

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINE APARECIDA SELEPRIN DRESCH

**ALTERAÇÕES NA RESISTÊNCIA DO SOLO AO LONGO DO TEMPO EM
SISTEMAS DE PREPARO E DE CULTURAS**

DOIS VIZINHOS

2021

CAROLINE APARECIDA SELEPRIN DRESCH

**ALTERAÇÕES NA RESISTÊNCIA DO SOLO AO LONGO DO TEMPO EM
SISTEMAS DE PREPARO E DE CULTURAS**

Changes in soil resistance over time in tillage and cropping systems

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Paulo Cesar Conceição.

Coorientador(a): Maiara Karini Haskel.

DOIS VIZINHOS

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

CAROLINE APARECIDA SELEPRIN DRESCH

**ALTERAÇÕES NA RESISTÊNCIA DO SOLO AO LONGO DO TEMPO EM
SISTEMAS DE PREPARO E DE CULTURAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 06 de dezembro de 2021

Moacir Tuzzin de Moraes
Titulação Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Francisco Beltrão

Luciano Borges Kraemer
Titulação Especialização
Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Pato Branco

Paulo Cesar Conceição
Titulação Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Dois Vizinhos

DOIS VIZINHOS

2021

Dedico este trabalho à minha família e amigos por
todo apoio prestado durante toda a graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido o dom da vida, por ter me guiado e presenteado com sabedoria e discernimento para chegar até aqui.

Agradeço a minha família, meus pais Lairton e Ivânia pelos ensinamentos, educação, amor, carinho e principalmente pelo apoio em todas as minhas decisões, e a minha irmã Vitória pelo carinho e companheirismo de sempre.

Ao corpo docente da UTFPR-DV, pela constante transmissão de conhecimentos e orientações em torno da agricultura, tendo fundamental importância para a formação acadêmica.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição, pela oportunidade de agregar conhecimento e desenvolver projetos de pesquisa, pela propagação de conhecimento, paciência e dedicação.

A minha coorientadora Me. Maiara Karini Haskel, pela constante disponibilidade para a retirada de dúvidas e transmissão de conhecimentos, além do auxílio no desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Grupo de Manejo e Conservação do Solo e a todos os membros e amigos de grupo, sempre presentes para o desenvolvimento das atividades.

A banca examinadora, por terem aceitado o convite e realizado contribuições para a realização deste trabalho.

Aos amigos que conquistei no início da graduação e que levarei para o resto da vida, por sempre estarem presentes em meus dias, vocês fizeram estes serem melhores.

De maneira geral, a todos que contribuíram em minha caminhada e realização deste projeto.

MUITO OBRIGADA!

*Cada sonho que você deixa para trás, é um pedaço do seu futuro que deixa
de existir.*
Steve Jobs

RESUMO

Os diferentes preparos de solo têm influência direta nas propriedades físicas deste, como a compactação do solo que afeta negativamente a produtividade das culturas. A resistência do solo à penetração (RP) vem sendo amplamente utilizada para medir o grau de compactação do solo, podendo assim definir o limite crítico para seu uso. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a compactação e a reconsolidação do solo sob sistema plantio direto com escarificação e plantas de cobertura. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, o experimento foi baseado em cinco preparos de solo que são: plantio direto (PD); plantio direto escarificado anualmente (PDEa); plantio direto escarificado com intervalo de 3 anos (PDEi); plantio direto sob preparo mínimo anualmente (PDPMa) e plantio direto sob preparo mínimo com intervalo de 3 anos (PDPMi) e quatro espécies diferentes de plantas de cobertura: aveia preta (*Avena strigosa Schreb*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e o consórcio entre as três espécies aveia + ervilhaca + nabo forrageiro. O delineamento experimental utilizado será o de blocos ao acaso, compondo um fatorial simples de 5X4, possuindo três repetições totalizando 60 parcelas de 40 m². As avaliações de RP foram realizadas antes e após os preparos de solo no ano de 2020, após plantas de cobertura e milho, antes e após preparos 2021. A escarificação mecânica apresentou efeito imediato na redução da RP no PDEa e PDPMa, porém no decorrer das avaliações foi possível observar o deslocamento da curva de RP desses preparos em direção a curva do PD, na avaliação que antecede os preparos de solo de 2021 não houve significância estatística em nenhuma profundidade avaliada. As plantas de cobertura apresentaram significância estatística na avaliação que antecede os preparos de solo no ano de 2020 e 2021, com diferença estatística na camada de 0,15-0,20 e 0,20-0,30 m em 2020 onde o consórcio apresentou menor RP na primeira camada e aveia-preta e consórcio menor RP na segunda camada respectivamente, e na avaliação de 2021 na camada de 0,00-0,05, onde o nabo forrageiro apresentou maior valor de RP. Após 13 meses de avaliação não havia mais a persistência dos efeitos dos preparos.

Palavras-chave: Escarificação; Compactação; Preparos de solo; Reconsolidação.

ABSTRACT

The different soil tillage have a direct influence on its physical properties, such as soil compaction, which negatively affects crop productivity. Soil resistance to penetration (RP) has been widely used to measure the degree of soil compaction, thus being able to define the critical limit for its development. This study aimed to evaluate soil compaction and reconsolidation under no-tillage system with chiselling and cover crops. The experiment was conducted in the experimental area of the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos, the experiment was based on five soil preparations that are: no-tillage (PD); annual no-tillage (PDEa); scarified no-tillage with 3-year interval (PDEi); no-tillage under minimum annual tillage (PDPMa) and no-tillage under minimum tillage with a 3-year interval (PDPMi) and four different species of cover plants: black oats (*Avena strigosa* Schreb), common vetch (*Vicia sativa*), forage turnip (*Raphanus sativus* L.) and the consortium between the three species oats + vetch + turnip. The experimental design used will be that of random blocks, composing a simple factorial of 5X4, with three replications totaling 60 plots of 40 m². RP evaluations were carried out before and after tillage in 2020, cover crops, corn, before and after tillage 2021. Mechanical chiseling has an immediate effect on the reduction of RP in PDEa and PDPMa, but during the planning, it was possible to observe the displacement of the RP curve of these tillage to the right, in the evaluation that precedes the 2021 tillage, there was no statistical significance in any depth evaluated. Cover crops independent of statistical significance in the evaluation prior to tillage in 2020 and 2021, where no year in 2020 there was statistical difference in the layer of 0.15-0.20 and 0.20-0.30 m where the intercropping presented the lowest RP in the first layer and black oat and the lowest intercropping RP in the second layer, respectively, and in the 2021 evaluation in the 0.00-0.05 layer, where the forage radish presented the highest RP value. After 13 months of evaluation, the effects of the soil tillage no longer persisted.

Keywords: Chiseling; Compaction; Soil Tillage; Reconsolidation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1 - Vista aérea da área experimental de condução do experimento. . Erro! Indicador não definido.	24
Fotografia 2 – Avaliação de RP durante a condução do experimento	27
Fotografia 3 - Coleta de solo para determinação de umidade gravimétrica.....	28
Figura 1 - Resistência do solo à penetração antecedendo os preparos de solo no ano de 2020. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021	31
Figura 2 - Resistência do solo à penetração após os preparos de solo no ano de 2020. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021	33
Figura 3 - Resistência do solo à penetração após plantas de cobertura. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021	35
Figura 4 - Resistência do solo à penetração após a cultura do milho. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021	37
Figura 5 - Resistência do solo à penetração antecedendo os preparos de solo no ano de 2021. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021	39
Figura 6 - Resistência do solo à penetração após os preparos de solo no ano de 2021. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021	40
Figura 7 - Efeito das plantas de cobertura na resistência do solo à penetração antecedendo os preparos de solo do ano de 2020. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021	42
Figura 8 - Efeito das plantas de cobertura na resistência do solo à penetração antecedendo os preparos de solo do ano de 2021. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Umidade gravimétrica do solo no momento da avaliação de RP. UTFPR, Dois Vizinhos- PR, 2021	30
Tabela 2 – Coeficiente de variação (CV%) nas camadas avaliadas para resistência do solo à penetração. UTFPR, Dois Vizinhos- PR, 2021	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CV %	Coeficiente de variação
Ds	Densidade do solo
MOS	Matéria orgânica do solo
MPa	Mega Pascal
PD	Plantio direto
PDE	Plantio direto escarificado
PDPM	Plantio direto conduzido sob preparo mínimo
RP	Resistência do solo à penetração
SPD	Sistema Plantio Direto
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	Sistemas de manejo de solo.....	16
3.2	Resistência do solo a penetração.....	18
3.3	Plantas de cobertura, milho (<i>Zea mays</i>) e trigo mourisco (<i>Fagopyrum esculentum</i>).....	20
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1	Localização e caracterização da área experimental.....	24
4.2	Tratamentos e delineamento experimental.....	25
4.3	Parâmetros avaliados.....	26
4.4	Análises estatísticas.....	28
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
7.	CONCLUSÃO.....	46
8.	REFERÊNCIAS.....	47
	APÊNDICE A- CROQUI PREPAROS DE SOLO.....	52
	APÊNDICE B- CROQUI PLANTAS DE COBERTURA.....	53

1. INTRODUÇÃO

A agricultura convencional é baseada no preparo intensivo do solo com o auxílio de equipamentos pesados como escarificadores, subsoladores, grades, arados entre outros. Com o constante revolvimento do solo começaram a surgir problemas no sistema produtivo, como a erosão hídrica e a compactação em camadas subsuperficiais.

A compactação do solo pode levar este a degradação, uma vez que altera suas características físicas, aumentando sua densidade, reduzindo a macro e porosidade total além de aumentar a resistência mecânica do solo a penetração. Com a alteração dessas características a infiltração de água é prejudicada, ocorre queda na aeração do solo, podendo gerar danos as raízes e a microbiota do solo.

Na busca de uma solução para os problemas do plantio convencional buscaram-se práticas conservacionistas como o plantio direto, que é baseado em deposição constante de palha sob a superfície do solo, rotação de culturas aliado ao mínimo revolvimento do solo. Com os benefícios trazidos pelo plantio direto (PD), este passou a ser adotado por muitos produtores. Porém com a insuficiência de palhada sob o solo, aliado ao intenso tráfego de máquinas e ao não revolvimento começam a surgir problemas de compactação no PD e por consequência uma redução na produtividade, visto que o sistema radicular sofre limitações ao crescimento quando encontra uma camada de solo compactada.

Na busca pela mitigação da compactação no PD vêm sendo estudados diferentes manejos de solo, buscando uma solução para o problema sem afetar a produtividade de culturas de interesse econômico. Para isso são utilizadas operações de escarificações, podendo esta ser mecânica ou biológica, onde a escarificação mecânica consiste em uma operação com implemento que mobiliza o solo até uma profundidade de 0,4 m.

Já para a escarificação biológica são utilizadas plantas com sistema radicular abundante, que consiga se desenvolver em camadas compactadas e após seu manejo forme bioporos, os quais facilitam a infiltração de água no meio, além de facilitar o crescimento radicular da cultura em sucessão. A utilização de plantas de cobertura melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo.

Conservando a umidade por mais tempo, evitando o impacto direto das gotas de chuva além de um microclima para a cultura de interesse.

