

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE AGRONOMIA

WESLEI SBALCHEIRO

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE RESISTÊNCIA DO SOLO À
PENETRAÇÃO, PRODUTIVIDADE DO MILHO E CUSTOS DE
PRODUÇÃO EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS
2018

WESLEI SBALCHEIRO

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE RESISTÊNCIA DO SOLO À
PENETRAÇÃO, PRODUTIVIDADE DO MILHO E CUSTOS DE
PRODUÇÃO EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Conceição.

DOIS VIZINHOS
2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO,
PRODUTIVIDADE DO MILHO E CUSTOS DE PRODUÇÃO EM SISTEMAS DE
MANEJO DO SOLO**

por

WESLEI SBALCHEIRO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 20 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Paulo César Conceição
Profº Orientador
UTFPR – Dois Vizinhos

André Pellegrini
Membro titular
UTFPR – Dois Vizinhos

Fernando Battisti
UTFPR – Pato Branco

Angélica Signor Mendes
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Lucas da Silva Domingues
Coordenador do Curso
UTFPR – Dois Vizinhos

AGRADECIMENTOS

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

A minha família, meus pais Laurindo e Ivone pelo ensinamento, educação, amor e apoio que sempre me concederam, e ao meu irmão Brayan pelo carinho e companheirismo.

Ao corpo docente da UTFPR-DV, pelo ensinamento e orientações repassadas incansavelmente ao longo do curso e que foram fundamentais nesse meu processo de formação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo César Conceição, pelas oportunidades, ensinamentos, dedicação e paciência em repassar seus conhecimentos.

Ao suporte do Surfer, por ter suportado meus e-mails e permitido que pudesse usar a versão grátis do programa por mais 22 dias, tempo esse hábil para que pudesse terminar os mapas usados no trabalho.

Aos membros do Grupo de Estudos em Ciências do Solo, pela parceria, amizade e auxílio durante o período que trabalhamos juntos na Iniciação Científica.

A banca examinadora por terem aceito o convite e contribuírem com a realização do trabalho.

Aos meus colegas de turma pela amizade criada desde o início da graduação e que será levada para o resto da vida.

E, de maneira geral, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

SBALCHEIRO, Weslei. Variabilidade espacial de resistência do solo à penetração, produtividade do milho e custos de produção em diferentes sistemas de manejo do solo. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

As propriedades físicas do solo são diretamente influenciadas pelos sistemas de preparo do solo, que quando utilizados de maneira inadequada podem causar compactação, alterando negativamente a produtividade das culturas. A resistência à penetração (RP) é um parâmetro importante quando se pretende avaliar a qualidade do sistema de manejo adotado. O objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da resistência solo à penetração, a produtividade do milho e os custos de produção dos sistemas, em diferentes sistemas de preparo do solo e plantas de cobertura. O trabalho foi realizado na UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos. O experimento consiste em cinco sistemas de preparo do solo: plantio direto (PD); plantio direto escarificado anualmente com o jumbo (JUMBO 1); plantio direto escarificado a cada três anos com o implemento jumbo (JUMBO 3); plantio direto subsolado anualmente com o terrus (TERRUS 1) e plantio direto subsolado a cada três anos com o terrus (TERRUS 3); e quatro plantas de cobertura: Aveia Preta (*Avena strigosa* Schreb); Ervilhaca Comum (*Vicia sativa* L.); Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e o consórcio de Aveia + Ervilhaca + Nabo. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com três repetições. As avaliações da RP foram realizadas em março e junho de 2018, em uma distância de 2 m, com intervalo de 10 cm entre as amostragens. Os mapas dos perfis de RP foram gerados pelo programa Surfer 15, através de interpolação dos pontos de amostragem. A escarificação do solo reduz a RP imediatamente após o ato. Após um ano o efeito da escarificação do solo é concentrado apenas no local de passagem das hastes dos implementos, e a cada três anos esse efeito é praticamente inexistente. Os preparos do solo não influenciaram na produtividade do milho e o PD + ervilhaca se saiu como o manejo mais rentável.

Palavras-chaves: Compactação. Escarificação. Plantas de cobertura. Plantio Direto. Subsolação.

ABSTRACT

SBALCHEIRO, Wesley. Spatial variability of soil resistance to penetration, maize productivity and production costs in different soil management systems. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

The physical properties of the soil are directly influenced by soil preparation systems, which when improperly used can cause compaction, negatively affecting crop productivity. The penetration resistance (RP) is an important parameter when evaluating the quality of the management system adopted. The objective of this work was to evaluate the spatial variability of soil penetration resistance, maize productivity and the production costs of the systems in different tillage systems and cover crops. The work was carried out at UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos. The experiment consists of five systems of soil preparation: no-tillage (PD); tillage scarified annually with the jumbo (JUMBO 1); no-till system every three years with the jumbo implement (JUMBO 3); direct tillering annually subsurface with terrus (TERRUS 1) and no-till tilled every three years with terrus (TERRUS 3); and four covering plants: Black Oat (*Avena strigosa* Schreb); Common vetch (*Vicia sativa* L.); Forage Turnip (*Raphanus sativus* L.) and the consortium of Oats + Ervilhaca + Nabo. The experimental design was randomized blocks with three replicates. The PR evaluations were carried out in March and June of 2018, at a distance of 2 m, with a 10 cm interval between the samplings. The maps of the RP profiles were generated by the Surfer program 15, through interpolation of the sampling points. Scarification of the soil reduces PR immediately after the act. After one year the effect of the scarification of the soil is concentrated only at the place of passage of the implements, and every three years this effect is practically non-existent. Soil preparation did not influence maize productivity and PD + vetch was the most profitable management.

