a semeadura direta (onde não foi realizado nenhum

preparo), já apresentava os maiores valores de RP abaixo de 0,20 m de profundidade (de 4,8 MPa até 5,8 MPa), significativamente superiores aos demais tratamentos. A mesma tendência é observada para a avaliação feita cerca de 75 dias depois (Figura 7b), 117 dias depois (Figura 7c) e para a avaliação feita após a colheita (Figura 7d), mas para todos os tratamentos houve um aumento expressivo na magnitude dos valores em resposta ao tráfego de máquinas, e precipitações.

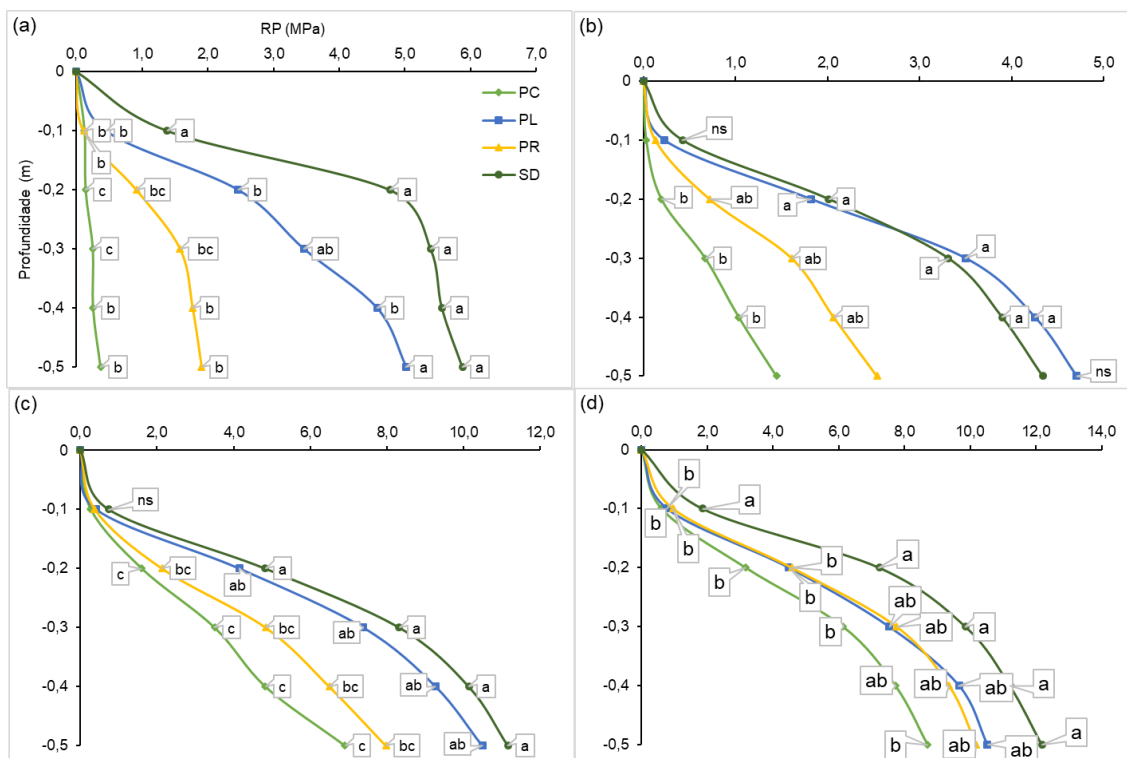


Figura 7. Resistência mecânica a penetração do solo para as seguintes datas de medição: 03/10/19 (a), 18/12/19 (b), 30/01/20 (c), 10/03/20 (d), as médias comparam o manejo do solo em cada camada (profundidade). ns: não significativo pelo teste de Tukey.

Ao se considerar as avaliações feitas na linha de semeadura e entrelinha separadamente (Figura 8a, b, c, d) durante o ciclo do amendoim, é possível identificar o quão grande foi a diferença entre os tratamentos, principalmente para as medidas feitas na entrelinha. Para as medidas feitas na linha, não foi observada diferença estatística entre os tratamentos aos 62 DAS (Figura 8a), exceto para a camada 0,10-0,20 m aos 113 DAS (Figura 8b). Para todos eles os valores foram superiores a 2,9 MPa abaixo da camada de solo de 0,10-0,20 m de profundidade aos 113 DAS (Figura 8b). Porém, o maior valor foi observado para preparo reduzido e semeadura direta,

com 10,2 e 12,3 MPa, respectivamente (Figura 8b). Por outro lado, em relação à avaliação realizada na entrelinha, não foi verificada diferença da camada superficial do solo para as camadas mais profundas, entre preparo convencional e preparo reduzido, bem como entre preparo reduzido, semeadura direta e preparo localizado aos 62 DAS (Figura 8c). Porém, para todos eles, os maiores valores de RP foram encontrados na camada de 0,4-0,5 m de profundidade, com os seguintes resultados: 8,54, 10,1, 12,1 e 12,2 MPa (Figura 8d), respectivamente para preparo convencional, reduzido, semeadura direta e preparo localizado. Comparando a RP na linha e na entrelinha para preparo localizado avaliada 113 DAS (Figura 8b e d) verifica-se um forte efeito da subsolagem na linha, o que poderia diminuir a RP em 54, 43, 23 e 23%, respectivamente para as camadas; 0,10-0,20, 0,20-0,30, 0,3-0,4 e 0,40-0,50 m de profundidade.