Na busca por um manejo de solo em conjunto com plantas de cobertura que beneficiem melhor o sistema de cultivo faz-se necessário o estudo das características físicas do solo, onde a resistência do solo a penetração está sendo muito utilizada, uma vez que esta simula o crescimento radicular das plantas. Justificando a realização do presente trabalho que busca observar o comportamento do solo no decorrer do ano agrícola.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o grau de compactação do solo por meio da resistência do solo à penetração, ao longo do tempo, em sistemas de preparos de solo e plantas de cobertura em sucessão ao milho e trigo mourisco.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a resistência do solo à penetração, e a influência da atuação dos equipamentos de preparo do solo em relação ao plantio direto;

Determinar o efeito do uso de plantas de cobertura na RP do solo;

Avaliar a reconsolidação do solo e período de persistência dos efeitos dos preparos do solo;

Identificar as camadas com maior RP no solo;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sistemas de manejo de solo

A Revolução Verde iniciou no Brasil nas décadas de 1950 e 1960, onde foram lançados pacotes tecnológicos, que eram constituídos da utilização de defensivos agrícolas, fertilizantes e sementes melhoradas geneticamente, visando modernizar a agricultura, objetivando a produção em larga escala em uma tentativa de diminuir a fome mundial. Porém esses pacotes tecnológicos estavam adaptados apenas para a região Sul do país, caracterizada por seu clima temperado assim como o clima norte-americano, não sendo válida para o restante do Brasil, necessitando assim de adaptações para os diferentes climas (ALVES; TEDESCO, 2016).

Juntamente com adoção de tecnologias de cultivo, o manejo do solo era realizado em sistema de plantio convencional, consistindo no preparo do solo com a utilização de implementos pesados, como escarificadores, subsoladores, grades, arados entre outros, onde estes têm por finalidade o revolvimento da camada superficial do solo visando a descompactação, além da incorporação de resíduos vegetais e fertilizantes ao solo. O uso intensivo desses solos possui impacto direto nos atributos físicos deste, como a diminuição do espaço poroso, menor infiltração de água no perfil do solo além da constatação de camadas superficiais e subsuperficiais compactadas (FONTANA et al., 2016).

A constante realização de operações de preparo do solo, acarretaram no surgimento de problemas como a erosão hídrica, sendo que esse sistema desprovido de cobertura vegetal é favorecido, onde as partículas menores do solo são carregadas horizontalmente além do selamento superficial, que consiste em uma fina camada compactada pelo impacto das gotas de chuva, dificultando a emergência de plântulas e infiltração de água no sistema (DE ALMEIDA et al., 2016).

Visando diminuir a degradação do sistema de cultivo, buscou-se técnicas conservacionistas, sendo assim o sistema plantio direto (SPD) passou a ser adotado, o mesmo é baseado em três pressupostos básicos como o mínimo revolvimento do solo, constante deposição de palhada sobre o solo em conjunto com

rotação de culturas. No Brasil este sistema foi inicialmente utilizado no ano de 1972, por Herbert Bartz na cidade de Rolândia no estado do Paraná, o qual avaliou os benefícios do sistema e aos poucos passou a ser difundido no restante do país (FEBRAPDP).

A qualidade física do solo cultivado sob plantio direto tende a ser semelhante a mata nativa, sendo estas melhores que as características sobre o plantio convencional, onde o solo é desestruturado por meio do preparo. Porém no plantio direto surge o problema de compactação nas camadas superficiais e subsuperficiais (pé de arado), geradas pelo tráfego de máquinas pesadas e o não revolvimento do solo (SALES et al., 2016).

Este sistema baseado na baixa deposição de palhada e aliado ao tráfego intenso de máquinas gera a compactação de camadas superficiais, onde a compactação altera negativamente as características físicas e biológicas do solo (DEBIASI et al., 2018). Uma forma eficiente de evitar a compactação do solo é a rotação de culturas com a utilização de plantas de cobertura, as quais devem possuir capacidade de alta produção de fitomassa além de um sistema radicular volumoso e agressivo, onde estas aumentam o teor de matéria orgânica do solo bem como a melhora de sua estrutura, conferindo a este maior robustez (DEBIASI, FRANCHINI, GONÇALVES, 2008).

Em busca da mitigação da compactação do solo vem sendo adotadas práticas de escarificação mecânica e biológica, onde a escarificação mecânica consiste na utilização de implementos com hastes, trabalhando em profundidade no solo para a sua descompactação. Segundo Seki et al. (2015) os efeitos dos preparos de solo persistiram após o ciclo da cultura de verão, mas estes não influenciaram a produtividade e desenvolvimento da cultura do milho.

Haskel (2020) observou efeitos nulos sob a densidade do solo e porosidade, após 12 meses da escarificação, quando comparado com o plantio direto. Sendo que a escarificação anual ou a cada 36 meses obtiveram valores semelhantes de RP, comprovando a baixa durabilidade dos efeitos deste preparo nas características físicas do solo.

Já a escarificação biológica consiste na utilização de plantas com sistema radicular agressivo com capacidade de se desenvolver em solos compactados, com o desenvolvimento destas plantas há a formação de bioporos, os quais facilitam o

crescimento radicular da cultura em sucessão, melhor infiltração de água no solo além de uma melhor estruturação do mesmo, trazendo benefícios a médio e longo prazo para o sistema de cultivo (PAN, 2020).

3.2 Resistência do solo a penetração

A compactação do solo é um problema recorrente em solos utilizados na agricultura e pecuária, influenciando diretamente as propriedades físicas deste, gerando aumento da densidade do solo (Ds), redução de macroporosidade, menor taxa de infiltração de água no solo, além do aumento da resistência mecânica do solo a penetração (RP), sendo esta um fator limitante para o desenvolvimento das plantas, restringindo seu desenvolvimento radicular e por consequência sua produtividade (TOIGO et al., 2015).

O uso do solo influencia diretamente suas propriedades físicas, principalmente quando este é manejado sob condições de alta umidade, sendo prejudicadas pelo tráfego intenso de máquinas agrícolas e pisoteio animal. Segundo Ortigara et al. (2014) a aplicabilidade do solo teve influência nos valores de Ds e RP, onde o pastejo rotativo apresentou os maiores valores das variáveis analisadas, justificada pelo tráfego contínuo de animais nesta área. Já o plantio convencional obteve baixos valores de RP e Ds nas camadas superficiais (0,00-0,20 m), porém abaixo destas apresentou camadas compactadas (pé de arado ou pé de grade), enquanto a mata nativa apresentou as melhores características físicas.

A RP vem sendo muito utilizada para medir o grau de compactação do solo, visto que esta simula o crescimento radicular das plantas, sendo seus valores mais altos quando o solo está sob estresse hídrico, de acordo com Freddi et al. (2009) o valor de RP considerado crítico para o desenvolvimento radicular da cultura do milho foi de 2,15 MPa. Já para Deperon et al. (2016) o valor de RP para a cultura do milho foi de 1,53 MPa, tendo efeito negativo na produtividade da cultura e de 2,18 MPa ocasionando redução na massa seca das raízes.

Os valores de RP estão diretamente ligados ao teor de umidade no solo, onde estes podem ser mascarados pela alta umidade do solo, sendo o inverso verdadeiro. Sendo assim faz-se necessário realizar esta avaliação em condições ideais de umidade, ou seja, próximo a capacidade de campo do solo. A umidade

tende a ser maior em sistemas conduzidos sob plantio direto, isso ocorre devido a deposição de palhada sob o solo, mantendo-o em condições de umidade adequada por um maior período de tempo, ao contrário do sistema de plantio convencional onde o solo é constantemente exposto a radiação solar, diminuindo a umidade do mesmo (VALENTE et al., 2019).

Segundo Freitas et al. (2015) os valores de RP são inversamente proporcionais a umidade gravimétrica do solo, onde nas camadas mais profundas do solo, cultivado com milho, com alto valor de umidade os valores de RP foram baixos. Neste mesmo trabalho foi possível constatar que nas camadas superiores do solo independente da cultura utilizada os valores de RP foram superiores ao limite considerado crítico ao desenvolvimento radicular que é de 2 MPa.

Em estudo realizado por Diógenes et al. (2016) no sudoeste do Piauí sob um latossolo amarelo conduzido sob irrigação, os valores de RP encontrados foram inferiores ao limite crítico de 2 MPa. Fato este que confirma a relação inversamente proporcional de umidade do solo com os valores de RP, onde os menores valores encontrados foram na mata nativa, local que não sofre a ação antrópica, já os maiores valores foram encontrados na cultura do milho, porém este não interferiu no desenvolvimento radicular da cultura.

A compactação do solo em PD é gerada principalmente pelo tráfego de máquinas, interferindo nas características físicas do solo, como aumento na densidade, redução da porosidade total além do aumento de RP. Com isso há uma restrição para o crescimento das raízes, segundo Valadão et al. (2015) a densidade e RP elevadas geraram um decréscimo no diâmetro das raízes do milho.

Em estudo realizado por Castilho et al. (2019) sob um latossolo vermelho distroférico sob diferentes preparos de solo observou-se maiores valores de RP no plantio direto (4,0 a 6,0 MPa), onde há revolvimento somente no sulco de semeadura. Já para os tratamentos com escarificação do solo os valores de RP na camada superficial são baixos, porém foram encontrados valores semelhantes ao do PD a partir de 0,20 m comprovando assim a existência de compactação em subsuperfície.

Os preparos de solo têm como principal objetivo a descompactação do solo, visando melhorar as características físicas deste para o melhor desenvolvimento das plantas. De acordo com Gonçalves et al. (2017) a operação de subsolagem

realizada em um latossolo vermelho distófico, em área florestal, foi eficiente na redução da RP, tendo destaque na camada superficial do solo.

Girardello et al. (2014) estudaram a eficiência da escarificação em SPD estabelecido na diminuição da compactação e incremento da produtividade da soja, evidenciando que a escarificação não incrementou a produção da oleaginosa. Já os valores de RP tiveram influência no parâmetro de produtividade, visto que para valores de 3 MPa houve um decréscimo de 10% na produção de grãos, em locais onde a RP teve valor de 5 MPa houve uma queda de 38% na produtividade, equivalendo a perdas de 1.436 kg ha⁻¹.

3.3 Plantas de cobertura, milho (*Zea mays*) e trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*)

No Brasil atualmente cerca de 32 milhões de hectares estão sendo cultivados sob plantio direto (PD) (FEBRAPD,2019), onde são utilizadas tecnologias de ponta em sementes, produtos fitossanitários e fertilizantes. Porém em grande parte dessas áreas há um empecilho devido ao problema de compactação do solo na camada de 0,10-0,20 m, restringindo assim o desenvolvimento radicular das culturas.

Pacheco et al. (2015) afirma que a densidade do solo interfere negativamente na produção de MS da parte aérea e radicular de diferentes espécies de crotalárias. O estudo realizado sob um latossolo vermelho indicou que densidades superiores a 1,4 Mg m⁻³ possuem efeito negativo nos parâmetros avaliados, também afirmou que o sistema radicular destas espécies se desenvolve melhor acima e abaixo da camada compactada.

O PD é baseado na deposição e manutenção de palhada sob o solo, para este fim vem sendo utilizado plantas de cobertura. Na região Sul do país ocorre a utilização de plantas de cobertura hibernais, devido a esta não coincidir com a safra de verão, estas plantas possuem a finalidade de proteção do solo, melhoria das características físicas bem como a disponibilização de nutrientes para a cultura em sucessão (ZIECH et al., 2015).