Keywords: Compaction. Scarification. Cover crops. No tillage. Subsoiling.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 JUSTIFICATIVA	8
3 OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVO GERAL.....	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
5 MATERIAL E MÉTODOS	14
5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	14
5.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	14
5.3 VARIÁVEIS ANALISADAS	15
5.3.1 Resistência a Penetração.....	15
5.3.2 Produtividade do milho	16
5.4 ANÁLISES ESTÁTISTICAS	17
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6.1 RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO	18
6.1.1 Rp antes da escarificação.....	18
6.1.2 Rp após a escarificação.....	23
6.1.3 Rp média do sistema.....	28
6.1.4 Rp média dos tratamentos	30
6.2 PRODUTIVIDADE DO MILHO.....	31
6.3 CUSTOS PARCIAIS DE PRODUÇÃO	33
7 CONCLUSÃO.....	39
8 REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior país no mundo com área cultivada em PD com aproximadamente de 32 milhões de hectares, ficando atrás apenas dos EUA (FAO, 2018). No cenário agrícola brasileiro, o Estado do Paraná apresenta 90% das culturas de verão (soja, milho e feijão) cultivadas sob plantio direto, ocupando uma área superior a 5 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2014).

O PD se apresenta como uma excelente estratégia de manejo de solo, por permitir a manutenção da palha em superfície que atua contra o impacto das gotas de chuva, reduzir a desagregação do solo, o escoamento superficial, o transporte de sedimentos e a erosão (SÁ et al., 2010). Porém o sistema, quando mal manejado, tem provocado a compactação superficial e subsuperficial do solo, possivelmente associada ao tráfego de máquinas agrícolas e ao não revolvimento do solo (FILHO et al., 2001), e isso possivelmente acarrete em perdas produtivas nas culturas anuais.

A escarificação do solo é um método de preparo do solo baseado no rompimento da camada superficial encrostada e da camada subsuperficial compactada através de escarificadores ou subsoladores mecânicos (KOCHHANN & DENARDIN, 2000). É indicada e empregada em solos que apresentam compactação, e resulta em efeitos imediatos, pois diminui a resistência do solo à penetração e facilita a entrada de água no solo. Porém essa estratégia de recuperação das propriedades físicas do solo é efêmera e o solo mobilizado tende a se re-adensar, retornando em pouco tempo à sua condição original (MAHL et al., 2008).

Sistemas de manejo com subsoladores vêm ganhando espaço na agricultura atual por objetivarem economizar energia, propiciar estabilidade ao solo e reduzir a erosão, em comparação aos sistemas convencionais de preparo (FONTES et al., 2007). Isso se deve à utilização de descompactadores que mobilizam o solo até as camadas mais profundas, com o mínimo revolvimento na parte superficial, evitando danificar a estrutura do solo.

A Resistência a Penetração (RP) é uma medida física que pode ser empregado para avaliar a qualidade do solo em função do manejo usado. Simula o impedimento do crescimento radicular no perfil do solo, sendo que valores de RP acima de 2,0 MPa são considerados prejudiciais para o desenvolvimento das raízes (USDA, 1993; NETO et al., 2015).

A variabilidade espacial do solo é conceituada como a variação de suas propriedades dentro de unidades taxonômicas e/ou do mapeamento das mesmas, podendo ser sistemática, caracterizada por fatores extrínsecos, como o manejo do solo pelo homem; ou aleatória,

definida pelas mudanças nas propriedades intrínsecas do solo (MOGOLLON, 2007). É considerado um princípio básico para o manejo de áreas agrícolas independentes do seu tamanho ou espaço, podendo ocorrer na escala de quilômetros, metros ou centímetros.

A compactação do solo e a tomada de decisão de descompactar o solo com o auxílio de implementos geram muitas dúvidas aos agricultores, pois não se tem o conhecimento do real período de descompactação gerado por esses implementos no perfil do solo. O custo/benefício da descompactação do solo ou manutenção do plantio direto sem revolvimento se torna um aspecto importante e necessário devendo assim, ser determinado através de custos de produção.

Com base no exposto acima, o objetivo do trabalho será avaliar a variabilidade espacial de resistência à penetração, a produtividade do milho e os custos de produção em diferentes sistemas de preparo do solo e plantas de cobertura.

2 JUSTIFICATIVA

A escarificação ou subsolagem mecânica são formas de reduzir a compactação do solo no PD, porém não se sabe por quanto tempo essa prática é eficaz, nem a quantidade de área que é descompactada no perfil do solo.

A produtividade do milho pode ser afetada pela compactação, porém a necessidade de descompactar o solo às vezes é desnecessária, dependendo do grau de compactação do perfil.

Diante disto, o trabalho espera testar a eficácia dos sistemas de preparo do solo e dos implementos quanto à descompactação, avaliando às propriedades físicas do solo, e avaliar os resultados da escarificação na produtividade do milho, além de conhecer através dos custos de produção o manejo mais rentável.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a variabilidade espacial de resistência do solo à penetração, a produtividade do milho e os custos parciais de produção nos diferentes sistemas de preparo do solo e plantas de cobertura.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito dos implementos usados nos preparos do solo, quanto à redução da RP antes e depois da escarificação.

Avaliar o efeito da escarificação realizada anualmente ou a cada três anos.

Avaliar a influência das plantas de cobertura nos atributos físicos do solo.

Avaliar a influência de sistemas de preparo e de cultura na produtividade do milho.

Verificar qual combinação de sistema de preparo do solo e planta de cobertura será mais lucrativo ao agricultor.

4 REVISÃO DE LITERATURA

O preparo convencional do solo era a principal prática de manejo antes do surgimento do PD. Era empregado em regiões de clima temperado, onde existia a necessidade do revolvimento do solo, com o auxílio de grades e arados, para expor o solo aos raios solares na primavera visando o seu degelo e aquecimento, necessárias para a germinação de culturas de verão (DEBIASI et al., 2013). Adicionalmente, era maior a necessidade do controle de plantas daninhas nas culturas, levando em consideração à baixa disponibilidade e seletividade dos herbicidas (SILVA et al., 2009).

O revolvimento do solo proporcionado pelo uso do arado era de efetuar o corte, a elevação, a inversão e a queda do solo. A grade complementava o serviço, diminuindo o tamanho dos torrões na superfície, além de nivelar o terreno (FILHO et al., 2000). Porém, essa prática mal manejada compactava o solo, acarretando a diminuição da infiltração da água da chuva e aumentando a ocorrência de processos erosivos do solo (FILHO et al., 2001).