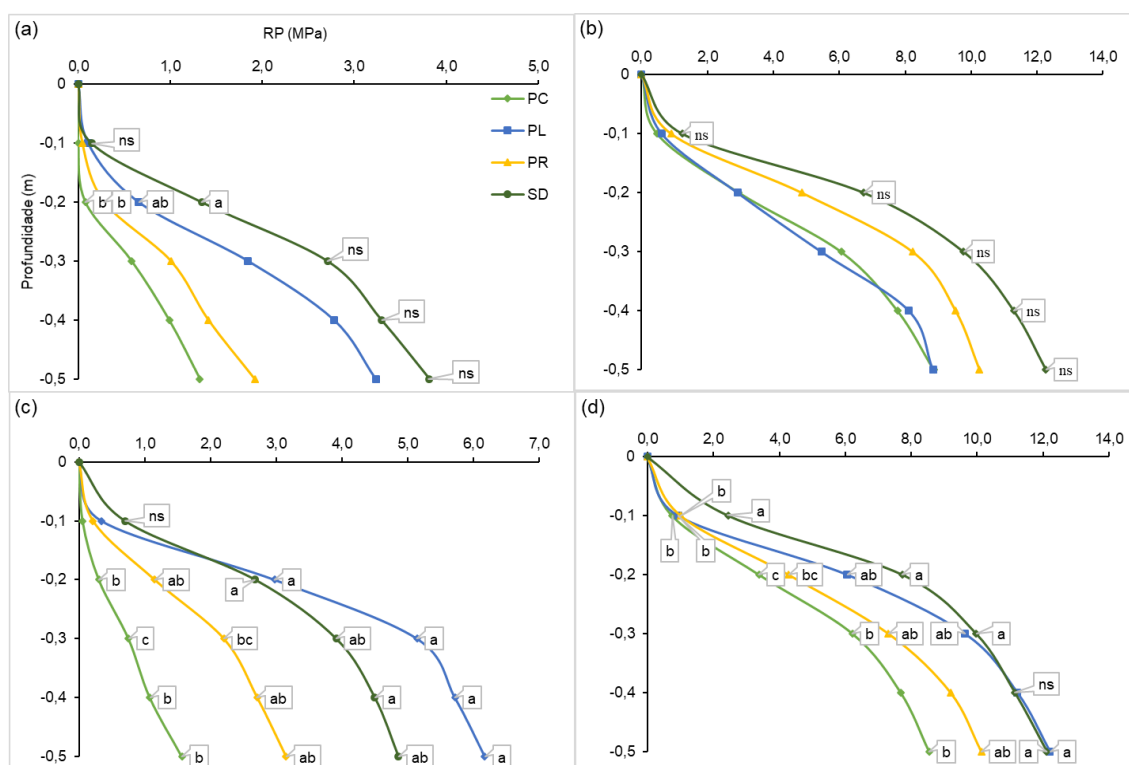


Figura 8. Resistência mecânica do solo à penetração em diferentes datas e posições de leitura 18/12/19 linha (a), 18/12/19 entrelinha (c), 30/01/20 linha (b), 30/01/20 entrelinha (d), comparação de médias em cada camada de solo (profundidade). ns: não significativo no teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na atual pesquisa, foi observada diferença significativa apenas para Microporosidade (Mi) (Tabela 2) e capacidade de água disponível (CAD) entre os tratamentos para as amostras coletadas na entrelinha e na primeira camada. Observa-se na Figura 9, que a maior CAD foi determinada para semeadura direta ($0,331 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e a menor para preparo reduzido ($0,279 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) a 0,30 m de profundidade. O teor gravimétrico de água do solo foi medido simultaneamente com as avaliações de RP e é apresentado na Tabela 3. É importante mencionar que as coletas foram feitas em relação a uma média de parcelas, portanto nenhuma análise estatística foi realizada. Avaliações feitas aos 62 e 113 DAS, durante o desenvolvimento do crescimento do amendoim, mostraram que o preparo reduzido apresentou 16 e 24% a mais de umidade no solo do que o preparo convencional, respectivamente. Para todos os tratamentos houve redução do teor de água do solo aos 62 DAS até a colheita. Além disso, é importante ressaltar que todas as avaliações do conteúdo gravimétrico de água no solo medidas apresentaram valores abaixo da capacidade de campo ($0,220 \text{ g de água g}^{-1} \text{ de solo}$).

Tabela 2. Atributos físicos do solo em preparos conservacionistas de solo em duas posições de leitura (linha e entrelinha) na cultura do amendoim. Planalto, São Paulo, Brasil, 2019.

Camada ⁽¹⁾	Linha ⁽²⁾						Entrelinha ⁽²⁾					
	PC	PL	PR	SD	Test F	CV	PC	PL	PR	SD	Test F	CV
m	%											
Macroporosidade (m³ m⁻³)												
0,00-0,10	0,18	0,17	0,14	0,09	3,14 ^{ns}	36,56	0,10	0,12	0,15	0,09	1,16 ^{ns}	45,02
0,10-0,20	0,15	0,13	0,12	0,07	2,23 ^{ns}	38,46	0,06	0,09	0,11	0,07	1,52 ^{ns}	42,41
0,20-0,30	0,10	0,10	0,10	0,08	0,75 ^{ns}	34,02	0,07	0,07	0,09	0,06	1,52 ^{ns}	32,79
0,30-0,40	0,10	0,07	0,09	0,08	0,65 ^{ns}	33,31	0,08	0,08	0,07	0,08	0,29 ^{ns}	29,60
0,40-0,50	0,13	0,08	0,08	0,09	2,81 ^{ns}	31,79	0,09	0,10	0,10	0,08	0,73 ^{ns}	29,41
Microporosidade (m³ m⁻³)												
0,00-0,10	0,24	0,23	0,22	0,25	1,89 ^{ns}	7,96	0,27ab	0,27a	0,23b	0,26ab	3,93*	7,16
0,10-0,20	0,24	0,23	0,23	0,25	2,29 ^{ns}	6,31	0,25	0,24	0,24	0,25	0,42 ^{ns}	9,16
0,20-0,30	0,24	0,24	0,25	0,25	0,97 ^{ns}	5,00	0,25	0,26	0,25	0,26	3,20 ^{ns}	3,06
0,30-0,40	0,25	0,26	0,26	0,26	0,52 ^{ns}	4,93	0,27a	0,26ab	0,25b	0,26ab	6,48**	2,73
0,40-0,50	0,25	0,26	0,26	0,26	1,14 ^{ns}	4,57	0,26	0,26	0,25	0,24	0,63 ^{ns}	11,95
Porosidade total (m³ m⁻³)												
0,00-0,10	0,42a	0,40ab	0,36ab	0,34b	3,39 ^{ns}	11,83	0,37	0,39	0,39	0,36	0,48 ^{ns}	13,37
0,10-0,20	0,39	0,36	0,35	0,33	2,49 ^{ns}	10,79	0,32	0,34	0,35	0,32	0,61 ^{ns}	12,31
0,20-0,30	0,35	0,35	0,35	0,33	0,63 ^{ns}	7,74	0,33	0,33	0,34	0,32	0,46 ^{ns}	7,63
0,30-0,40	0,35	0,33	0,35	0,34	0,79 ^{ns}	7,16	0,35	0,35	0,32	0,34	1,25 ^{ns}	7,11
0,40-0,50	0,38	0,35	0,34	0,35	1,48 ^{ns}	8,94	0,35	0,36	0,36	0,32	3,42 ^{ns}	6,72
Densidade (Mg m⁻³)												
0,00-0,10	1,40	1,47	1,53	1,65	3,10 ^{ns}	8,84	1,61	163	1,54	1,64	0,44 ^{ns}	9,18
0,10-0,20	1,54	1,59	1,58	1,71	1,88 ^{ns}	7,76	1,71	1,70	1,65	1,72	0,64 ^{ns}	5,13
0,20-0,30	1,61	1,67	1,62	1,67	0,44 ^{ns}	6,39	1,70	1,74	1,65	1,75	1,48 ^{ns}	4,81
0,30-0,40	1,64	1,67	1,69	1,65	0,43 ^{ns}	3,85	1,65	1,65	1,71	1,66	1,31 ^{ns}	3,42
0,40-0,50	1,55	1,65	1,67	1,65	1,68 ^{ns}	5,69	1,58	1,56	1,58	1,62	0,71 ^{ns}	4,08

⁽¹⁾As médias nas linhas comparam o manejo do solo na mesma profundidade; ⁽²⁾: posição de leitura; * significativo teste de Tukey ($p < 0,05$); ns: não significativo a 5% de probabilidade.