Além das melhorias nas características físicas e químicas do solo a utilização de plantas de cobertura possui a capacidade de supressão de plantas daninhas. Kieling et al. (2009) verificou que a utilização de plantas de cobertura consorciadas e o cultivo solteiro de aveia preta foram eficientes na supressão de plantas daninhas, não sendo necessário a utilização de herbicidas na cultura do tomateiro cultivado em PD.

Silva et al. (2010) destaca que a liberação de nutrientes pelas plantas de cobertura varia conforme sua família e de acordo com seu aporte de produção de matéria seca (MS). No estudo em questão o maior aporte de biomassa da mucuna-preta levou a maior liberação de nutrientes, principalmente nitrogênio (N), com aproximadamente 361 kg ha⁻¹.

Segundo Da Silva et al. (2017) as plantas de cobertura têm influência nas características físicas e químicas do solo. O estudo realizado sob um latossolo vermelho distrófico conduzido sob plantio direto, no Mato Grosso do Sul, confirmou que a utilização do milho como planta de cobertura teve influência positiva no incremento de matéria orgânica (MO) bem como na redução da densidade do solo. Podendo ser justificado pelo denso sistema radicular desta gramínea, que após sua decomposição deixa bioporos no solo.

As gramíneas possuem alta relação C:N, ou seja, sua decomposição é lenta, permanecendo assim por mais tempo sob a superfície do solo. Já as leguminosas e brássicas possuem baixa relação C:N, sendo assim sua palhada é decomposta rapidamente bem como a mineralização de nutrientes (ACOSTA et al., 2014). Buscando equilíbrio na decomposição da palhada, vem sendo utilizado o consórcio de plantas de cobertura, onde há uma relação C:N intermediária além da disponibilização de nutrientes para a cultura em sucessão (ZIECH et al., 2015).

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) pertencente a família das gramíneas, possui ampla utilização, como forrageira para alimentação animal, produção de silagem, grãos e como planta de cobertura hibernal. É uma planta com alta capacidade de produção de MS, tanto em parte aérea quanto radicular, produzindo em torno de 6 Mg ha⁻¹, protegendo o solo contra o impacto das gotas de chuva além de criar um microclima para o cultivo de culturas de interesse econômico (KIELING et al., 2009).

Ziech et al. (2015) afirmam que o cultivo solteiro ou consorciado da aveia-preta é eficiente para a cobertura do solo, visto que há uma permanência duradoura de seus resíduos sob o solo. No cultivo solteiro aos 49-50 dias após a semeadura havia um aporte superior a 2.600 kg ha⁻¹ de MS, demonstrando a eficiência da cobertura gerada por esta cultura.

A ervilhaca comum (*Vicia sativa*) é uma leguminosa, possui sistema radicular pivontante, ou seja, apresenta uma raiz principal e várias raízes secundárias. É indicada como planta e cobertura antecedendo a cultura do milho, visto que esta é altamente eficiente na fixação biológica de nitrogênio, podendo mineralizar até 100 kg ha⁻¹ de N, 30 dias após seu manejo (ACOSTA et al., 2014). Segundo Cassol (2019) a produção média de MS da ervilhaca é de 1,9-2,1 Mg ha⁻¹, além de mostrar que na ausência de N mineral as maiores produtividades da cultura do milho são encontradas sob ervilhaca e tremoço, ambas leguminosas, com produtividade de 8,6 Mg ha⁻¹.

O nabo forrageiro (*Raphanus raphanistrum*) ganha destaque por apresentar ciclo curto, além de seu sistema radicular pivotante e abundante, com poder descompactante, que após manejado forma bioporos, assim como as demais culturas, os quais facilitam a infiltração de água no solo, crescimento radicular da cultura em sucessão (DEBIASI, FRANCHINI, GONÇALVES, 2008). É altamente eficiente na ciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), mineralizando aproximadamente 93% de P e 80 % de N (RICHTER, 2019). Tornando-se assim uma planta altamente viável para o sistema de cultivo, visto que gera economia em adubação para a cultura em sucessão.

O consórcio de plantas de cobertura tem se tornado uma alternativa viável para o equilíbrio na relação C:N do sistema, com isso há uma mineralização de nutrientes para a cultura em sucessão gerada pela decomposição das leguminosas e uma permanência maior de resíduos oriundos das gramíneas (ACOSTA et al., 2014; DA SILVA et al., 2017; ZIECH et al., 2015). Os consórcios comumente usados no sul do Brasil são compostos de aveia preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro (CASSOL, 2019; ZIECH et al., 2015).

O milho é um cereal amplamente produzido devido a sua ampla gama de utilização, como alimentação humana, animal além do emprego na indústria.

Segundo dados da CONAB (2020) na safra 2019/20 o Brasil teve recorde de produção, chegando a 102,5 milhões de toneladas do grão.

O milho é uma gramínea, possuindo sistema radicular fasciculado, o qual encontra dificuldade de desenvolvimento em solos compactados, podendo gerar perdas produtivas nesta cultura. Segundo Deperon et al. (2016) em um Argissolo Amarelo distrófico o grau de compactação influenciou negativamente a produção de MS de parte aérea e radicular além de decréscimo na produtividade do milho, onde o valor de RP de 1,53 MPa gerou perdas de MS da parte aérea e produtividade de grãos e 2,18 MPa para a MS do sistema radicular.

É uma cultura dependente de N, sendo assim faz-se necessária a aplicação de N na forma mineral através da ureia, ou também por meio da utilização de plantas de cobertura com capacidade de fixação biológica ou ciclagem deste nutriente. Ziech et al. (2016) em estudo realizado sob plantas de cobertura e a cultura do milho, comprovou que na ausência de N mineral as leguminosas incrementaram a produtividade da cultura do milho, chegando a uma produtividade de 6,7 Mg ha⁻¹, alcançando produtividade semelhante ao consórcio de plantas.

Giacomini et al. (2004) relata que a utilização de nabo e ervilhaca tanto em cultivos solteiros quanto consorciados geram incremento na produtividade do milho se comparado a aveia preta e pousio. A vantagem da utilização de consórcios é a manutenção de palhada por mais tempo em conjunto com a liberação de nutrientes de forma imediata a cultura em sucessão (ZIECH et al., 2015).

O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) pertencente a família das Poligonáceas, utilizada como planta de cobertura e produção de grãos, opção para utilização na entre safra de culturas comerciais, visto que é uma cultura que necessita de baixo investimento, possui ciclo curto e boa adaptabilidade a diferentes solos (FERREIRA, 2012; GORGEN, 2013; SIMONETTI; FERREIRA; DE MELO, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O presente trabalho foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos (Fotografia 1), a qual se encontra na latitude de 25° 42' 52" S e longitude de 53° 03' 94" O, estando a 520 metros acima do nível do mar. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa (subtropical úmido) não havendo estação seca definida, sendo que o mês mais quente apresenta uma temperatura média de 22°C (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual em torno de 2010 mm (VIEIRA et al., 2018). O solo local é classificado como Latossolo Vermelho, com textura muito argilosa (773 g kg⁻¹ de argila, 224 g kg⁻¹ de silte e 3 g kg⁻¹ de areia) (CABREIRA, 2015).

O experimento foi instalado no ano de 2015, onde no mês de maio foram realizados os primeiros preparos de solo em grande parte da área destinada a este, excetuando-se o plantio direto (PD). Anteriormente a área era destinada ao cultivo de soja na safra de verão sob plantio direto desde o ano de 2007.

Fotografia 1. Vista aérea da área experimental de condução do experimento.



Fonte: Autora, 2021.

4.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, compondo um fatorial simples 5X4, contendo três repetições, totalizando 60 parcelas com dimensões de 5x8 m, com área de 40m².

O experimento foi baseado em cinco sistemas de preparos do solo e quatro espécies de plantas de cobertura de inverno. Os preparos do solo são:

- A. Plantio direto (PD);
- B. Plantio direto escarificado anualmente (PDEa);
- C. Plantio direto escarificado com intervalo de 3 anos (PDEi);
- D. Plantio direto sob preparo mínimo anualmente (PDPMa);
- E. Plantio direto sob preparo mínimo com intervalo de 3 anos (PDPMi).

O PDE consiste na operação de escarificação com o escarificador Jumbo, da marca Jan, popularmente conhecido como pé-de-pato, possuindo cinco hastes com espaçamento de 0,4 m entre si, e profundidade de trabalho de 0,4 m a partir da superfície do solo gerando em uma maior mobilização do solo, incorporando resíduos vegetais ao solo.

Já o PDPM é baseado na utilização do subsolador da marca Terrus, constituído de quatro hastes espaçadas a 0,7 m uma da outra e sua profundidade de trabalho é de 0,5 m a partir da superfície, este implemento é acompanhado de rolos destorroadores que tem por objetivo nivelar a superfície do solo, nesta operação há um menor revolvimento do solo e por consequência maior manutenção de palhada sob sua superfície.

Os preparos de solo (Apêndice A) ocorrem no mês de maio de cada ano, antecedendo a semeadura das plantas de cobertura. Para as culturas de cobertura são utilizados quatro tratamentos distintos, entre cultivos solteiros e consorciados das espécies, juntamente com sua densidade de semeadura, que são (Apêndice B):

- a) Aveia Preta – (*Avena strigosa Schreb*) 90 kg ha⁻¹;
- b) Ervilhaca Comum – (*Vicia sativa L.*) 40 kg ha⁻¹;
- c) Nabo Forrageiro – (*Raphanus sativus L.*) 15 kg ha⁻¹;
- d) Aveia + Ervilhaca + Nabo (A+E+N) - 60 + 30 + 10 kg ha⁻¹.

As plantas de cobertura foram manejadas em estágio de pleno florescimento, onde foram dessecadas e roladas. Após o manejo de plantas de cobertura, a cultura do milho foi implantada em área total, no dia 23/09/2020, com a utilização da cultivar AG 8780 com densidade de semeadura de 79000 plantas por hectare (ha), e adubação de 585 Kg de NPK (2-18-18) por ha, e de 180 Kg de N, via ureia 46%, em estágio V4 da cultura, em cobertura, aplicada no dia 23/10/2020.

Na entressafra da cultura do milho e plantas de cobertura foi utilizado o trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*), ocupando o intervalo entre a saída do milho e entrada de plantas de cobertura, propiciando cobertura do solo e produção de grãos.

4.3 Parâmetros avaliados

O parâmetro físico do solo avaliado foi a resistência mecânica do solo à penetração (RP), sendo que para a realização dessa foi utilizado um penetrômetro digital com capacidade de armazenamento de dados, cujo nome é PenetroLOG da marca Falker®, possuindo uma ponta cônica de 30° com área de 129 mm². São realizadas medições a cada 0,01m de profundidade, sendo avaliadas até uma profundidade máxima de 0,4 m. Esses valores foram subdivididos em camadas de 0-0,5, 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, e para a obtenção desses valores foi realizada uma média simples das repetições dentro de cada parcela.

Foram utilizados quatro pontos de avaliação por parcela, sendo estes escolhidos de forma a evitar as linhas de plantio e de passagem das hastes de preparo, visando diminuir a variabilidade da área. As avaliações de RP foram realizadas antes e após a realização dos preparos de solo no ano de 2020, após a saída das plantas de cobertura, após a colheita do milho e após a saída do trigo mourisco e após o preparo de solo no ano de 2021. Constituído-se assim de seis avaliações de RP.