Em países de clima tropical, como o Brasil, não havia necessidade de arar e gradear o solo, porém devido à maioria dos imigrantes virem da Europa, esse sistema se expandiu e passou a ser utilizado em todo o território (SILVA et al., 2009). Nos anos 1950 e 1960, imigrantes iniciaram a abertura de áreas para produção agrícola nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, e seus manejos se baseavam no uso do arado de discos e grades pesadas, incorporação da biomassa vegetal e controle de ervas, que em geral eram precedidas de queimadas (CASÃO JUNIOR & LLANILLO, 2012).

Mais tarde, em 1955, surgiu o PD na Inglaterra, como uma proposta de controle de erosão hídrica (MELLO & CONCEIÇÃO, 2008). Porém sua expansão e consolidação ocorreram de fato nos Estados Unidos da América (EUA) em 1973, onde juntamente com o Canadá cultivavam aproximadamente 430.000 hectares em SPD (LANDERS, 2005). O sistema apresentava alguns pressupostos básicos, como o mínimo revolvimento do solo, a manutenção permanente da cobertura com palha ou plantas vivas e rotação de culturas (CASÃO JUNIOR & LLANILLO, 2012).

O primeiro estabelecimento de PD no Brasil ocorreu em 1972, no município de Rolândia – PR, pelo produtor Herbertz Bartz (CASÃO JUNIOR & LLANILLO, 2012). Após o ocorrido, o sistema serviu como modelo para outros municípios como Cornélio Procópio, Campo Mourão, e regiões dos Campos Gerais do estado, consolidando a adoção do sistema nessas áreas (MELLO & CONCEIÇÃO, 2008).

A preocupação com processos erosivos na década de 80 e 90 fizeram com que agências governais implementassem programas voltados a conservação do solo, baseando-se em práticas conservacionistas (CASÃO JUNIOR & LLANILLO, 2012), como o fomento ao preparo mínimo do solo e ao uso de culturas de cobertura (MINELLA et al., 2007). Essa preocupação com a conservação do solo é mantida até hoje no estado do Paraná que, em 2016, implementou o PROSOLO – Programa Integrado de Conservação do Solo do Estado do Paraná (SEAB, 2016).

Com a consolidação do PD no Brasil, culturas de cobertura passaram a ser introduzidas, selecionadas e recomendadas, para viabilizar a rotação de culturas no sistema (CASÃO JUNIOR & LLANILLO, 2012). Plantas de cobertura como o nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*), vêm expandindo sua área de cultivo devido a sua rápida taxa de crescimento, ciclo curto e baixo custo (AMADO et al., 2002), capacidade de crescimento em camadas compactadas, formação de bioporos estáveis e melhorias dos atributos físicos do solo (CUBILLA et al., 2002; NICOLOSO et al., 2008).

Outras opções de plantas de cobertura adotadas em SPD são a ervilhaca comum (*Vicia sativa L.*) e a aveia preta (*Avena strigosa Schreb*) (FONTANELI et al., 2012). A ervilhaca possui raízes profundas e ramificadas e é indicada para o SPD, principalmente antecedendo o cultivo do milho, devido a sua capacidade de fixar o N² atmosférico através da simbiose com bactérias específicas (SILVA et al, 2007). A aveia preta é a forrageira anual de inverno usada para pastejo e cobertura do solo no Sul do Brasil (FONTANELI et al., 2012), e cobertura do solo no outono/inverno (BONJORNIO et al., 2010). É indicada pela sua capacidade de promover melhorias na qualidade estrutural do solo pela ação de sua raiz fasciculada (SILVA et al., 2012), abrir bioporos e melhorar a taxa de infiltração de água no solo. O consórcio entre as culturas também é empregado por favorecer distintas características do solo, sendo elas físicas, químicas ou biológicas.

A área manejada de plantio direto ultrapassa 32 milhões de hectares, em um total de 37,1 milhões de hectares manejado em todo o Brasil (FEBRAPDP, 2014). Essas áreas apresentam registros de compactação do solo na camada localizada entre 0,07 e 0,15 m (SUZUKI et al., 2008), devido ao mau manejo principalmente pelo tráfego de máquinas com peso excessivo, que trafegam quando o solo está muito úmido, atingindo cerca de 68 milhões de hectares no mundo com compactação (FLOWERS & LAL, 1998 APUD BEUTLER et al., 2006), necessitando assim, voltar a utilizar escarificadores mecânicos visando reduzir a compactação.

O escarificador tradicional Jumbo da marca Jan, também conhecido como “pé de pato” é um sistema tradicional, usado há várias décadas, a fim de eliminar a camada compactada, pela ação de suas hastes (JAN, 2018). Problemas em seu uso acontecem devido à alta rugosidade deixada em superfície dificultando a semeadura e emergência das plantas, e a não manutenção de palha, o que favorece a erosão.

O subsolador Terrus da marca GTS, é uma tecnologia nova no mercado e surgiu para ser um revolucionário descompactador. Foi desenvolvido com uma proposta de descompactar desde a superfície do solo até as camadas mais profundas, reduzindo ao mínimo o revolvimento na parte superficial, sem danificar a estrutura do solo, e assim proporcionar melhorias no crescimento radicular de plantas e aumentar a sua produtividade (GTS, 2018). Seu diferencial em relação ao sistema tradicional é devido ao distanciamento de suas hastes (70 cm), existência de uma única linha de hastes o que diminui o embuchamento, ponta de hastes com alto carbono, discos com alto poder de corte, eficaz movimento de desarme e rearme das hastes, que a protege contra impactos, e presença de rolo destorroador individual por haste.

As descompactações resultam em efeitos imediatos na redução do solo à penetração e no conteúdo de água no solo (SEKI et al., 2015). Porém essa estratégia de recuperação das propriedades físicas do solo não é duradoura, pouco tempo. Mahl et al. (2008) observaram que o efeito da escarificação ainda permanecia após quatro meses, porém em dezoito meses esse efeito já havia sido perdido, pois o solo se reconsolidou, retornando à sua condição original.

Estudos de variabilidade espacial do solo vêm ganhando espaço, principalmente na última década. Alguns autores relatam sobre a variabilidade espacial de RP observadas em distintos sistemas de preparo do solo como a EMBRAPA (2008), que estudou a variabilidade espacial da RP em perfis de solo sob semeadura direta e preparo convencional, e Lima et al. (2010), que estudou a RP em um Argissolo Vermelho sob diferentes manejos e ainda relacionou com a produtividade de culturas. Franchini et al. (2009) também destacou, através de mapas de RP, a melhoria estrutural do solo, pela influência de plantas de cobertura antecedendo a cultura do milho.