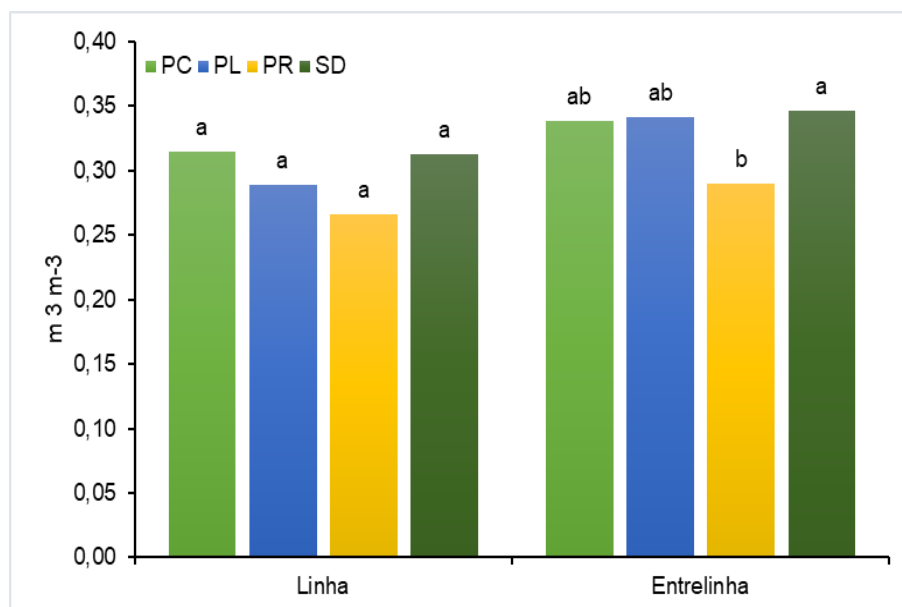


Figura 9. CAD ($m^3 m^{-3}$) em duas posições de leitura, linha e entrelinha, avaliada na camada 00,00-0,30 m, as médias comparam os preparos em cada posição de leitura pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.

Tabela 3. Conteúdo gravimétrico de água do solo em diferentes preparos conservacionistas para cultura do amendoim. Planalto, São Paulo, Brasil, 2019.

Tratamentos	Camada	Datas avaliadas							
		03/10/19	Media ⁽¹⁾	18/12/19	Media ⁽¹⁾	30/01/20	Media ⁽¹⁾	10/03/20	Media ⁽¹⁾
	m	g ⁻¹ g ⁻¹							
Preparo convencional	0,00-0,10	0,046		0,117		0,116		0,085	
	0,10-0,20	0,110		0,195		0,119		0,106	
	0,20-0,30	0,107	0,101	0,126	0,138	0,117	0,115	0,105	0,103
	0,30-0,40	0,114		0,127		0,104		0,106	
	0,40-0,50	0,127		0,124		0,117		0,113	
Preparo localizado	0,00-0,10	—		0,187		0,099		0,073	
	0,10-0,20	—		0,174		0,066		0,071	
	0,20-0,30	—	—	0,140	0,154	0,073	0,076	0,096	0,089
	0,30-0,40	—		0,133		0,034		0,096	
	0,40-0,50	—		0,138		0,106		0,109	
Preparo reduzido	0,00-0,10	—		0,220		0,102		0,065	
	0,10-0,20	—		0,150		0,115		0,083	
	0,20-0,30	—	—	0,151	0,171	0,124	0,121	0,090	0,090
	0,30-0,40	—		0,154		0,127		0,111	
	0,40-0,50	—		0,178		0,136		0,104	
Semeadura Direta	0,00-0,10	0,110		0,150		0,089		0,120	
	0,10-0,20	0,103		0,122		0,100		0,099	
	0,20-0,30	0,119	0,118	0,131	0,136	0,103	0,104	0,100	0,114
	0,30-0,40	0,130		0,139		0,113		0,120	
	0,40-0,50	0,129		0,139		0,117		0,130.	

⁽¹⁾Valor médio das camadas.

Um atraso no crescimento vegetativo do amendoim observado no início do ciclo, certamente afetou o percentual de vagens maduras próximo à colheita. Este

efeito é mostrado na qual pode-se observar que a porcentagem de vagens maduras aos 131 DAS foi de 67, 58, 52 e 48%, respectivamente para preparo convencional, localizado, semeadura direta e preparo reduzido. Em relação a recomendação quanto a realizar a operação de arranquio e colheita, é quando este percentual atingir mais de 65%, para todos os preparos conservacionistas, a porcentagem certamente estava abaixo do percentual recomendado na data que foi feita a operação de arranquio. Embora com menor porcentagem de vagens maduras e maior porcentagem de impurezas na produção de vagens na ordem de 0,4, 0,7, 1,1 e 1,4% para o preparo convencional, preparo em faixas, preparo localizado e semeadura direta respectivamente, o preparo reduzido e semeadura direta produziram em média 695 e 991 kg ha⁻¹ (P <0,01) a mais que preparo localizado e convencional, respectivamente. Já para a produtividade de grãos (Figura 10) não foi verificada diferença entre os tratamentos. Para as perdas totais das operações de arranquio e recolhimento avaliadas, os valores foram de 522, 368, 287 e 283 kg há⁻¹ para preparo localizado, convencional, semeadura direta e preparo reduzido respectivamente, não diferindo estatisticamente entre os tratamentos.

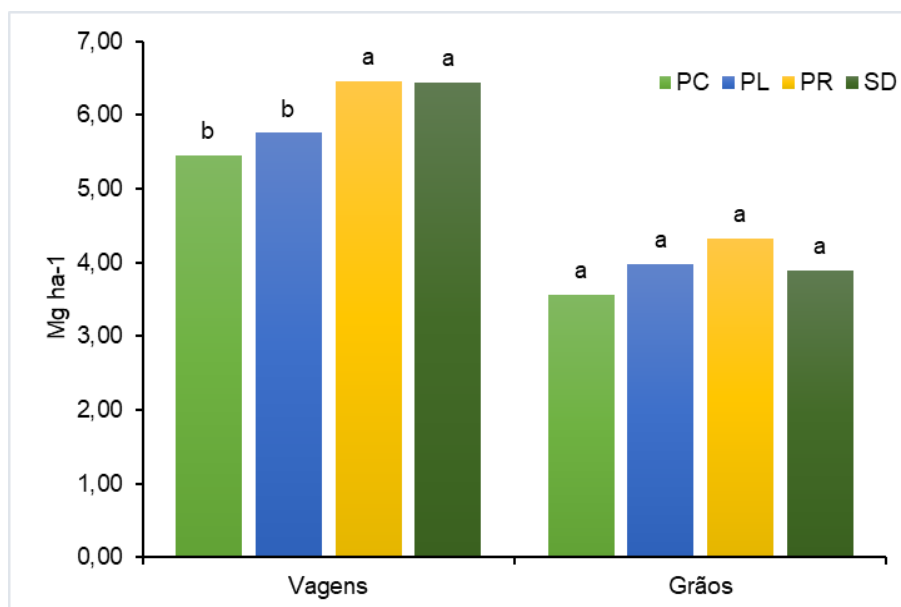


Figura 10. Produtividade de vagens e grãos, as médias comparam o manejo do solo em cada item pelo teste de Tukey (p <0,05), médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A incidência (% de plantas com sintomas) (Figura 11a) e a severidade (nível de sintomas) (Figura 11b) da doença viral (GRSV) foram significativamente maiores (P

<0,001) no preparo convencional (Figura 11). Pode-se observar que, quando o solo estava coberto com qualquer nível de palhada remanescente da cana-de-açúcar, o percentual de plantas com sintomas era 13,3% menor que no preparo convencional, assim como o nível da severidade também era menor. Houve uma correlação negativa significativa entre a produção de vagens com a incidência ($r = - 0,54 *$) e severidade ($r = - 0,48 *$) da doença viral (GRSV).