Sendo que as avaliações de RP antes e após preparos do ano de 2020 ocorreram no dia 07/05/2020, a terceira avaliação ocorreu no dia 29/09/2020 sendo realizada 142 dias após o preparo do solo, a quarta avaliação ocorreu no dia 08/03/2021 sendo realizada após a saída da cultura do milho, totalizando cerca de 300 dias após o preparo do solo. A quinta avaliação ocorreu após a

saída da cultura do trigo mourisco sendo realizada no dia 09/06/2021 e antecedendo o preparo do solo de ano de 2021, totalizando 397 dias após a última operação de preparo.

Os preparos de solo foram realizados no dia 14/06/2021 e a sexta avaliação de RP ocorreu no dia 01/07/2021, decorrendo 15 dias após a realização dos preparos.

Juntamente com a avaliação de RP (Fotografia 2) são coletadas amostras de solo para determinar a umidade gravimétrica (g g^{-1}) (Fotografia 3) em que se encontra, onde são coletadas quatro amostras de umidade por parcela, nas camadas de 0-10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m de profundidade do solo. Após a coleta estas amostras foram pesadas e levadas a estufa de circulação forçada de ar, a 105°C por 48 horas, para poder quantificar a massa de água no solo.

Para a realização dessa avaliação o solo deve-se encontrar em condições ideais, ou seja, em capacidade de campo, visando evitar que a RP seja mascarada pelo excesso ou ausência de umidade no solo, mostrando a condição real de compactação em que se encontra.

Fotografia 2. Avaliação de RP durante a condução do experimento.



Fonte: Autora, 2021.

Fotografia 3. Coleta de solo para determinação de umidade gravimétrica.



Fonte: Autora, 2021.

4.4 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância bifatorial e as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott, a 5% e 1% de probabilidade de erro, pelo software GENES (CRUZ, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade do solo (Tabela 1) é fundamental para a correlação com os dados de RP, onde os dados de umidade mantiveram-se semelhantes na mesma avaliação, porém apresentaram variações entre avaliações distintas. A relação entre a umidade do solo e a RP é contrária, quanto menor a umidade do solo maior será a RP e vice-versa.

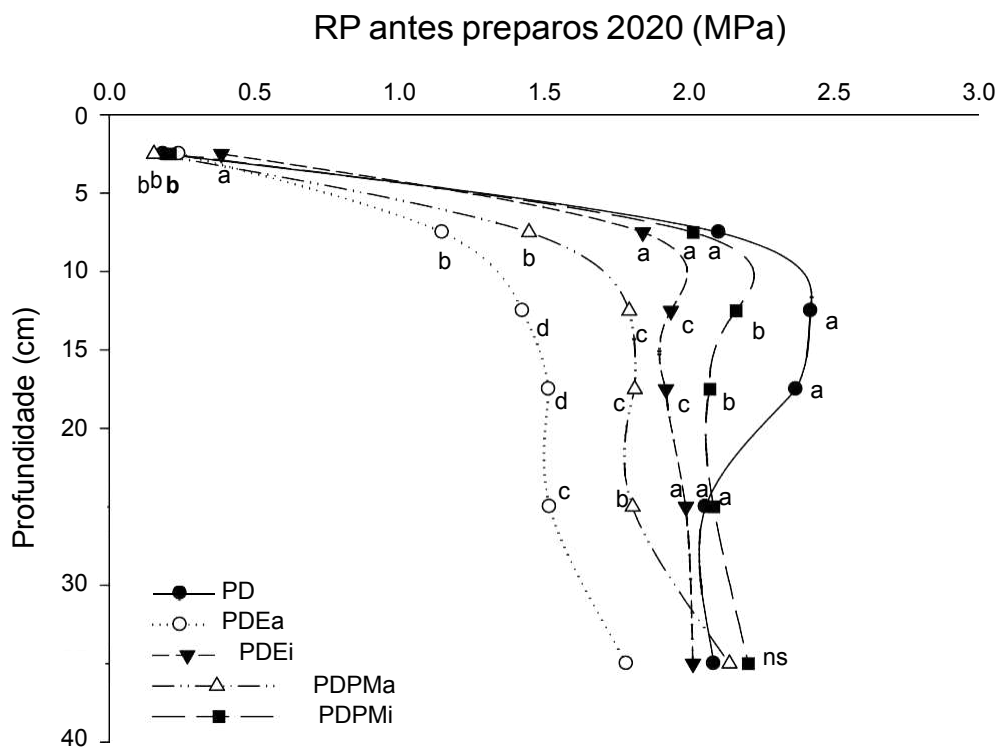
Em todas as avaliações de RP realizadas não houve interação significativa entre os preparos e as plantas de cobertura, porém apresentou diferença isolada de um dos fatores em quase todas as avaliações. A avaliação de RP realizada antecedendo os preparos de solo no ano de 2020 (Figura 1) apresentou diferença estatística entre os preparos de solo nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20 e 0,20-0,30 m. Na camada de 0,30-0,40 m não houve diferença entre os preparos de solo, apresentando valores entre 1,5 e 2,2 MPa, mostrando assim que após 12 meses do preparo de solo a subsuperfície está compactada. Tormena & Roloff (1996) concluíram que a RP é um indicador da compactação do solo, uma vez que esta simula o crescimento radicular.

Na camada de 0,00-0,05 m o PDEi apresentou valores de RP superiores aos demais preparos de solo, com valor de 0,4 MPa enquanto que os demais apresentaram valores entre 0,1 e 0,3 MPa. Na camada de 0,05-0,10 o PD, PDEi e PDPMi apresentaram valores de RP entre 1,8 e 2,1 MPa, sendo que valores acima de 2,0 MPa são considerados críticos ao desenvolvimento das culturas, limitando seu crescimento radicular, podendo assim tornar-se limitante à produção agrícola (TORMENA et al., 1998). Os PDEa e PDPMa apresentaram valores de RP entre 1,1 e 1,4 MPa, sendo que esses valores não são considerados restritivos ao desenvolvimento radicular. A umidade média desta camada foi de 0,25 g.g⁻¹.

O PD apresentou valores de RP superiores aos demais preparos de solo na camada de 0,10-0,15 m com 2,4 MPa e na camada de 0,15-0,20 m com 2,3 MPa, onde esta camada compactada na subsuperfície é denominada de pé de arado, restringindo o crescimento radicular aos primeiros 0,15-0,20 m de solo. O PDPMi apresentou valor de RP de 2,2 MPa e 2,1 MPa, diferindo-se do PD porém também

Fonte: Autora, 2021. Onde: PD=Plantio direto; PDEa= Plantio direto escarificado anualmente; PDEi= Plantio direto escarificado com intervalo; PDPMa= Plantio direto preparo mínimo anualmente; PDPMi= Plantio direto com preparo mínimo com intervalo.

Figura 1- Resistência do solo à penetração antecedendo os preparos de solo no ano de 2020. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021.



Fonte: Autora, 2021.

O PDPMa e PDEi apresentaram valores entre 1,7 e 2,0 MPa nas duas camadas 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m, não apresentando diferença estatística entre si, o PDPMa apresentou um valor de RP inferior ao tratamento que possui intervalo entre escarificações, sendo que seu valor não é considerado limitante ao desenvolvimento das culturas, o PDEi apresenta um superior ao PDPMi, porém estes não são considerados limitantes para sistemas de cultivo com preparo (Figura 1).

O PDEa apresentou o menor valor de RP dentre todos os preparos de solo na camada de 0,10-0,15 e 0,15-0,20 com valores entre 1,4 e 1,5 MPa, sendo distinto estatisticamente dos demais preparos e sem restrições ao desenvolvimento das

culturas, a umidade média deste tratamento nesta camada foi de $0,25 \text{ g g}^{-1}$ (Figura 1, Tabela 1).

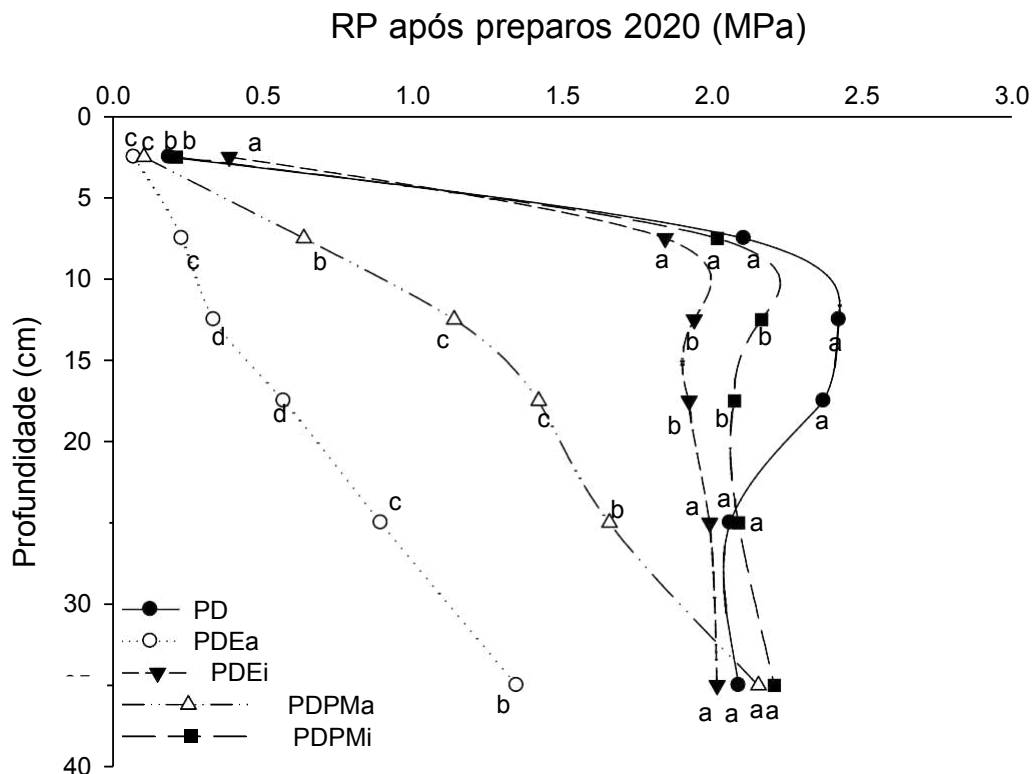
Na camada de 0,20-0,30 m o PD, PDEi e PDPMi não diferiram-se entre si, com valores entre 2,0 e 2,1 MPa, o PDPMa apresentou diferença estatística com valor de 1,8 MPa, valor este não considerado restritivo ao desenvolvimento das culturas. O PDEa apresentou o menor valor de RP nesta camada em torno de 1,5 MPa, diferindo-se dos demais preparos de solo (Figura 1).

Já na camada de 0,30-0,40 m não houve diferença significativa entre os preparos de solo (Figura 1), onde os valores de RP variaram entre 1,5 e 2,2 MPa, comprovando que em profundidade as operações de preparo de solo não perduram por muito tempo.

A avaliação de RP após os preparos (Figura 2), conforme já esperado, apresentou diferença estatística em todas as camadas avaliadas, sendo que houve o preparo de solo no PDEa e no PDPMa, ambos apresentaram resultado imediato na redução da RP, os demais preparos permaneceram sem sofrer influência mecânica no perfil do solo, a umidade desta avaliação variou de $0,23$ a $0,27 \text{ g g}^{-1}$.