A compactação do solo pode afetar a produtividade das culturas agrícolas, devido ao impedimento do crescimento radicular no perfil do solo. No entanto Mahl et al. (2008) e Seki et al. (2015), estudando o efeito dos preparos no solo na produtividade de grãos de milho

concluíram que a as escarificações e subsolagens do solo não influenciaram na produtividade da cultura.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos, situada em latitude de 25° 42' 52" S e longitude de 53° 03' 94" O – GR, a 520 metros acima do nível do mar. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho e o experimento foi implantado em 2015, a qual anteriormente era cultivada a soja em sistema de plantio direto, e posteriormente passou a ser cultivado milho.

5.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento possui delineamento experimental de blocos casualizados, com um arranjo fatorial de 5 x 4 (preparos x plantas de cobertura) em três repetições, totalizando 60 parcelas com as dimensões de 5 x 8 m. Constituíram-se os tratamentos de preparos do solo, com seus respectivos implementos (figura 1).

- i. PD - Plantio direto;
- ii. JUMBO 1 - Plantio direto escarificado anualmente com o Jumbo.
- iii. JUMBO 3 - Plantio direto escarificado a cada três anos com o Jumbo.
- iv. TERRUS 1 - Plantio direto subsolado anualmente com o Terrus.
- v. TERRUS 3 - Plantio direto subsolado a cada três anos com o Terrus.

E plantas de cobertura (figura 2):

- i. A - Aveia Preta (*Avena strigosa* Schreb);
- ii. E - Ervilhaca Comum (*Vicia sativa* L.);
- iii. N - Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e o
- iv. A+N+E - Consórcio: Aveia + Ervilhaca + Nabo.



Figura 1 – Sistemas de preparo do solo: a) Plantio Direto; b) Preparo escarificado com o Jumbo; c) Preparo subsolado com Terrus. (Fonte: Márcia Kochen, 2017).

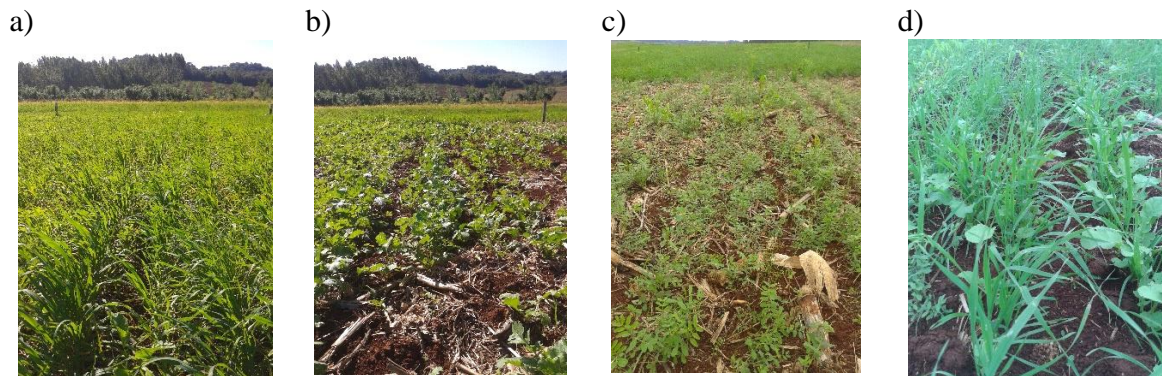


Figura 2: Plantas de cobertura de inverno: a) Aveia Preta; b) Nabo Forrageiro; c) Ervilhaca Comum; d) Consórcio A+E+N. (Fonte: Márcia Kochen, 2017).

Os preparos de solo aconteceram em abril de 2017, antecederam as plantas de cobertura de inverno semeadas em maio e o cultivo do milho safra 2017/2018.

5.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

5.3.1 Resistência a Penetração

As avaliações de resistência à penetração foram realizadas em duas épocas, uma antes dos preparos do solo no mês de março de 2018, e a outra após os preparos do solo, em junho de 2018.

As avaliações de RP foram realizadas de forma transversal as linhas de cultivo do milho, das plantas de cobertura e das hastes dos implementos, em uma distância de 2 m, realizando uma medição a cada 0,10 m (figura 3), totalizando 20 pontos por parcela, e 1200 pontos totais para cada avaliação.

Foi utilizado um penetrômetro digital com armazenamento de dados, denominado PenetroLOG da marca Falker®, com ponta cônica de 30° e área do cone de 129 mm² segundo normas ASAE S313.3. As leituras foram obtidas a cada 0,01 m de profundidade até uma profundidade máxima de 0,40 m. A umidade gravimétrica média, nas duas avaliações, encontrou-se em torno de 0,3 ou 30 % de umidade.



Figura 3. Determinação da RP com o auxílio de uma régua graduada. (Fonte: o autor, 2018.)

A partir dos dados obtidos para a RP foram gerados mapas de variabilidade espacial dos perfis de solo pelo software Surfer 15, através da interpolação dos pontos de amostragem. Através das leituras obtidas em cada parcela, foi gerado um grid com eixos x,y e z, onde x era a distância, y a profundidade e z as leituras de RP obtidas pelo penetrômetro. Gerou-se a partir disto, mapas de isolinhas onde os contornos semelhantes são agrupados.

5.3.2 Produtividade do milho

A colheita do milho ocorreu de forma manual, no mês de fevereiro, onde se coletou 10 metros lineares de espiga por parcela. As amostras foram secas ao ar livre e debulhadas com auxílio de máquinas estacionária. Para a produtividade final pesou-se a quantidade total de grãos por parcela e ajustou-se a uma umidade final de 13%.

5.4 ANÁLISES ESTÁTISTICAS

As análises estatísticas de RP são os próprios mapas de variabilidade espacial, que possuem escala gráfica da RP, em kPa. Os dados de produtividade foram submetidos à análise bifatorial, e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade de erro, utilizando o software GENES.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

Os mapas mostraram os efeitos das escarificações ao longo de um ano, três anos e o PD. As linhas com contorno mais destacada é a linha cuja parte interna representa uma área de 2000 kPa, sendo tratadas como zonas de compactação as zonas com RP superiores a essa medida, e zonas sem compactação aquelas com RP inferiores a 2000 kPa.