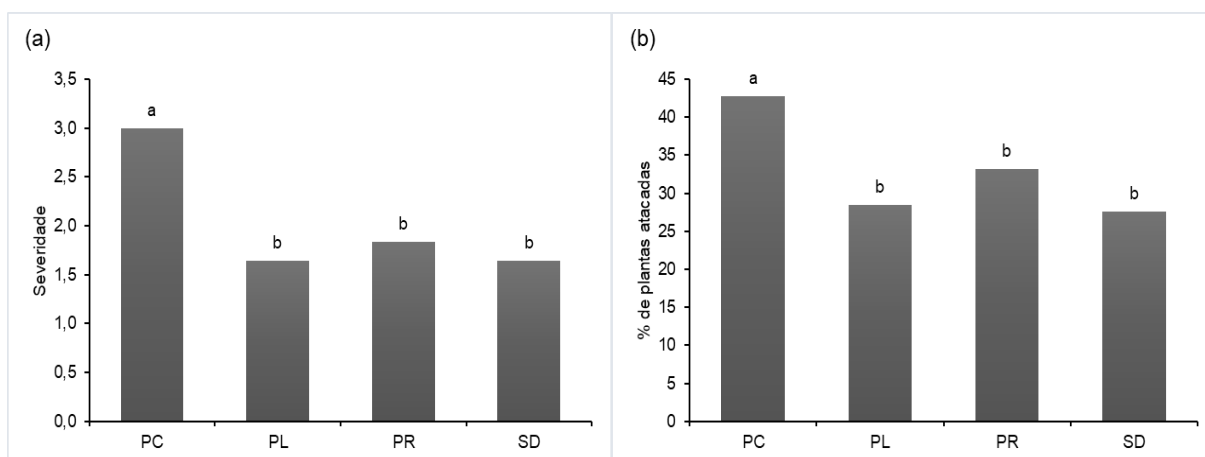


Figura 11. Porcentagem de plantas infectadas pelo vírus (GRSV) em cada manejo do solo (a), Severidade da doença (b), as médias comparam a diferença entre o manejo do solo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5. DISCUSSÃO

Em relação à média da RP da camada superficial do solo para a camada mais profunda, a semeadura direta apresentou o maior valor (4,6 MPa) e o preparo convencional o menor (0,2 MPa), mostrando os efeitos da mobilização do solo causada pelos equipamentos nas camadas mais superficiais. A pesquisa atual mostrou o impacto negativo da colheita mecanizada de cana-de-açúcar colhida crua na estrutura do solo, bem como mostra, que existem alternativas de preparo do solo para diminuir a RP. É importante ressaltar que o alto nível de compactação do solo na lavoura canavieira, após muitos anos de colheita mecanizada é comum e é apontado em diversos artigos (Otto et al., 2011; Barbosa et al., 2018; Martíni et al. al., 2021). É importante considerar que a RP depende do teor de água no solo, sendo que ambos são afetados pela textura, estrutura, agregação e densidade do solo (Glinski & Lipiec, 1990; Vaz et al., 2013). Em termos de tipo de solo, os resultados representam

condições semelhantes para quase 25% dos canaviais do Estado de São Paulo. Também é preciso dizer que as avaliações de RP foram feitas abaixo da capacidade de campo, portanto se obtém valores superiores nas avaliações. De acordo com Moraes et al. (2013), o RP é mais sensível à compactação do solo quando a avaliações são feitas em condição de solo seco (GWC menor que o limite de contração do solo).

Na presente pesquisa, a RP aumentou desde a semeadura até a colheita do amendoim para todos os tratamentos, inclusive para o preparo convencional, demonstrando um efeito curto em termos de melhoria das condições físicas do solo. Em geral, a RP aumentou durante o ciclo devido ao tráfego de campo e ao assentamento natural do solo (por exemplo, precipitação, dilatação e contração). O aumento da RP com a diminuição do teor de água no perfil do solo e o impacto do tráfego na compactação nas camadas mais profundas do solo é relatado por Moraes et al. (2013) em estudo na condição semeadura direta. Este é o motivo pelo qual são recomendadas metodologias para padronizar a umidade do solo (Vaz et al., 2013; Fernandes et al., 2020). Por outro lado, as metodologias disponíveis ainda são onerosas, devido à necessidade de amostragens de campo e análises laboratoriais (Fernandes et al., 2020) e esse não era o objetivo principal da presente pesquisa. No entanto, a redução da umidade do solo verificada durante o desenvolvimento da cultura do amendoim poderia explicar o aumento da RP na comparação antes da semeadura e aos 113 DAS, justificado pelo aumento das forças de coesão entre as partículas do solo (Cunha et al., 2002).

Além disso, o RP tem uma forte variabilidade espaço-temporal como é relatado por vários autores (Guedes Filho et al., 2010; Vaz et al., 2013; Kuhwald et al., 2020), mas às vezes a influência da água não apresentou uma alta correlação com a RP (Bonnin et al., 2010). De acordo com Kuhwald et al. (2020), o efeito do preparo convencional realizado por 18 anos com preparo mínimo foi observado por apenas 18 meses. O mesmo efeito temporal do preparo convencional em comparação ao plantio direto para a cana-de-açúcar foi observado em outros artigos (Barbosa et al., 2018; Martíni et al., 2021). Em geral, mais de 80% da compactação do solo na cana-de-açúcar ocorre após a primeira colheita (Garside et al., 1997), portanto, provavelmente os benefícios observados para o preparo convencional nos resultados serão perdidos

após a próxima colheita da cana-de-açúcar, pois há uma grande possibilidade de ocorrer a re-compactação do solo em curto prazo. Estudando o nível de compactação do solo em relação ao número de corte do talhão, Rossini (2014) concluiu que não houve aumento dos valores médios de RP proporcional ao número de corte.