Na camada de 0,00-0,05 m, apesar de valores próximos obtidos (variando de 0,1 a 0,4), os preparos do solo se diferiram entre si, onde o PDEi apresentou valor de RP superiores aos demais (0,4 MPa), e a menor RP obtida pelos preparos de solo realizados antecedendo a avaliação (PDEa e PDPMa). A diferença obtida demonstra a sensibilidade da avaliação para demonstrar as alterações do ambiente, sendo que apesar da grande concentração de raízes, deposição de palhada aliada ao teor de MOS na camada superficial, o efeito do preparo tem curto efeito de permanência, inferior a 2 anos, retornando assim a condições de RP superiores ao tratamento sem o revolvimento do solo (PD) (Figura 2).

Figura 2- Resistência do solo à penetração após os preparos de solo no ano de 2020. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021.



Fonte: autora, 2021.

Na camada de 0,05-0,10 m o PD, PDEi e PDPMi sofrem um incremento considerável nos valores de RP, variando entre 1,8 e 2,1 MPa, apresentando assim distinção estatística se comparada ao PDPMa que apresentou RP de 0,6 MPa apresentando diferença dos demais tratamentos e o PDEa que apresentou o menor valor nesta camada 0,3 MPa, distinguindo-se dos demais preparos (Figura 2).

O PD apresentou o maior valor de RP na camada de 0,10-0,15 m, com aproximadamente 2,4 MPa podendo apresentar redução no desenvolvimento das culturas, sendo que este pode ser agravado em anos onde ocorrem baixas precipitações. O PDPMi e PDEi não diferiram-se entre si, mas seus valores (2,0-2,3 MPa) são considerados limitantes segundo Tormena et al. (1998) que considera o valor de 2,0 MPa como limite crítico para o desenvolvimento radicular. Mas de acordo com Moraes et al. (2014) valores de RP limitantes para um Latossolo

Vermelho distroférico sob preparo mínimo é de 3,0 MPa enquanto que para o plantio direto é de 3,5 MPa, sendo valores superiores aos utilizados até então.

Já o PDPMa diferenciou-se dos demais com valor de 1,1 MPa, não restringindo o desenvolvimento das culturas, o PDEa apresentou o menor valor dentre os preparos de solo com 0,4 MPa apresentando diferença significativa dos demais (Figura 2).

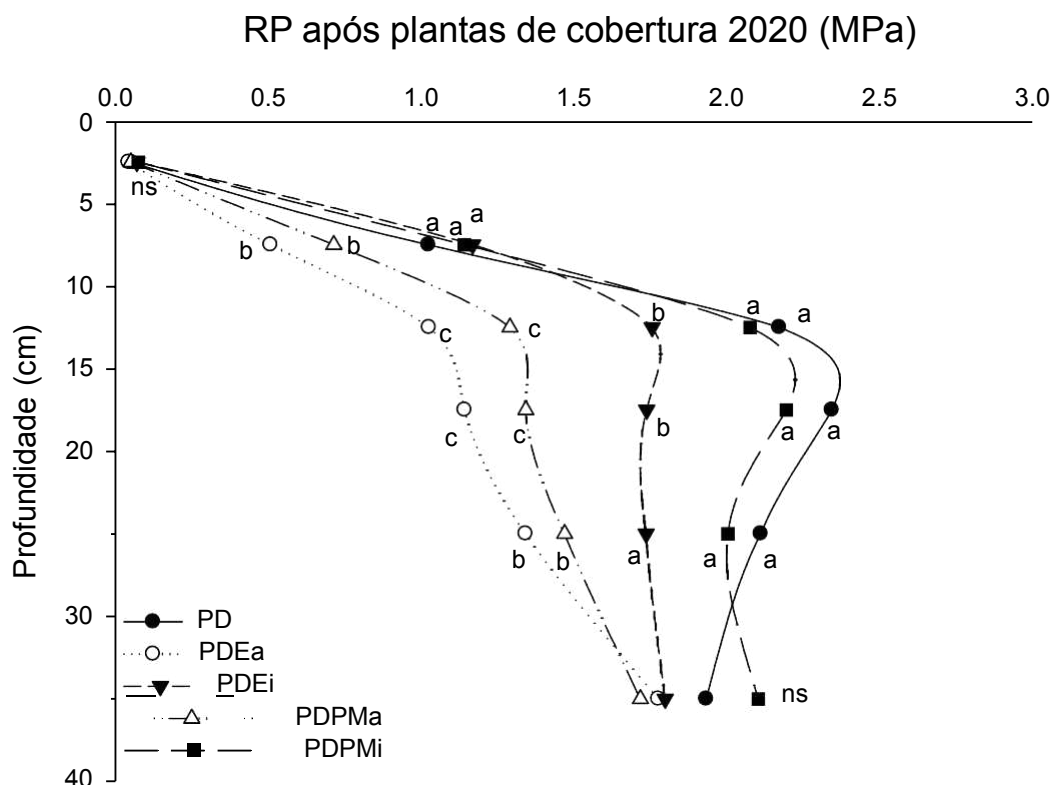
Na camada de 0,15-0,20 m ocorre algo semelhante à camada anterior ao observar os diferentes preparos onde o PD apresenta o maior valor de RP, seguido por PDPMi e PDEi, que assim como na avaliação que antecede os preparos demonstra a camada compactada em subsuperfície. O PDPMa sofreu um acréscimo no valor de RP ficando em torno de 1,4 MPa, seguido pelo PDEa que novamente apresentou o menor valor de RP de 0,5 MPa, demonstrando o grande grau de revolvimento do solo neste preparo (Figura 2).

O PD, PDEi e PDPMi apresentaram RP semelhante na camada de 0,20-0,30 m, variando entre 2,0 e 2,3 MPa. Já o PDPMa diferiu-se destes com menor RP nessa camada (1,5 MPa), porém observado o incremento no valor de RP conforme o aumento da profundidade. O PDEa apresentou o menor valor com 0,7 MPa, sendo que estes dois últimos tratamentos não restringem o desenvolvimento das culturas (Figura 2).

O PD, PDEi, PDPMa e PDPMi não apresentaram significância estatística na camada de 0,30-0,40 m, demonstrando que a operação de preparo mínimo não foi eficiente nesta camada, os valores ficaram na faixa de 1,8 a 2,0 MPa. O PDEa apresentou o menor valor, diferenciando-se dos demais, com valor de 1,2 MPa, sendo que este preparo demonstrou o menor valor de RP em todas as camadas analisadas, mostrando a eficiência da operação de escarificação com efeito imediato (Figura 2).

Na avaliação realizada após o manejo das plantas de cobertura (Figura 3) houve diferença estatística nas camadas de 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20 e 0,20-0,30 m, já nas camadas de 0,00-0,05 e de 0,30-0,40 não houve significância entre os preparos de solo. A umidade gravimétrica variou entre 0,24-0,28 g g⁻¹, sendo que esta umidade é semelhante as de avaliações anteriores.

Figura 3- Resistência do solo à penetração após plantas de cobertura. UTFPR, Dois Vizinhos-Paraná, 2021.



Os diferentes preparos de solo não influenciaram os valores de RP na camada de 0,00-0,05 m, o que pode ser explicado pela recente deposição de palhada sob a superfície do solo, teor de MOS, intenso crescimento radicular nesta camada associado a atividade biológica. Ao contrário do que ocorre na avaliação anterior, onde nesta camada já há diferença estatística entre os tratamentos.

Na camada de 0,05-0,10 m o PD, PDEi e PDPMi não apresentaram diferença estatística variando entre 1,0 a 1,3 MPa, enquanto que o PDEa e PDPMa também não se diferenciaram entre si mas sim dos demais tratamentos. A partir desta camada é mais notável o deslocamento da curva de RP para a direita, havendo um incremento nos valores de RP que na avaliação logo após os preparos ficaram em torno de 0,3-0,6 MPa e nesta encontram-se próximos a 1,0 MPa.

Na camada de 0,10-0,15 m e de 0,15-0,20 há resultados semelhantes em relação aos diferentes preparos, uma vez que o PDPMi e PD apresentam valores

superiores estatisticamente aos demais manejos de solo, variando entre 2,0-2,2 MPa e 2,2-2,4 MPa respectivamente, onde os maiores valores são encontrados no PD. O PDEi apresentou em média 1,7 MPa nas duas camadas em questão, diferenciando-se dos demais, enquanto PDEa e PDPMa obtiveram os menores valores em ambas as camadas variando entre 1,0-1,3 MPa.

Assim como na avaliação anterior o PD, PDPMi e PDEi não diferiram-se estatisticamente na camada de 0,20-0,30 m, com valores entre 1,7 e 2,1 MPa, onde é possível observar um decréscimo no valor de RP do PD, mostrando um padrão nas avaliações, onde este obteve uma queda nos valores a partir de 0,20 m em todas as avaliações. PDEa e PDPMa obtiveram os menores valores assim como nas camadas anteriores com exceção da primeira, variando entre 1,3-1,4 MPa.

Drescher et al. (2016) ao estudarem a durabilidade de propriedades físico-hídricas após escarificação mecânica observaram que com o decorrer do tempo após a operação de preparo do solo os valores de RP sofrem um aumento, sendo que após 18 meses decorridos da escarificação encontraram valores acima de 2,0 MPa, sendo que estes valores podem diminuir o desenvolvimento radicular (TORMENA et al.,1998).

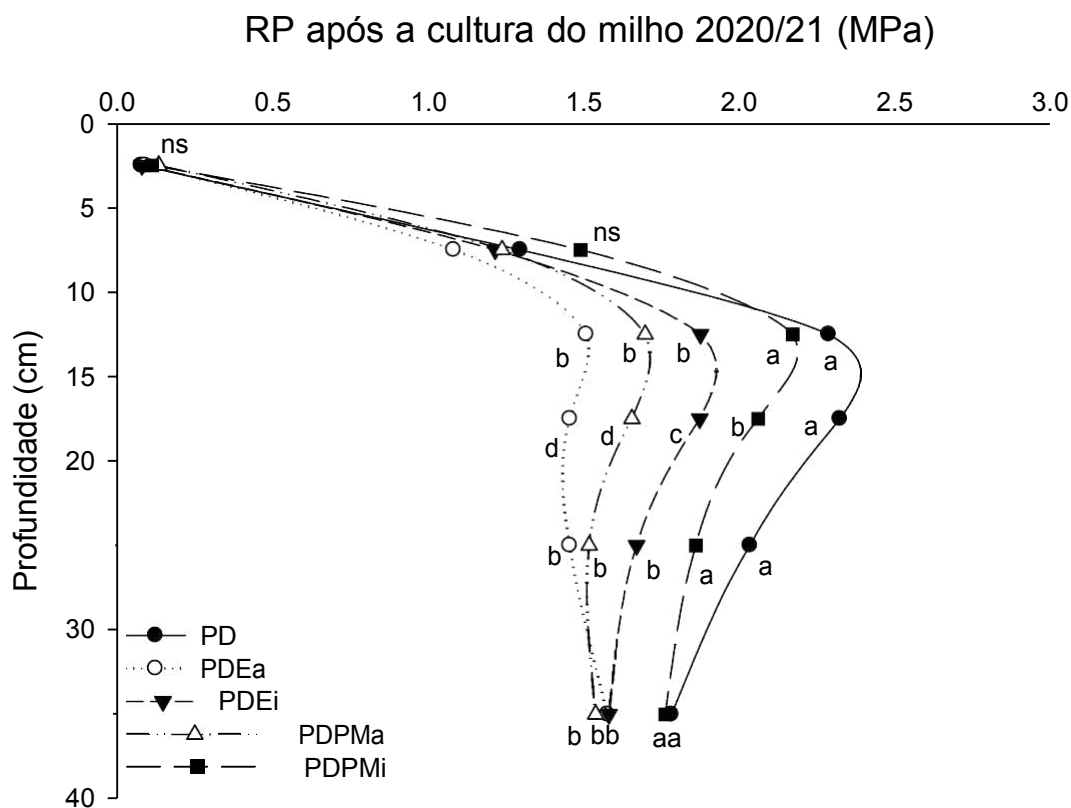
A camada de 0,30-0,40 m não apresentou diferença estatística entre os cinco preparos de solo, sendo que esta avaliação foi realizada 142 dias posterior às operações de escarificação, onde o solo em profundidade já está sofrendo a reconsolidação e o efeito destas operações está sendo perdido.