Os tratamentos diferenciam entre si de maior forma entre os preparos do solo do que entre as plantas de cobertura e, em razão disto, a discussão ocorrerá mais em função dos preparos do solo, do que em função das plantas de cobertura.

6.1.1 Rp antes da escarificação

Na figura 4, observamos o efeito do preparo com o Terrus anualmente e das plantas de cobertura. Em todas as parcelas, nota-se uma redução da RP para menos de 500 kPa em zonas de possível passagem da haste do implemento: distância 0, 70 e 140 cm (Terrus 1 + aveia); 40, 100 e 170 cm (Terrus 1 + consórcio); 20, 80, 160 cm (Terrus 1 + nabo). Para o Terrus 1 + ervilhaca apresenta pontos mais confusos, porém é possível notar uma diminuição da RP nas camadas 0, 60-80, 120, 170 cm.

Em contrapartida, ao lado destas zonas de descompactação, notamos zonas de compactação acima de 2000 kPa, chegando a pontos com RP acima de 4000 kPa. Desta forma, podemos afirmar que a escarificação realizada com o subsolador Terrus, após um ano, apresenta descompactação apenas no local de passagem da haste.

Em um trabalho realizado por Sasaki (2005), também encontrou um efeito semelhante 12 meses após a subsolagem do solo, pelo fenômeno de re-adensamento parcial das partículas de solo ou "*strenght regain*". Esse fenômeno foi mais evidente aos 24 meses após a subsolagem corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho.

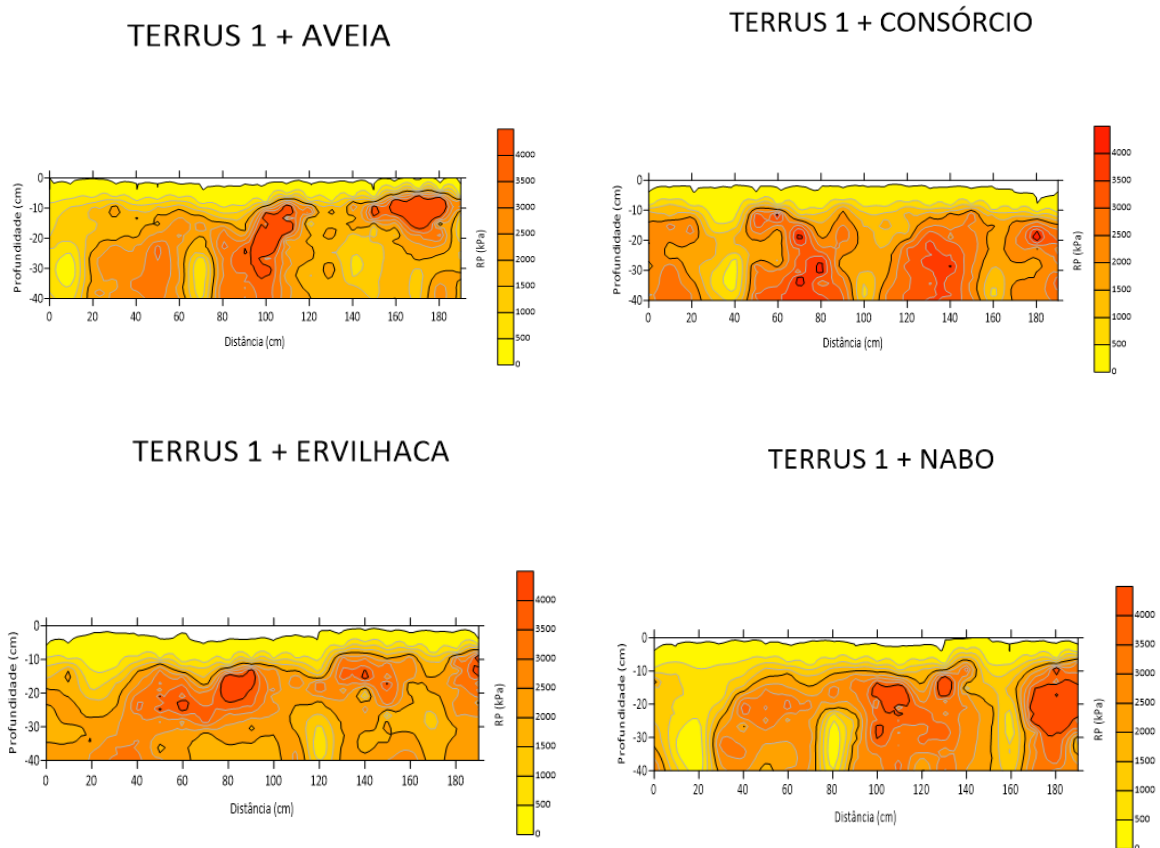


Figura 4. Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos com o implemento Terrus usado anualmente nos tratamentos de plantas de cobertura.

Nas parcelas escarificadas há três anos com o Terrus (figura 5), podemos notar que o efeito do rompimento da haste é perdido quando comparamos com o Terrus anual, e o efeito da escarificação só é visualizado dos 25 aos 40 cm de profundidade.

O efeito da diminuição da RP gerado pelas hastes para menos de 2 kPa é notável ao longo do transecto, na distância 30 e 100 cm (Terrus 3 + aveia); 60, 120, 160 e 180 cm (Terrus 3 + consórcio); 40, 100 e 170 cm (Terrus 3 + ervilhaca); e 100 e 160 (Terrus 3 + nabo). Acima dessas pequenas zonas descompactadas notamos que as áreas apresentam compactação elevada, podendo afirmar que o efeito da descompactação durante três anos é quase todo perdido.