Porém, considerando os benefícios para a cultura do amendoim, o preparo na linha tem apresentado benefícios em termos de redução da compactação do solo. O efeito do preparo localizado em na ótica de redução da RP no presente estudo é semelhante a estudos anteriores (Zhao et al., 2009; Jackson et al., 2011; Betiol et al., 2017). No entanto, é importante ressaltar que valores de RP superiores a 2,5 MPa (Camargo & Alleoni, 1997) dependendo da umidade do solo, são considerados restritivos ao desenvolvimento das raízes das plantas para a maioria das culturas. De fato, pode-se considerar que o preparo do solo feito na renovação do canavial, independente da cultura rotacional, é feito com o objetivo de melhorar as condições físicas e químicas para o próximo plantio da cana. Assim, considera-se como limite crítico para raiz da cana-de-açúcar valores de $RP > 2,0$ MPa e $DS > 1,78$ Mg m⁻³ (Otto et al., 2011) ou $RP > 1,5$ MPa e $DS > 1,7$ para solos arenosos (Barbosa et al., 2018). Para amendoim valores de RP e DS maiores que 2,55 MPa e 1,32 Mg m⁻³, respectivamente, podem afetar a biomassa, superfície e densidade radicular (Leonel, 20010; Leonel et al., 2007).

Uma vez que as vagens do amendoim são desenvolvidas abaixo do solo e que mais de 60% da biomassa da raiz está concentrada a 0,30 m de profundidade (Inforzato; Tella, 1960; Bolonhezi et al., 2007), as condições físicas do solo na camada superficial do solo são muito importantes. Consistente com outros estudos (Siri-Prieto et al., 2009; Hawkins et al., 2016), os resultados atuais sobre os atributos físicos do solo, revelaram a importância de manter o máximo de resíduo para reduzir a perda de água no solo. Mesmo assim, o preparo reduzido apresentou a menor capacidade de água disponível, as médias do conteúdo gravimétrico de água no solo para ambas as avaliações foram superiores ao preparo convencional. Godsey et al. (2011) em estudo com diversos preparos conservacionistas para amendoim, explicam que quando o déficit hídrico do solo é 33% menor do que a capacidade hídrica disponível, a transpiração e a condutância estomática podem ser reduzidas, resultando em menos fotossintatos para o crescimento e produtividade da planta. No presente estudo, para

todos os tratamentos o conteúdo gravimétrico de água no solo foi inferior a capacidade de água disponível, mostrando que durante o desenvolvimento do amendoim as plantas sofreram o efeito do déficit hídrico. Caso contrário, a planta de amendoim tem um crescimento diferencial da raiz sob estresse hídrico, que pode ser um mecanismo adaptativo (Godsey et al., 2011).

Embora a pesquisa tenha mostrado resultados negativos em termos de atributos físicos do solo para semeadura direta, nenhuma diferença significativa foi observada para população de plantas e número de vagens por planta (Tabela 4). Esses resultados são um indicador da melhoria das novas semeadoras, que proporcionam boas condições para as sementes, mesmo com a presença de resíduos na superfície do solo, ao contrário de estudos anteriores realizados em outros países (Grichar e Boswell, 1987; Colvin e Brecke, 1988; Hartzog e Adams, 1989; Rahmianna et al., 2000; Jordan et al., 2001; Siri-Prieto et al., 2009) e no Brasil (Bolonhezi, 2007; Bolonhezi et al., 2019). Por outro lado, observou-se menor biomassa seca vegetativa para semeadura direta, preparo reduzido e localizado a 103 DAS, indicando um crescimento lento no início do desenvolvimento, que pode ser ocasionado pela imobilização de nitrogênio, baixo teor de água para processo de germinação ou efeito negativo da compactação do solo no crescimento radicular, conforme apresentado por (Na et al., 2018).

Tabela 4. Características agrônômicas para o amendoim em diferentes preparos de solo. Planalto, São Paulo, Brasil, 2019.

Tratamentos ⁽¹⁾	Biomassa seca da parte vegetativa				Vagens				População
	(Mg ha ⁻¹)				(n.º planta ⁻¹)				de
	Dias após a semeadura								plantas
	13	60	103	131	87	104	117	131	1000 pl ha ⁻¹
PC	0,13a	5,06a	8,38a	6,72	19	20	26	43	115
PL	0,11ab	3,58b	6,65b	6,40	13	16	26	39	118
PR	0,09b	3,53b	6,58b	6,88	24	26	42	50	112
SD	0,11ab	3,53b	6,64b	8,28	22	23	39	50	109
Test F	3,85*	5,94*	5,01*	1,24 ^{ns}	3,21 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,23 ^{ns}
CV (%)	13,55	17,71	12,39	23,58	18,06	14,80	22,45	23,09	6,54

⁽¹⁾Médias na mesma coluna comparam os preparos de solo em cada data avaliada; ns: Não significativo a 5% de probabilidade; *: significativo pelo teste de Tukey (p <0.05).

Na verdade, uma simples comparação da produtividade com outros estudos não é correta, pois tem que ser considerado muitos aspectos, como: tipo de solo, cultivar, histórico de lavouras e características dos implementos utilizados. Para amendoim em rotação com cana-de-açúcar existem poucos resultados e a maioria apresentou diferença menor ou nenhuma diferença significativa em termos de produtividade de vagens para preparo reduzido e semeadura direta (Bolonha et al, 2007; Leonel, 2010). Estudos anteriores com preparo localizado para condições brasileiras, verificaram redução significativa da produção de vagens em solo argiloso, mas sem diminuição em solo arenoso (Bolonha, 2007).

Surpreendentemente, a produção de vagens pode ser explicada pela ocorrência da virose. É importante dizer que esse vírus é transmitido pelo trips (*Frankliniella occidentalis*). Resultados semelhantes foram relatados por Marois e Wright (2003) e a causa está relacionada à presença da palha como efeito físico ou como influência sobre os inimigos naturais que podem reduzir o número de insetos. Este inseto pode ser um vetor do vírus quando, logo após se alimentar plantas infectadas em sua fase jovem. A presença de palha deixada pelos preparos conservacionistas pode contribuir para reduzir a população do trips, por conseguinte, a incidência de vírus (Johnson et al., 2001; Olson et al., 2006). De acordo com Knight et al. (2015, 2017), no manejo conservacionista, a presença do resíduo influencia

sobre a reflexão da luz ultravioleta, o que pode afetar o comportamento do trips, em reposta ocorre uma redução na população, principalmente em formas imaturas. Embora, a população de trips não tenha sido avaliada na nesta pesquisa, provavelmente a quantidade de palha da cana-de-açúcar contida em cada manejo, influenciou na dispersão e na multiplicação dos insetos vetores, e consequentemente na incidência e severidade da virose.