A avaliação realizada após a saída da cultura do milho (Figura 4) deu-se aproximadamente 300 dias após os preparos de solo, sendo que nesta nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m não apresentaram diferença estatística entre os preparos, havendo diferença nas demais, a umidade média durante esta avaliação variou de 0,24-0,27 g g⁻¹, sendo que esta não é considerada ideal para a realização da avaliação.

Nas camadas mais superficiais, onde não houve significância estatística, na camada de 0,00-0,05 m pode-se observar uma constância no valor de RP, enquanto que na camada de 0,05-0,10 m há um acréscimo nos valores, os quais ficaram na faixa de 1,0-1,5 MPa, enquanto que na avaliação anterior o PDEa e o PDPMa

ficaram com valores entre 0,5-0,7 MPa diferenciando-se dos demais, o que não ocorreu nesta avaliação.

Figura 4- Resistência do solo à penetração após a cultura do milho. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021.



Fonte: Autora, 2021.

O PD e PDPMi não diferenciaram-se na camada de 0,10-0,15 m, com valores entre 2,1-2,3 MPa, mostrando a permanência dessa camada compactada na subsuperfície. Os demais tratamentos de solo diferiram-se destes, mas não entre si, variando entre 1,5-1,8 MPa, valores estes superiores aos da avaliação anterior, podendo ser explicado também pela menor umidade durante a realização da avaliação.

Na camada de 0,15-0,20 m o PD mostrou-se superior estatisticamente aos demais tratamentos postergando assim a compactação em profundidade, o PDPMi foi inferior ao PD nesta profundidade distinguindo-se dos demais preparos também, com valor de 2,0 MPa. O PDEi diferenciou-se dos demais preparos, apresentando

valor de 1,8 MPa, apresentando distinção dos preparos que sofrem escarificações anualmente, o contrário ocorreu na camada anterior onde estes não diferenciaram-se estatisticamente. O PDEa e PDPMa apresentaram os menores valores para RP nesta camada e diferenciando-se dos demais com valores na faixa de 1,5-1,65 MPa, sendo notável o aumento dos valores no decorrer das avaliações.

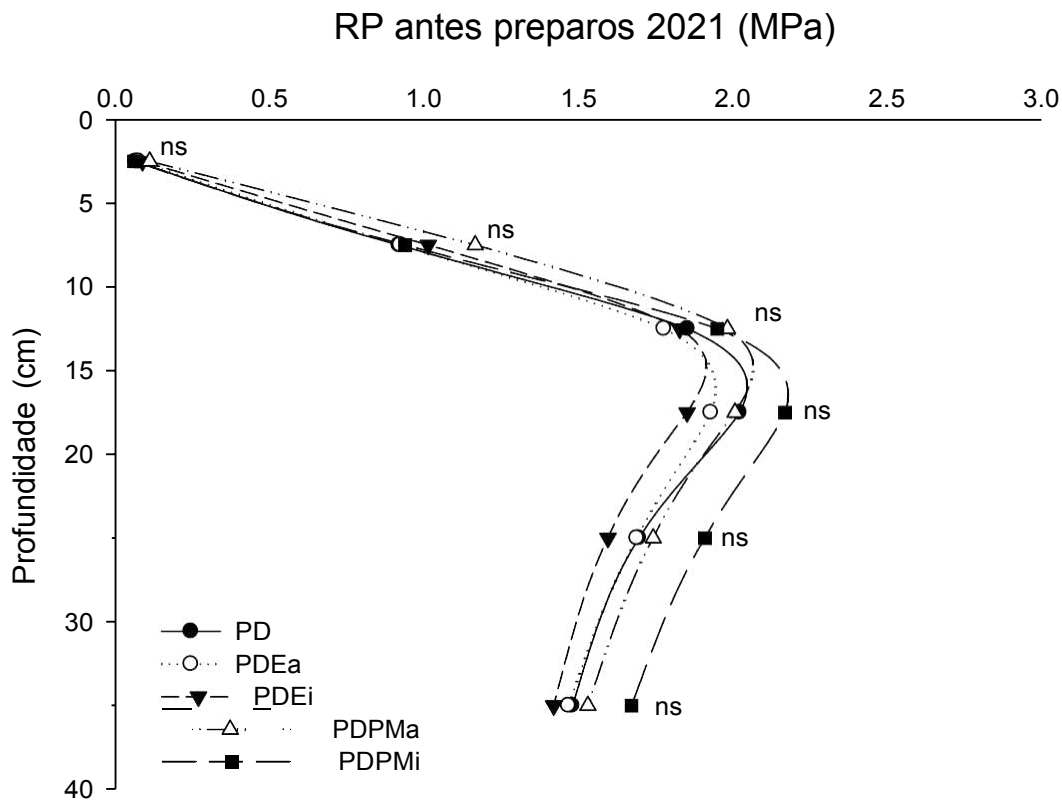
O PD e PDPMi foram superiores estatisticamente nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m ao comparar aos demais preparos variando entre 1,7-2,1 MPa, sendo que estes valores são inferiores às camadas anteriores. O PDEa, PDPMa e PDEi apresentaram os menores valores nesta camada em torno de 1,5 MPa, não apresentando distinção entre si.

A avaliação antecedendo os preparos de solo do ano de 2021 (Figura 5) foi realizada 397 dias após as operações de preparo do ano de 2020 e fechando o ciclo de 3 anos das áreas PDPMi e PDEi, não havendo diferença estatística em nenhuma das camadas avaliadas.

Nesta avaliação é possível observar a reconsolidação do solo em todas as camadas avaliadas e comprovando a baixa eficiência das operações de preparo de solo à longo prazo, uma vez que um ano após a última escarificação o solo está reestruturado novamente, não diferenciando-se do PD o qual não sofreu nenhum tipo de revolvimento, sendo que estas operações elevam o custo de produção sem efeito duradouro.

Diferentemente de Drescher et al. (2016) onde a duração dos efeitos da escarificação tiveram durabilidade de 18 meses, no presente trabalho ao decorrer das avaliações é notável que a durabilidade dos efeitos dos preparos é inferior a este período, visto que nenhum dos preparos se diferiu do PD, o qual não sofre interferência mecânica.

Figura 5- Resistência do solo à penetração antecedendo os preparos de solo do ano de 2021. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021.

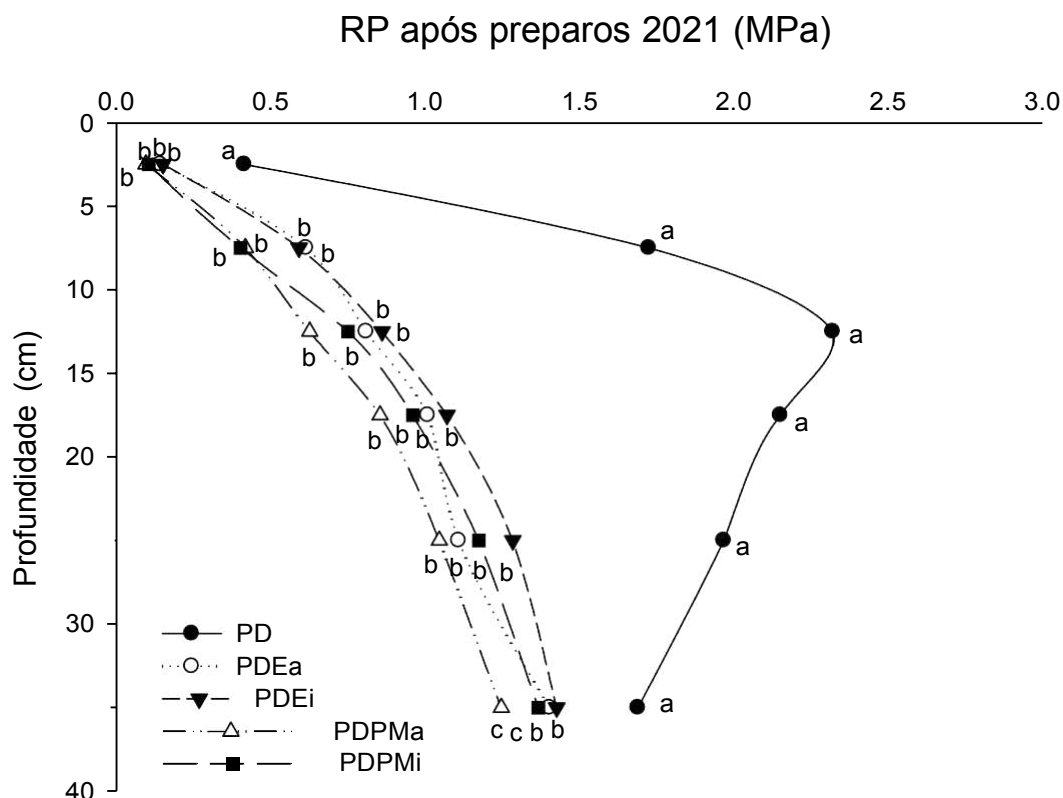


Fonte: Autora, 2021.

A avaliação de RP que sucede as operações de preparo de solo do ano de 2021 (Figura 6) foi realizada 15 dias após o revolvimento mecânico do solo, onde o único tratamento que não sofreu interferência foi o PD. Sendo que este apresentou os maiores valores de RP em todas as camadas analisadas, sendo nítida que a camada mais compactada é a de 0,10-0,20 m.

Apesar de não diferirem-se estatisticamente o PDPMi apresentou os maiores valores para RP a partir da camada de 0,15 m, o que pode ser explicado pela reconsolidação do solo, uma vez que após um período de tempo o solo tende a voltar às suas condições iniciais, aliado ao intervalo de tempo entre as operações podem ter acarretado nestes valores.

Figura 6- Resistência do solo à penetração após os preparos de solo do ano de 2021. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021.



Fonte: Autora, 2021.

Na camada de 0,00-0,05 o único tratamento de solo que se diferenciou dos demais foi o PD com 0,4 MPa, enquanto que os demais ficaram em torno de 0,2 MPa devido ao recente revolvimento dos quatro diferentes preparos de solo. A umidade média desta camada foi de 0,14 g.g⁻¹.