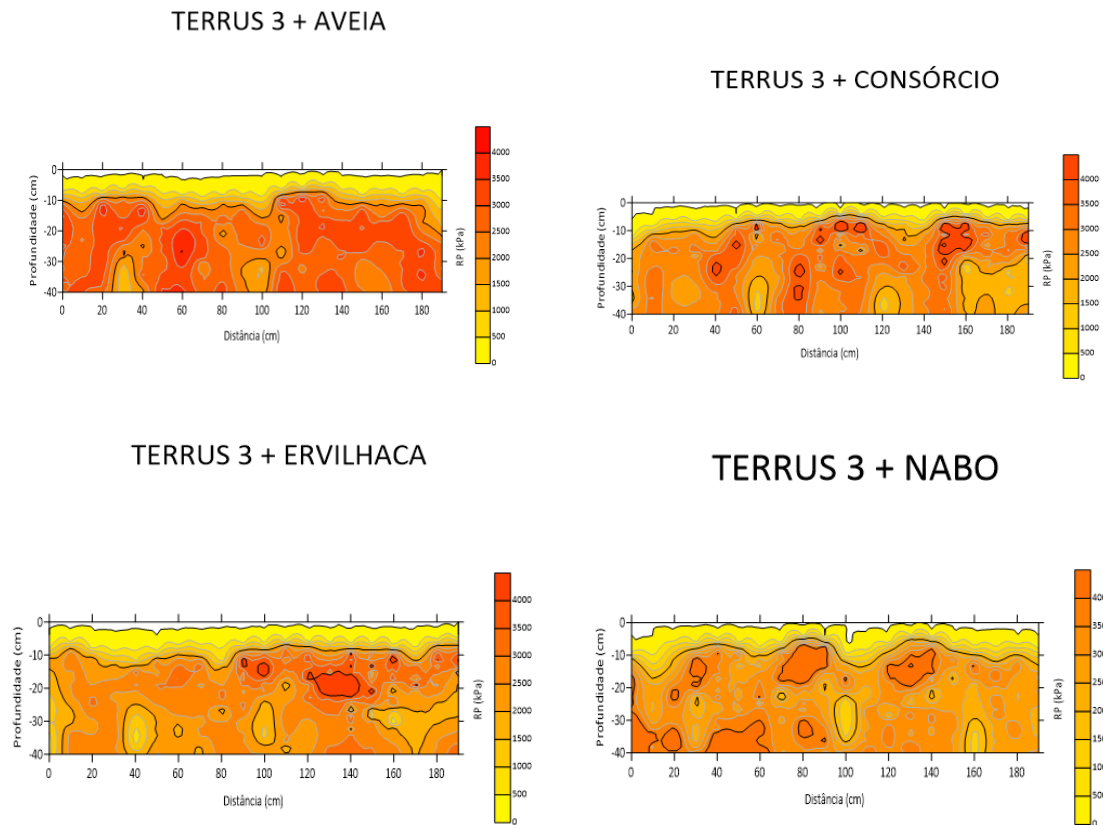


Figura 5. Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos com o implemento Terrus usado a cada três anos nos tratamentos de plantas de cobertura.

As áreas escarificadas pelo jumbo anualmente (figura 6), apresentam diminuição da RP em grande parte do transecto, pelo efeito das suas hastes serem intercaladas a cada 40 cm. É possível notar esse efeito nas zonas de descompactação nas distâncias 30, 60, 100, 140 e 180 cm (Jumbo + Aveia); 0, 30-60, 80, 120, 150, 190 cm (Jumbo + Consórcio); 0-20, 40-100, 130-150 cm (Jumbo + Ervilhaca) e 0, 80, 120, 150 cm (Jumbo + Nabo).

Percebe-se também o surgimento de zonas de compactação ao lado do local onde passou a haste, mesmo efeito do terrus anual e assim podemos afirmar que ao longo de um ano, o efeito da escarificação do solo aparece apenas no local de passagem das hastes.

Zonas de compactação na camada abaixo aos 30 cm é devido ao poder de alcance do implemento ser limitado a essa profundidade.

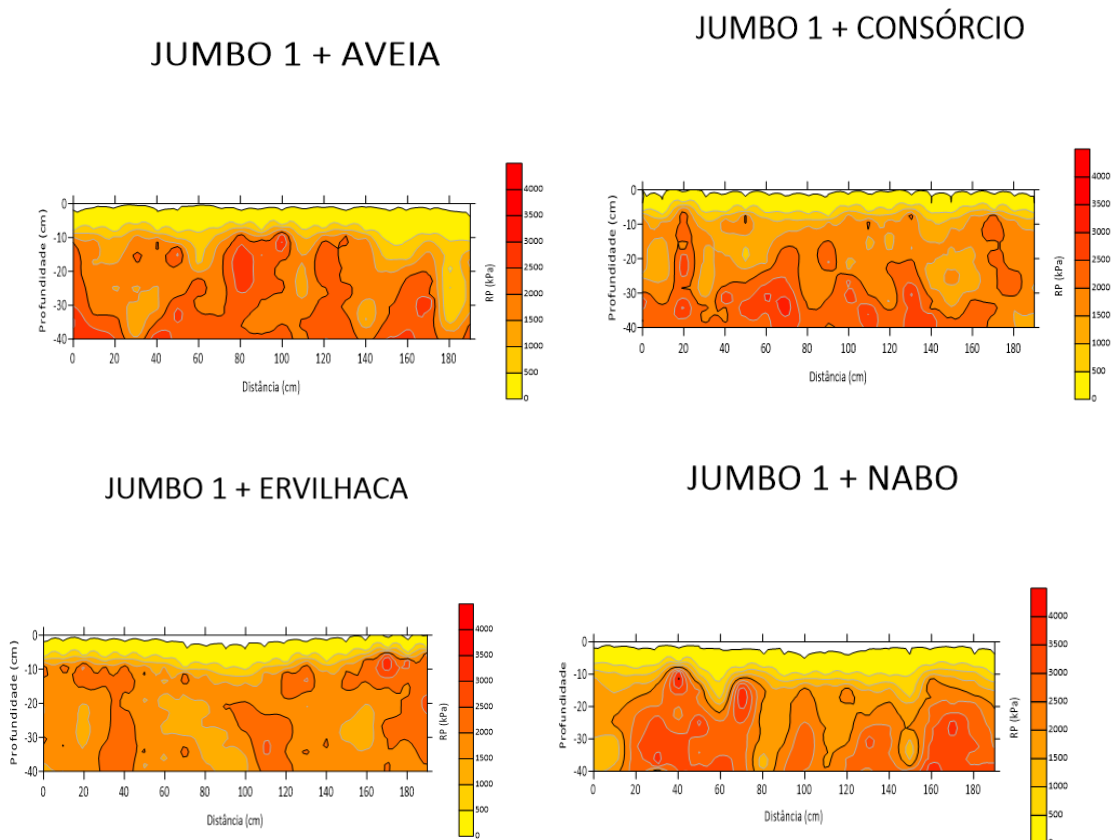


Figura 6. Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos com o implemento Jumbo usado anualmente nos tratamentos de plantas de cobertura.