Por fim, é preciso considerar que todos os preparos alternativos (semeadura direta, preparo reduzido e localizado) avaliados nesta pesquisa estão considerando um manejo conservacionista, pois mantém 30% ou mais de cobertura de resíduos na superfície do solo (Balkcom et al., 2018). Mas precisamos considerar que o amendoim e a cana-de-açúcar são um sistema de cultivo, então é importante considerar os benefícios e os desafios de ambas as safras. O principal objetivo é a redução da erosão do solo e a manutenção do estoque de carbono do solo, mas existem muitas vantagens em termos de saúde do solo, redução de insumos e custos, que são extremamente importantes para a sociedade. Enquanto nos EUA quase 25% da área de amendoim é cultivada com qualquer tipo de manejo conservacionista, no Brasil a adoção ainda é incipiente, diante do exposto os resultados são muito importantes para reduzir o ceticismo e aumentar a adoção dos princípios da agricultura conservacionista.

6. CONCLUSÕES

A resistência mecânica do solo à penetração na cultura do amendoim sob palha de cana-de-açúcar aumentou para todos os preparos do solo, entre a semeadura e a colheita, mas o maior valor sempre foi verificado na semeadura direta.

Mesmo com menor porcentagem de vagens no ponto de maturação e mais porcentagem de impurezas, o preparo reduzido e a semeadura direta obtiveram um incremento de produtividade média de, 12 e 18% que o preparo localizado e convencional, respectivamente, além de manter maior quantidade de cobertura vegetal na superfície do solo.

O mínimo distúrbio do solo e a máxima quantidade de resíduo na superfície do solo reduziram significativamente a incidência e a severidade da virose (GRSV) no amendoim cultivar. IAC-OL3 em rotação com cana-de-açúcar.

7. REFERÊNCIAS

Alvares CA, Stape JL., Sentelhas, PC, de Moraes Gonçalves JL. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical & Applied Climatology**, v. 113, n. 3–4, p. 407–427, ago. 2013.

Ambrosano, Edmilson José et al. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, v. 70, n. 4, pág. 810-818, 2011.

Ambrosio LMS, Bolonhezi D, Barini RT, Betiol V, Gonçalves LHO, Leal ERP, Scarpellini JR. Análise de Crescimento de Cultivares de Amendoim em Diferentes Sistemas de Manejo do Solo na Palhada de Cana Crua. In: Workshop Agroenergia, XI, Ribeirão Preto. **Anais...** Instituto Agrônômico, Centro de Cana-de-Açúcar, Ribeirão Preto, 2017. CD Rom.

Anache JAA, Wendland EC, Oliveira PT, Flanagan DC, Nearing MA. Runoff and Soil Erosion Plot-Scale Studies under Natural Rainfall: A Meta-Analysis of the Brazilian Experience. **Catena**, v. 152, p. 29–39, 1 maio 2017.

Aulakh JS, Saini M, Price AJ, Faircloth WH, van Santen E, Wehtje GR, Kelton JA. Herbicide and Rye Cover Crop Residue Integration Affect Weed Control and Yield in Strip-Tillage Peanut. **Peanut Science**, v. 42, n. 1, p. 30–38, 1 jan. 2015.

Asady GH, Smucker JM. Compaction and root modifications of soil aeration. **Soil Science Society of America Journal**, v. 53, n.1, p. 251-254, 1989.

Balkcom KS, Tubbs RS, Balkcom KB. Strip Tillage Implements for Single and Twin Row Peanut. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 3, p. 1136–1146, 2018.

Barbosa JCW, Maldonado Júnior. "Software AgroEstat: Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos." Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil; 2009.

Barbosa LC, de Souza ZM, Franco HCJ, Otto R, Neto JR, Garside AL, Carvalho JL. N.Soil Texture Affects Root Penetration in Oxisols under Sugarcane in Brazil. **Geoderma Regional**, v. 13, p. 15–25, 1 jun. 2018.

Barcelos JE. MEIOSI Cana-Alimentos (método intercalar rotacional ocorrendo simultaneamente). Saccharum, São Paulo; 1984.v. 7, n. 31, p.10-18.

Bauke SI, Landl M, Koch M, Hofmann D, Nagel KA, Siebers, N, Scnepf A, Amelung W. Macropore effects on phosphorus acquisition by wheat roots – a rhizotron study. **Plant and Soil**, v. 82, p. 416-467, 2017).

Bertonha RS. (2011) Variabilidade de perdas no arranquio mecanizado de amendoim: Estudo de caso. 61 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

Betiol V, Ambrosio LMS, Barini RT, Gonçalves LHO, Leal, ERP, Bolonhezi D. Resistência Mecânica do Solo à Penetração na Cultura do Amendoim em Diferentes Sistemas de Manejo do Solo. In: Encontro Sobre a Cultura do Amendoim, XIV, Unesp, FCAVJ. **Anais...** Unesp, FCAVJ, Jaboticabal, 2017, p. 17-18.

Bolonhezi D, Bolonhezi AC. Adubação verde e rotação de culturas para cana-de-açúcar. in: Filho OF, Rossi EJ, Eds. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil. Brasília: Embrapa; 2014.p.127-158.

Bolonhezi D, Leal RP. Manejo conservacionista do solo para amendoim. In: AREA, editor. A cultura do amendoim e seus reflexos econômicos, sociais e técnicos. Jaboticabal: AREA; 2019.p.30-44.

Bolonhezi D. (2007) **Sistemas de Manejo Conservacionista do Solo para Cultivares de Amendoim em Sucessão à Cana Crua e Pastagens**. 158 f. Tese (doutorado em agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

Bolonhezi D, Mutton MÂ, Martins ALM. Sistemas conservacionistas de manejo do solo para amendoim cultivado em sucessão à cana crua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 939–947, jul. 2007.

Bolonhezi D, Rossini DB, Frizzas A, Furlani CEA, Bolonhezi AC. Conservation agriculture principles applied for brazilian peanut crop system. In: World Congress on Conservation Agriculture, VI. **Proceedings...**, Winnipeg, Canadá, p.140-144, 2014. CD Rom.

Bonnin JJ, Mirás-Avalos JM, Lanças KP, González AP, Vieira SR. Spatial Variability of Soil Penetration Resistance Influenced by Season of Sampling. **Bragantia**, v. 69, p. 163–173, 2010.

Butts CL, Valentine HE. Building on our Past to Engineer the Future. **Peanut Science**, v. 46, n. 1A, p. 82–90, 1 jul. 2019.

Camargo MBP, Brunini O, Miranda MAC. de. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 45, n. 2, p. 279–292, 1986.

Camargo OA, Alleoni LR. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Degas pari; 1997.

Campbell DJ, O'sullivan MF. The Cone Penetrometer in Relation to Trafficability, Compaction and Tillage. In: Smith, K. A.; Mullins, C. E. Soil Analysis: physical methods. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 339-429.

Cerri CC, Galdos MV, Maia SMF, Bernoux M, Feigl BJ, Powlson D, Cerri CEP. Effect of Sugarcane Harvesting Systems on Soil Carbon Stocks in Brazil: An Examination of Existing Data. **European Journal of Soil Science**, v. 62, n. 1, p. 23–28, 2011.

Collares GL, Reinert DJ, Reichert JM, Kaiser DR. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, p. 1663-1674, 2006.

Colvin DL, Brecke BJ. Peanut Cultivar Response to Tillage Systems¹. **Peanut Science**, v. 15, n. 1, p. 21–24, 1 jan. 1988.