Na camada de 0,05-0,10 m o PDEa, PDEi, PDPMa e PDPMi continuam diferenciando-se somente do PD, comportamento semelhante ocorre até a camada de 0,20-0,30 onde estes não diferenciam-se entre si com valores variando de 0,4-1,0 MPa, valores bem inferiores ao encontrado nas avaliações anteriores, já o PD varia de 1,6-2,3 MPa nessas três camadas.

Na camada de 0,30-0,40 o PD continua apresentando o maior valor de RP (1,7 MPa) diferenciando-se dos demais, porém nesta camada o PDEa e PDEi diferenciam-se dos demais preparos com valores aproximados de 1,3 MPa sendo um valor intermediário entre os demais preparos. Já o PDPMa e PDPMi

apresentaram os menos valores nesta camada 1,1-1,3 MPa sendo inferiores estatisticamente aos demais, mostrando que esta operação foi eficiente até a profundidade de 0,40m.

Nesta avaliação é nítido o deslocamento das curvas de RP dos tratamentos que sofreram escarificação, para valores menores, onde o único tratamento que apresenta valores de RP superiores é o PD, mostrando a constância desses valores no decorrer de 13 meses de avaliações.

Troleis (2020) ao estudar diferentes manejos de solo e a resistência mecânica à penetração em um latossolo vermelho distrófico, constatou que o solo onde há a escarificação anualmente (cultivo mínimo) apresentou menores valores de RP na camada de 0,20-0,30m (1,93 MPa) valor este superior aos encontrados neste trabalho.

Gonçalves et al. (2017) ao analisarem RP em diferentes profundidades de subsolagem encontraram valores semelhantes ao do presente trabalho, onde a avaliação que antecedeu a subsolagem apresentou 2,05 MPa na camada de 0,20-0,40 m e após a subsolagem 1,63 MPa na mesma profundidade.

Valente et al. (2018) ao estudarem dois diferentes sistemas de cultivo sistema de plantio direto (SPD) e sistema de plantio convencional (SPC) constataram que os maiores valores de RP em camadas superficiais são encontrados no SPD, corroborando com o presente trabalho, já em subsuperfície não houve diferença estatística entre os tratamentos, o que ocorreu em algumas das avaliações realizadas neste trabalho.

Houve diferença estatística entre as espécies de cobertura utilizadas em duas avaliações, sendo ambas antecedendo as operações de preparo nos anos de 2020 (Figura 7) e 2021 (Figura 8). Na avaliação realizada antecedendo os preparos no ano de 2020 houve diferença entre as plantas na camada de 0,15-0,20 e 0,20-0,30 m, nas demais camadas não houve diferença entre elas. Na Tabela 2 pode-se observar os altos valores de CV% na camada de 0,00-0,05 m para todas as avaliações realizadas.

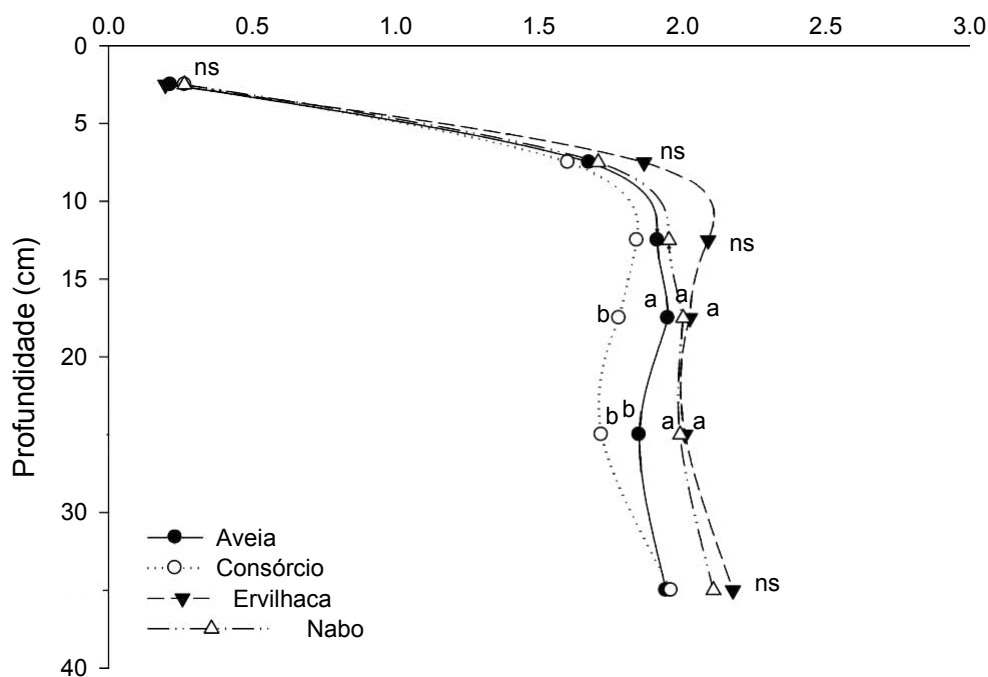
Tabela 2 – Coeficiente de variação (CV%) nas camadas avaliadas para resistência do solo à penetração. UTFPR, Dois Vizinhos- PR, 2021.

Profundidade (m)	Antes prep. 2020	Após prep. 2020	Após PC 2020	Após milho 2020/2021	Antes prep. 2021	Após prep. 2021
	CV %					
0,00-0,05	45,43	52,98	69,18	67,75	62,68	52,27
0,06-0,10	21,61	25,49	25,18	25,84	14,33	17,45
0,11-0,15	14,46	17,62	16,83	14,51	39,33	24,94
0,16-0,20	12,09	14,58	19,10	12,13	14,45	22,46
0,21-0,30	15,62	20,08	22,45	13,47	13,75	19,55
0,31-0,40	18,68	21,74	21,89	14,38	21,68	25,41

Fonte: Autora, 2021.

Figura 7 - Efeito das plantas de cobertura na resistência do solo à penetração antecedendo os preparos de solo do ano de 2020. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021.

RP antes preparos 2020 (MPa)



Fonte: Autora, 2021.

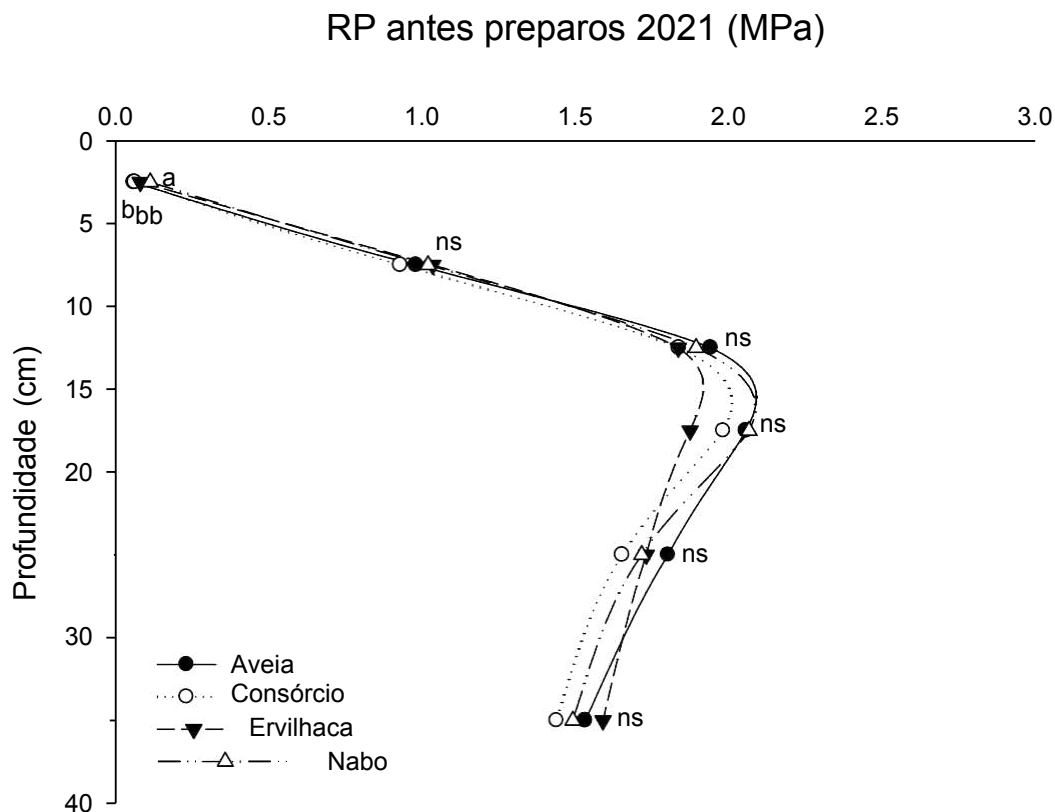
Na camada de 0,15-0,20 m aveia, ervilhaca comum e nabo forrageiro não diferiram-se entre si com valores entre 1,9-2,1 MPa. Já o consórcio apresentou o menor valor de RP nesta camada 1,7 MPa, diferenciando-se dos demais, o que

pode ser justificado por este ser composto das três espécies usadas também em cultivo solteiro, onde cada uma apresenta um crescimento radicular distinto e a junção destes pode ter influenciado positivamente o valor de RP nesta camada.

Na camada de 0,20-0,30 a aveia preta e o consórcio diferenciaram-se das demais plantas, porém não entre si (Figura 7), variando entre 1,6-1,8 MPa, sendo que ambos apresentam a aveia preta, seu sistema radicular é denso e fasciculado, além de ter um ótimo potencial para crescer em profundidade e descompactar o solo após o seu manejo devido a formação de bioporos oriundos de suas raízes, melhorando os atributos físicos do solo, dentre eles a RP.

Na avaliação realizada antecedendo os preparos de solo do ano de 2021 (Figura 8) a única camada que apresentou diferença estatística foi a de 0,00-0,05 m, onde o nabo forrageiro apresentou maior valor de RP se comparado às demais espécies.

Figura 8- Efeito de plantas de cobertura na resistência do solo à penetração antecedendo os preparos de solo do ano de 2021. UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná, 2021.



Fonte: Autora, 2021.

O nabo forrageiro possui sistema radicular pivotante e espesso se comparado às demais culturas utilizadas neste experimento, seu crescimento é intenso na camada superficial e isso pode ter elevado o valor de RP nesta cultura (0,2 MPa), enquanto que as demais culturas apresentaram valores de 0,1 MPa. A variação entre estas é muito pequena, mas nesta camada há uma grande variabilidade em uma pequena faixa de valores se comparado as demais camadas e isso pode ter levado a significância estatística desta cultura aliado ao seu sistema radicular.

Francziskowski et al. (2018) observou um decréscimo de até 50,8% nos valores de RP nas camadas até 0,20 m, o que pode ser explicado pelo sistema radicular dessas plantas, como o trigo, ervilha forrageira, aveia-preta, nabo

forageiro e o consórcio duplo entre as espécies, sendo que são adensados e espessos.

7. CONCLUSÃO

Os preparos de solo apresentaram diferença estatística em todas as avaliações realizadas em alguma camada, com exceção da avaliação que antecedeu os preparos de solo no ano de 2021.

As plantas de cobertura diferiram-se somente nas avaliações que antecederam os preparos de solo no ano de 2020 e 2021, onde na primeira avaliação apresentou distinção na camada de 0,15-0,20 m com o consórcio com menor valor de RP e na camada de 0,20-0,30 m com aveia-preta e consórcio com os menores valores. Já na avaliação de 2021 na camada de 0,00-0,05 m o nabo forrageiro apresentou o maior valor de RP.