As parcelas escarificadas com o jumbo a cada três anos (figura 7), apresentam aumento da RP quando comparadas aos tratamentos com jumbo anual, porém as zonas de descompactação ainda são evidentes.

As zonas de compactação aparecem em pontos aleatórios (Jumbo 3 + aveia) e (Jumbo 3 + consórcio), e em pontos mais evidentes e longos no transecto, distância 60-160 cm (Jumbo 3 + ervilhaca) e 0-190 cm (Jumbo + nabo), devido a variabilidade espacial do solo, nessa período de avaliação.

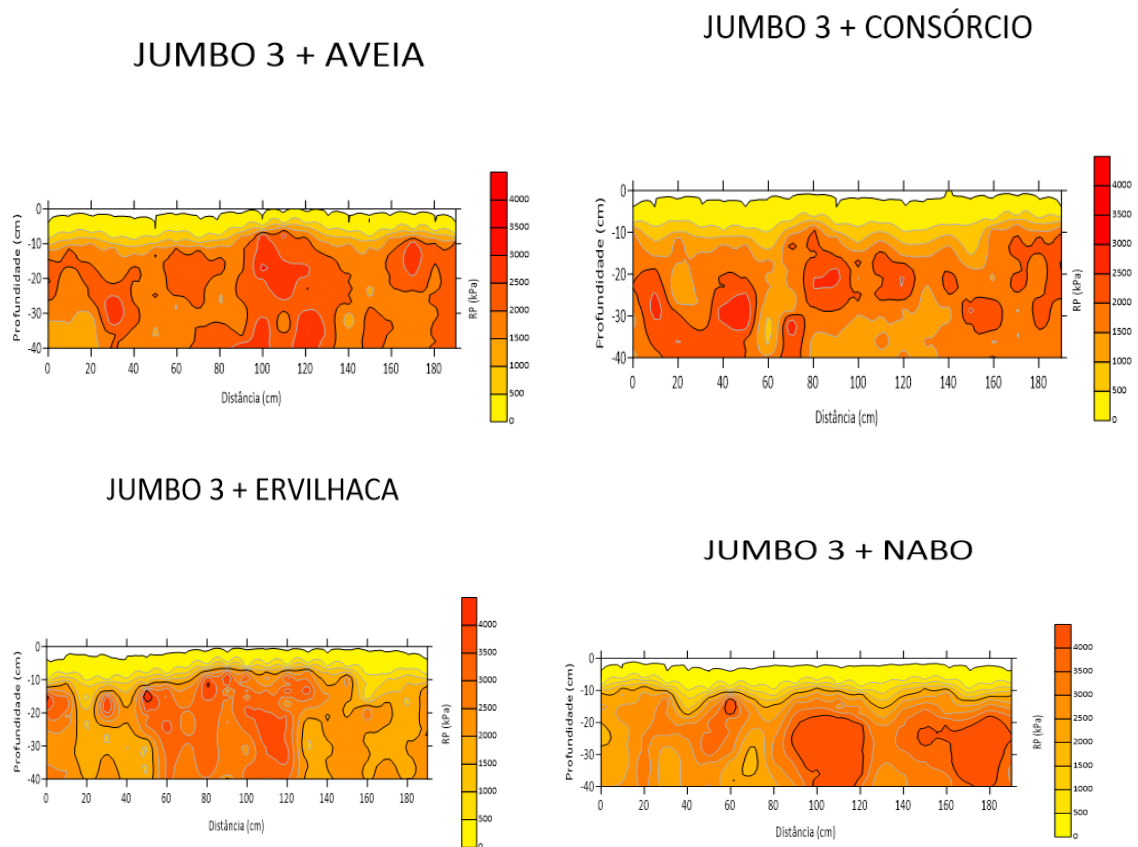


Figura 7. Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos com o implemento Jumbo usado a cada três anos nos tratamentos de plantas de cobertura.

As áreas de PD apresentam compactação semelhante entre as parcelas, localizada na camada abaixo de 10 cm de profundidade, em geral acima de 2000 kPa (figura 8), que se deve provavelmente a pressão gerada pelo trânsito de máquinas pesadas ou ainda a existência de compactação anterior a conversão para o plantio direto pelo efeito denominado “pé-de-arado”.

A camada descompactada de 0 a 10 cm de profundidade pode estar relacionada ao efeito positivo da biomassa seca das plantas de cobertura de inverno e do milho acumuladas na superfície do solo, as quais possibilitaram a dissipação das pressões impostas pelo tráfego de máquinas (TORMENA et al., 2017).

As zonas que apresentam menor RP abaixo dos 30 cm, seriam zonas onde o poder de pressão exercido pelo rodado das máquinas e implementos não influenciaram, associados possivelmente com ausência de efeito anterior do período de preparo convencional. O PD apresenta bastante variabilidade espacial no solo, como o jumbo usado a cada três anos. Entre as plantas de cobertura percebe-se uma predominância de valores mais elevados de RP no

tratamento com uso de aveia. No tratamento com ervilhaca ocorre a menor zona de RP superior a 2000Kpa o que pode estar associado a um maior estímulo do sistema radicular pela maior presença de adubação nitrogenada no sistema, descompactando-o