Conab - **Série Histórica das Safras**; n.d. [cited 2021 May 25]. Available from: <http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=10>.

Culbreath AK, Todd JW, Gorbett DW, Shokes FM, Pappu HR. Field Response of New Peanut Cultivar UF 91108 to Tomato Spotted Wilt Virus. **Plant Disease**, v. 81, n. 12, p. 1410–1415, dez. 1997.

Cunha JPAR, Vieira LB, Magalhães AC. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.10, n.1-4, p.1-7, 2002.

de SÁ MAC, Santos Júnior J. Considerações teóricas sobre o cálculo da resistência mecânica do solo à penetração determinada com penetrômetros dinâmicos. **Embrapa Cerrados-Documents** (Infoteca-E), 2007.

Derpsch R, Franzluebbers AJ, Duiker SW, Reicosky DC, Koeller K, Friedrich T, ... Weiss K. Why Do We Need to Standardize No-Tillage Research? **Soil and Tillage Research**, v. 137, p. 16–22, 1 abr. 2014.

Dias Junior MS. de. Compactação do solo. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. H. V.; Schaefer, C. E. G. R. (ed). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, SBCS, 2000, v.1., p.55-88, 2000.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

Fernandes MMH, Coelho AP, Silva MF da, Bertonha RS, Queiroz RF de, Furlani CEA, Fernandes C. Estimation of soil penetration resistance with standardized moisture using modeling by artificial neural networks. **Catena**. 2020;189:104505. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104505>.

Garside AL, Smith MA, Chapman LS, Hurney AP, Magarey RC (1997). O patamar de produção na indústria açucareira australiana: 1970-1990.

Glinski J, Lipiec J. **Soil physical conditions and plant roots**. Boca Raton : CRC Press., 1990. 247 p.

Godoy OP, Marcos Filho J, Câmara GMS. Tecnologia da produção. In: Câmara GMS Godoy OP, Marcos Filho J, Fonseca H. (ed.) **Amendoim: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 44 p. (Série Extensão Agroindustrial, 3).

Godsey CB, Vitale J, Mulder PG, Armstrong JJQ, Damicone JP, Jackson K, Suehs K. Reduced Tillage Practices for the Southwestern US Peanut Production Region. **Peanut Science**, v. 38, n. 1, p. 41–47, 1 jan. 2011.

Grichar WJ, Boswell TE. Comparison of No-Tillage, Minimum, and Full Tillage Cultural Practices on Peanuts. **Peanut Science**, v. 14, n. 2, p. 101–103, 1 jul. 1987.

Guedes Filho O, Vieira SR, Chiba MK, Nagumo CH, Dechen SCF. Spatial and temporal variability of crop yield and some Rhodic Hapludox properties under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2010;34:1-14. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000100001>.

Gupta SC, Sharma PP, Defranchi SA. Compaction effects on soil structure. **Advances in Agronomy**, v.42, p.311-338, 1989.

Hartzog DL, Adams JF. Reduced Tillage for Peanut Production. **Soil and Tillage Research**, v. 14, n. 1, p. 85–90, 1 jun. 1989.

Hawkins GL, Kelton J, Smith N, Balkcom K. A Note on Comparing Rate of Soil Moisture Loss for Conventional and Conservation Tillage Production methods for Peanut (*Arachis hypogaea*). **Peanut Science**, v. 43, n. 2, p. 168–172, jul. 2016.

Hillel D. Soil compaction and consolidation. In: **Fundamentals of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p. 355-385.

Hillel D. Soil dynamics: stress, strain, and strength. In: **Environmental soil physics**. San Diego: Academic Press, 1998. p. 341-379.

IAC/SAA **apresenta o Censo de Irrigação na Cana para 2019 - Revista Canavieiros**. Disponível em: <<https://www.revistacanavieiros.com.br/iacsaa-apresenta-o-censo-de-irrigacao-na-cana-para-2019>>. Acesso em: 25 maio. 2021.
Inforzato R, Tella R de. Sistema radicular do amendoim. *Bragantia*. 1960;19: CXIX–CXXII. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051960000100091>.

Inforzato R, tella R. de. Sistema radicular do amendoim. **Bragantia**, v. 19, p. CXIX–cxxii, 1960.

Jackson JL, Beasley Jr JP, Tubbs RS, Lee RD, Gray TL. Fall-Bedding for Reduced Digging Losses and Improved Yield in Strip-Till Peanut. **Peanut Science**, v. 38, n. 1, p. 31–40, 1 jan. 2011.

Johnson III WC, Brenneman TB, Baker SH, Johnson AW, Sumner DR, Mullinix Jr BG. Tillage and Pest Management Considerations in a Peanut–Cotton Rotation in the Southeastern Coastal Plain. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 3, p. 570–576, 2001.

Jordan DL, Barnes JS, Bogle CR, Naderman GC, Roberson GT, Johnson PD. Peanut Response to Tillage and Fertilization. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 5, p. 1125–1130, 2001.

Knight IA, Rains GC, Culbreath AK, Toews MD. Conservation Tillage and Thiamethoxam Seed Treatments as Tools to Reduce Thrips Densities and Disease in Cotton and Peanut. **Crop Protection**, v. 76, p. 92–99, 1 out. 2015.

Knight IA, Rains GC, Culbreath AK, Toews MD. Thrips Counts and Disease Incidence in Response to Reflective Particle Films and Conservation Tillage in Cotton and Peanut Cropping Systems. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 162, n. 1, p. 19–29, 2017.

Kuhwald M, Hamer WB, Brunotte J, Duttmann R. Soil Penetration Resistance after One-Time Inversion Tillage: A Spatio-Temporal Analysis at the Field Scale. **Land**. 2020;9:482. <https://doi.org/10.3390/land9120482> .

La Scala N, Bolonhezi D, Pereira GT. Short-Term Soil CO₂ Emission after Conventional and Reduced Tillage of a No-till Sugar Cane Area in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 91, n. 1, p. 244–248, 1 dez. 2006.

Leal ERP, Ucheli AS, Betiol O, Ambrosio LMS, Betiol V, Bolonhezi D. Produtividade e Aflatoxina em Amendoim Cultivado em Sistemas Conservacionistas de Manejo do Solo na Reforma de Cana Crua. In: Encontro Sobre a Cultura do Amendoim, XV, Unesp, FCAVJ. **Anais...** Unesp, FCAVJ, Jaboticabal, 2018, p. 179-184.

Leonel CL, da Cruz Centurion MAP, Centurion JF, Beutler AN, da Silva Freddi O. Relação da compactação do solo com a cultura do amendoim. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 2. 2007.

Leonel CL. (2010) **Influência do preparo do solo em área de reforma de canavial na qualidade física do solo e na cultura do amendoim**. 81 f. Tese (doutorado em agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

Lipiec J, Stepniewski W. Effect of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. **Soil & Tillage Research**, v. 35, p. 37-52, 1995.