No decorrer das avaliações é possível verificar o incremento nos valores de RP para o PDEa e PDPMa, onde na avaliação que antecede os preparos de solo 2021 não há diferença destes para o PD, sendo que este não sofre operações de preparo. Este é o processo de reconsolidação do solo, demonstrando que após 13 meses dos preparos não há mais a persistência de seus efeitos.

Os maiores valores de RP são encontrados nas camadas de 0,15-0,20 m em todas as avaliações.

8. REFERÊNCIAS

ACOSTA, J. A. DE A. et al. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciencia Rural**, v. 44, n. 5, p. 801–809, 2014.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ALVES, C. T.; TEDESCO, J. C. A revolução verde e a modernização agrícola na mesorregião noroeste do Rio Grande do Sul – 1960/1970. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 21, n. 45, p. 257–281, 2016.

CABREIRA, M. A.F. **Levantamento das classes de solos da Área Experimental Da Universidade Tecnológica Federal Do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos**. 2015. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, 2015.

CASTILHO, Kamila Borges et al. relações massa-volume do solo, variabilidade espacial da resistência à penetração e produtividade do milho em sistemas de manejo. **Energia na agricultura**, v. 34, n. 4, p. 479-490, 2019.

CASSOL, Cidimar et al. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada como fonte de nitrogênio à cultura do milho em plantio direto**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento, Acompanhamento safra brasileira de grãos, v. 7 - **Safra 2019/20 - Décimo segundo levantamento**, Brasília, p. 1-33, setembro, 2020.

CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

DA SILVA, M. P. et al. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 60–67, 2017.

DE ALMEIDA, W. S. et al. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1110–1119, 2016.

DE ASSIS VALADA, F. C. et al. Adubação Fosfatada E Compactação Do Solo: Sistema Radicular Da Soja E Do Milho E Atributos Físicos Do Solo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 39, n. 1, p. 243–255, 2015.

DEBIASI, B. C. T. et al. A compactação do solo reduz a atividade microbiana sob sistema plantio direto. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

DEBIASI, Henrique; FRANCHINI, Julio Cezar; GONÇALVES, S. L. Manejo da compactação do solo em sistemas de produção de soja sob semeadura direta. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2008.

DEPERON, M. A. et al. Influência de implementos de preparo e de níveis de compactação sobre atributos físicos do solo e aspectos agrônômicos da cultura do milho. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 2, p. 367–376, 2016.

DIÓGENES, Larissa Castro et al. Resistência à penetração e atributos químicos em um latossolo do Piauí sob monocultivos e consórcio de gramíneas irrigados. **IRRIGA**, v. 1, n. 1, p. 181-181, 2016.

DRESCHER, Marta Sandra et al. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 159-168, 2016.

Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação. Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/download/34024evolucao-do-sistema-plantio-dibeto-1972a2018-jpg.jpg>>. Acesso em: 16 set. 2020.

Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação - Sistema Plantio Direto: os pilares do equilíbrio. Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/noticias/680/sistema-plantio-direto-os-pilares-do-equilibrio>>. Acesso em: 16 set. 2020.

FERREIRA, Daniel Barcelos. **Efeito de diferentes densidades populacionais em características agrônômicas de trigo mourisco (Fagopyrum esculentum Moench)**. 2012.

FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.; BALIEIRO, F. C.; MOURA, T. P. A.; MENEZES, A. R.; SANTANA, C. I.. Características e atributos de Latossolos sob diferentes usos na região Oeste do Estado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1457-1465, 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900044>> .

FRANCZISKOWSKI, Marcio André et al. Efeito da escarificação mecânica e biológica nas propriedades físicas de um latossolo e produtividade da soja em sucessão. 2018.

FREITAS, M. H. et al. Estimativa da compactação através da resistência do solo a penetração em solo sob diferentes culturas e mata nativa. p. 49–62, 2015.

GIACOMINI, S. J. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 751–762, 2004.

GIRARDELLO, Vitor Caduro et al. 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**, v. 38, n. 4, p. 1234-1244, 2014.

GONÇALVES, S. B. et al. Resistência do solo a penetração em diferentes profundidades de subsolagem. **Nativa**, v. 5, n. 3, p. 224–229, 2017.

GORGEN, Angela Valentini. Produtividade e qualidade da forragem de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR) e de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*. Moench) cultivado no cerrado. 2013.

HASKEL, Maiara Karini et al. **Atributos físicos do solo conduzidos sob escarificação mecânica, biológica e plantio direto: influência na produtividade biológica das culturas**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2020.

KIELING, A. DOS S. et al. Plantas de cobertura de inverno em sistema de plantio direto de hortaliças sem herbicidas: efeitos sobre plantas espontâneas e na produção de tomate. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2207–2209, 2009.

MORAES, M. T. de; et al. Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic Eutrudox. **Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]**. 2014, vol.38, n.1, pp.288-298. ISSN 1806-9657. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100029>.

ORTIGARA, Cícero et al. Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 619-626, 2014.

PACHECO, L. P. et al. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária¹. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 464–472, 2015.

PAN, Renan. **Descompactação mecânica e biológica: efeitos nas propriedades**

físicas e no carbono orgânico do solo. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020.

RICHTER, Jaciara. **Adubação verde em pomar de citros: disponibilização de nitrogênio e fósforo, para a cultura de citros com o uso de nabo forrageio e ervilhaca.** 2019. 17-27f. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2019. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3308>>. Acesso em: 20 de Ago. de 2020.

SALES, R. P. et al. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido1. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 47, n. 3, p. 429–438, 2016.

SANTOS, H. P dos. et al. Leguminosas anuais de inverno. In: FONTANELI, Renato S.; SANTOS, Henrique P dos.; FONTANELI, Roberto S. (Ed.). **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 340p, 2009.

SEKI, A. S. et al. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 46, n. 3, p. 460–468, 2015.

SILA, M. P. et al. Straw and coverage levels of nutrients soil for plants coverage seeded in summer for direct seeding bean. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 7, p. 233–243, 2010.

SIMONETTI, Ana Paula Morais Mourão; FERREIRA, Bruno Fernando; DE MELO, Ana Maria Corso. EFEITOS ALELOPÁTICOS DA SEMENTE DE TRIGO MOURISCO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO TRIGO E AVEIA. **Revista Técnico-Científica**, n. 17, 2019.

TOIGO, Sonia et al. Atributos físicos de um Nitossolo Vermelho cultivado com trigo, em sistema plantio direto, submetido à compactação e escarificação. **REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA-REVENG**, v. 23, n. 1, p. 19-28, 2015.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.20, n.2, p.333-39, 1996.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:573-581, 1998.

TROLEIS, Maria Julia Betiolo. Atributos físico-químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de manejo na produção de soja e sorgo em cerrado de baixa altitude. 2020.

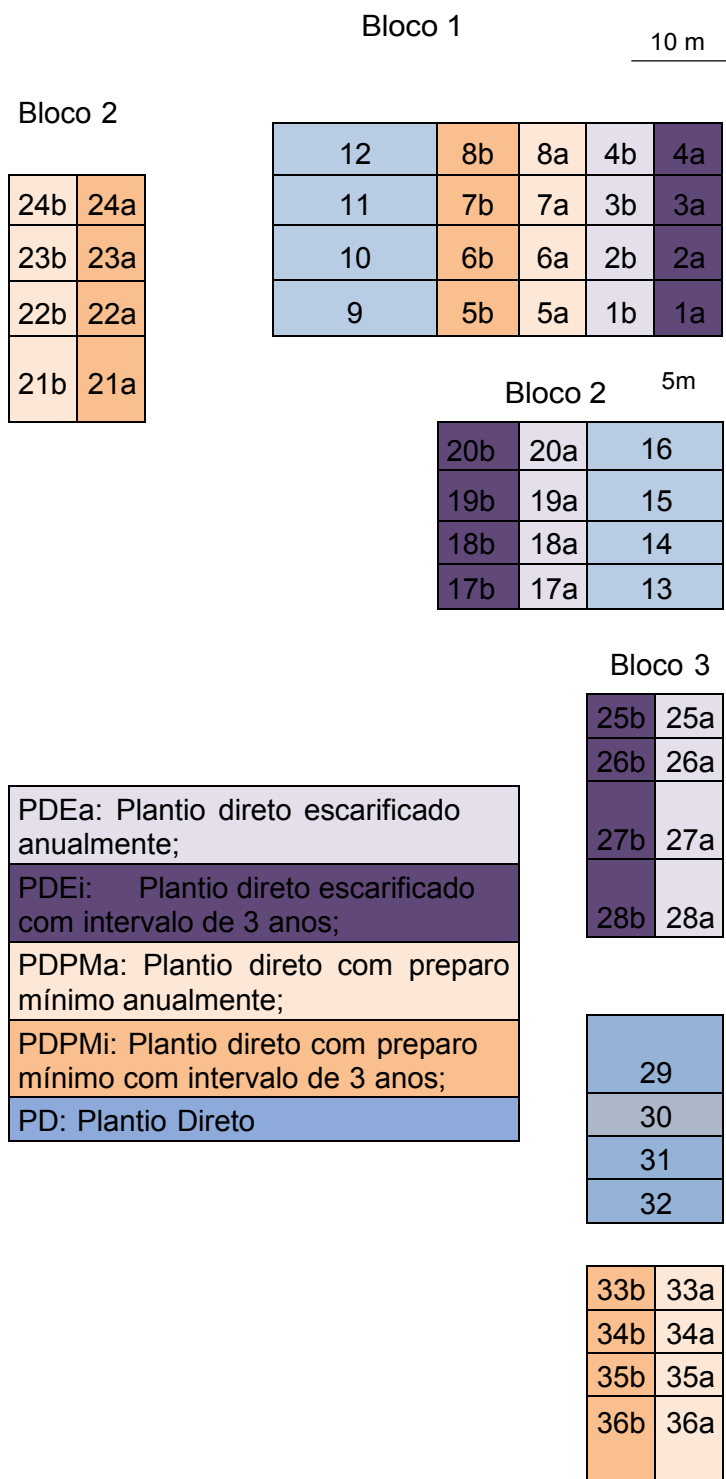
VALENTE, G. F. et al. Resistência mecânica à penetração em sistemas de manejo do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 140, 2019.

VIEIRA, F. M. C. et al. Probability distributions of frequency analysis of rainfall at the southwest region of Paraná State, Brazil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 2, p. 260–266, 2018.

ZIECH, A. R. D. et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 374–382, 2015.

ZIECH, A. R. D. et al. Produtividade e Componentes de Rendimento de Milho em Função de Plantas de Cobertura e Doses de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 195–201, 2016.

APÊNDICE A- Croqui preparos de solo



Fonte: Autora, 2021.

APÊNDICE B- Croqui plantas de cobertura

24b	24a	12	8b	8a	4b	4a
23b	23a	11	7b	7a	3b	3a
22b	22a	10	6b	6a	2b	2a
21b	21a	9	5b	5a	1b	1a

Bloco 2

20b	20a	16
19b	19a	15
18b	18a	14
17b	17a	13

Bloco 3

25b	25a
26b	26a
27b	27a
28b	28a

Consórcio (A+N+E)
Ervilhaca
Aveia
Nabo

29
30
31
32

33b	33a
34b	34a
35b	35a
36b	36a

Fonte: Autora, 2021.