Marques JQA, Bertoni J, Barreto GB. Perdas por erosão no estado de S. Paulo. **Bragantia**, v. 20, p. 1143–1182, 1961.

Marois JJ, Wright DL. Effect of tillage system, phorate, and cultivar on tomato spotted wilt of peanut. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 2, pág. 386-389, 2003.

Martíni AF, Valani GP, Silva LFSD, Bolonhezi D, Prima SD, Cooper M. Long-Term Trial of Tillage Systems for Sugarcane: Effect on Topsoil Hydrophysical Attributes. **Sustainability**, v. 13, n. 6, p. 3448, jan. 2021.

Masle J. High soil strength: Mechanical forcer at play on root morphogenesis and in root/shoot signaling. In: Plant Roots: The Hidden Half. Waisel, Yoav; Eshel, Amram; Kafkafi, Uzi, (Eds.). CRC Press, Taylor & Francis Group. 807-820 p., 2002.

Mccarty J, Ramsey S, Sandefur HA. Historical Analysis of the Environmental Footprint of Peanut Production in the United States from 1980 to 2014. **Peanut Science**, v. 43, p. 157–167, 1 jul. 2016.

Moraes MT de, Debiasi H, Franchini JC, Silva VR da. Soil penetration resistance in a rhodic eutrudox affected by machinery traffic and soil water content. **Engenharia Agrícola**. 2013;33:748-57. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000400014>.

Mulvaney MJ, Balkcom KS, Wood CW, Jordan D. Peanut residue carbon and nitrogen mineralization under simulated conventional and conservation tillage. 2017. **Agronomy Journal**, 109 (2), 696-705.

Na CI, Cook AM, Rowland DL, Wright DL, Bennett JM, Smith A., Mulvaney MJ. Rotating peanut into established bahiagrass pastures: identifying sustainable tillage operations. **Journal of Crop Improvement**, v. 32, n. 3, p. 353–372, 2018.

Obour PB, Ugarte CA. meta-analysis of the impact of traffic-induced compaction on soil physical properties and grain yield. **Soil & Tillage Research**, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105019>.

Olson DM, Davis RF, Brown SL, Roberts P, Phatak SC. Cover Crop, Rye Residue and in-Furrow Treatment Effects on Thrips. **Journal of Applied Entomology**, v. 130, n. 5, p. 302–308, 2006.

Ormond ATS, Dos Santos AF, Alcantara AS, Zerbato C, Furlani CE. Tillage Interference in The Quality of Peanut Mechanized Harvest. **Engenharia Agrícola**, v. 38, p. 251–259, 2018.

Otto R, Silva AD, Franco HCJ, Oliveira ED, Trivelin PCO. High Soil Penetration Resistance Reduces Sugarcane Root System Development. **Soil and Tillage Research**, v. 117, p. 201–210. 2011.

Prove B, Doogan V, Truong P. Nature and Magnitude of Soil Erosion in Sugarcane Land on the Wet Tropical Coast of North-Eastern Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 35, n. 5, p. 641, 1995.

Rahmianna AA, Adisarwant, T., Kirchhof G, So HB. Crop Establishment of Legumes in Rainfed Lowland Rice-Based Cropping Systems. **Soil and Tillage Research**, v. 56, n. 1, p. 67–82,. 2000.

Raij B. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001.

Rossini DB. (2014) **RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO APÓS SUCESSIVOS CORTES MECANIZADOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Unesp, Jaboticabal.

Rowland DL, Smith C, Cook A, Mason A, Schreffler A, Bennett J. Visualization of Peanut Nodules and Seasonal Nodulation Pattern in Different Tillage Systems Using a Minirhizotron System. **Peanut Science**, v. 42, n. 1, p. 1–10. 2015.

Santos RC, Freire RMM, Lima LM (2013) O agronegócio do amendoim no Brasil. 2nd ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 585p.

Santos RF, Todeschini A, Rosa HA, Chaves LI, Bassegio D, Veloso G (2012) Evolução e perspectiva da cultura do amendoim para biocombustível no Brasil. **Acta Iguazu** 1: 20-35.

Santos HG. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª edição revista e ampliada ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Schenk RV. **Development of the peanut fruit**. Georgia : Agriculture Experimental Station, 1961. 53 p.(Bulletin, 22).

Segnini A, Carvalho JLN, Bolonhezi D, Milori DMBP, Silva WTLD, Simões ML, ... Martin-Neto L. Carbon Stock and Humification Index of Organic Matter Affected by Sugarcane Straw and Soil Management. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 5, p. 321–326. 2013.

Shierlaw J, Alston AM. Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. **Plant and Soil**, v. 77, p. 15-28, 1984.

Sholar JR, Mozingo W. Peanut cultural practices. in: Patte HE, Stalker HT, Editors. *Advances in peanut science*. USA: American peanut reserch and education society; 1995.p.354-382.

Siri-Prieto G, Reeves DW, Raper R. Tillage systems for a cotton-peanut rotation with winter-annual grazing: Impacts on soil carbon, nitrogen and physical properties. **Soil and Tillage Research**, v. 96, p. 260-268, 2007.

Siri-Prieto G, Reeves DW, Raper RL. Tillage Requirements for Integrating Winter-Annual Grazing in Peanut Production: Plant Water Status and Productivity. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 6, p. 1400–1408, nov. 2009.

Sociedade Nacional de Agricultura (2016) **Meiosi**: sistema antigo volta a ser opção para aumentar produtividade da cana. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/meiosi-sistema-antigo-volta-a-ser-opcao-para-aumentar-produtividade-da-cana/>>. Acesso em: 7 jan. 2020.

Tasso Júnior LC (2003) **Cultura de soja, milho e amendoim sob diferentes sistemas de manejo do solo em área com palha residual de colheita mecanizada de cana crua**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Unesp, Jaboticabal.

Tubbs RS. The Future of Peanut Agronomic Research - The Sky Is Not the Limit. **Peanut Science**, v. 46, n. 1A, p. 99–103, 1 jul. 2019.

Unger PW, Kaspar TC. Soil compaction and root growth: A Review. **Agronomy Journal**, v. 86, p. 759-766, 1994.

USDA – United States Department of Agriculture (2020) **World Agricultural Production**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2020.

Vaz CM, Manieri, JM, de Maria, IC, & Th. van Genuchten, M. Scaling the Dependency of Soil Penetration Resistance on Water Content and Bulk Density of Different Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 5, p. 1488–1495, 2013.

Williams EJ, Drexler JS. A Non-Destructive Method for Determining Peanut Pod Maturity. **Peanut Science**, v. 8, n. 2, p. 134–141, 1 jul. 1981.

Wright FS, Porter DM. Digging Date and Conservation Tillage Influence on Peanut Production1. **Peanut Science**, v. 18, n. 2, p. 72–75, 1 jul. 1991.

Zhao D, Wright D, Marois J. Peanut Yield and Grade Responses to Timing of Bahiagrass Termination and Tillage in a Sod-based Crop Rotation. **Peanut Science**, v. 36, p. 196–203, 1 jul. 2009.