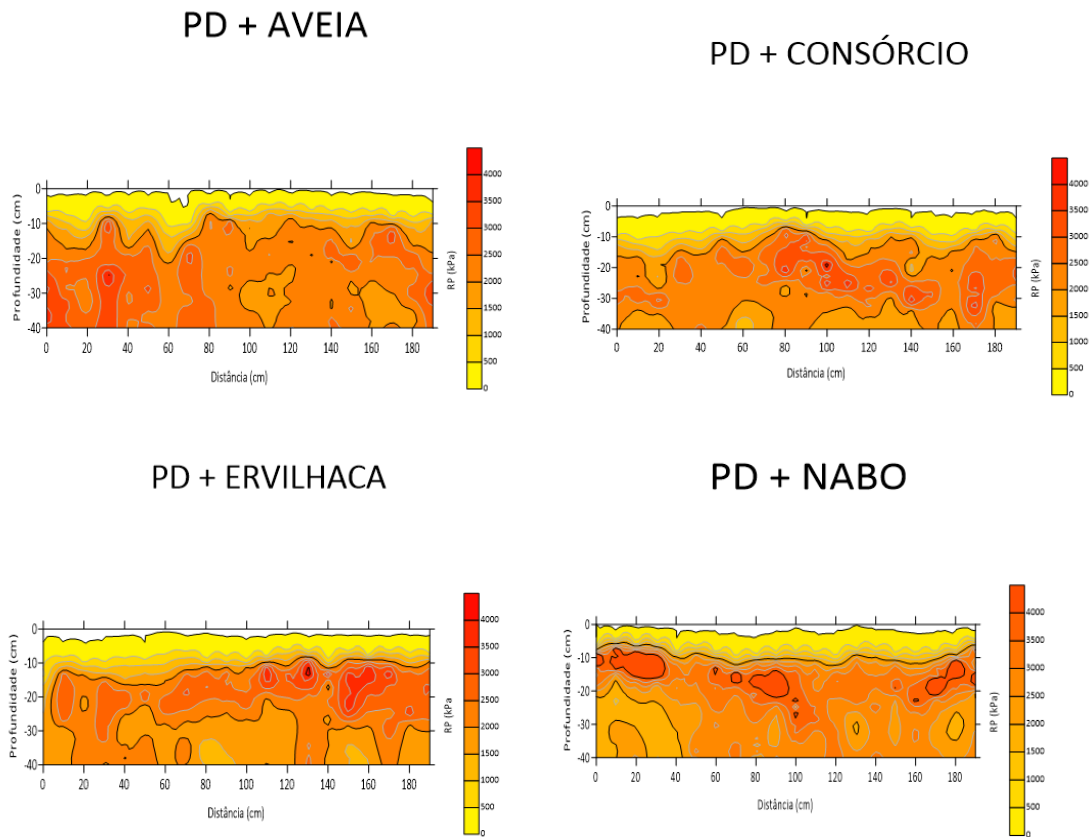


Figura 8. Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos de PD nos tratamentos de plantas de cobertura.

6.1.2 Rp após a escarificação

As áreas antes escarificadas pelo terrus todo ano, no momento que foram escarificadas novamente apresentam uma diminuição da RP ao longo do transecto (figura 9), porém apresenta zonas de compactação em alguns pontos, mostrando que o implemento não consegue diminuir a RP em toda área mobilizada.

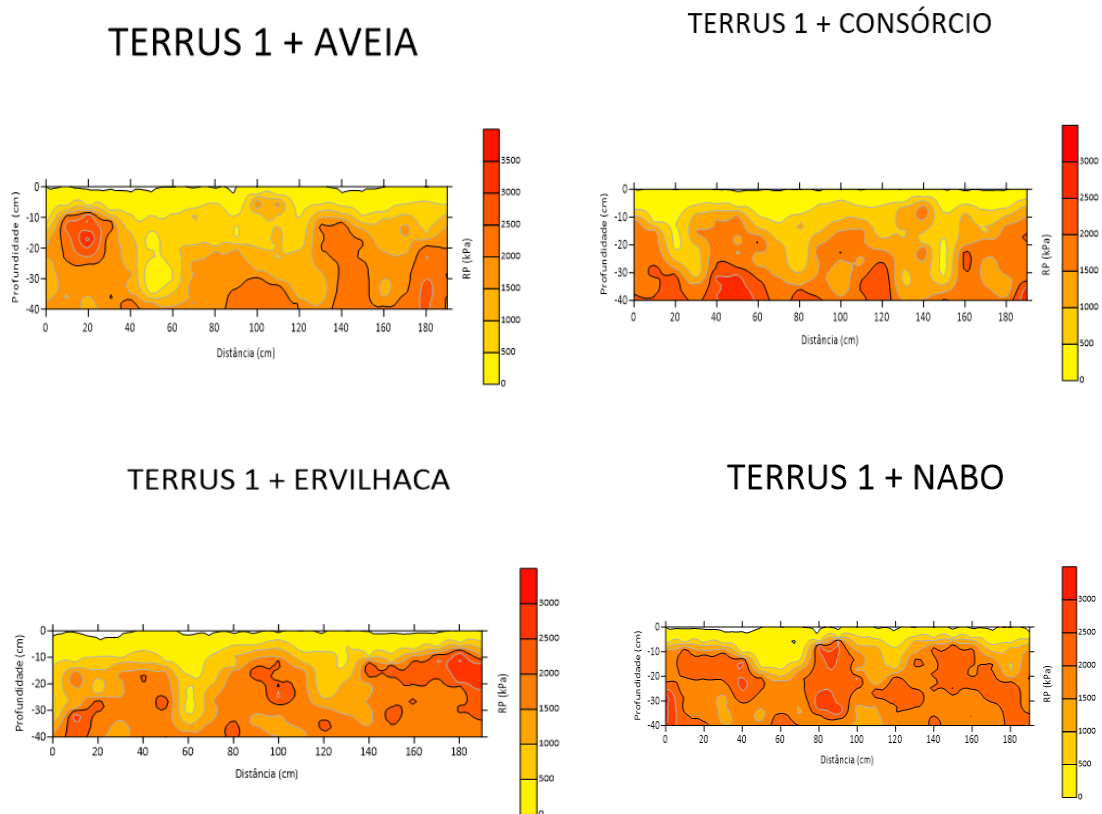


Figura 9. Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos com o implemento Terrus usado anualmente nos tratamentos de plantas de cobertura, logo após a escarificação do solo.

O terrus a cada três anos, quando escarificado apresenta o mesmo efeito que o terrus escarificado anualmente após uma nova escarificação, onde zonas de descompactação aparecem em grande parte do transecto e zonas de compactação aparecem em pontos isolados (figura 10).

Isso mostra que o efeito de descompactação do terrus é similar, independentemente do tempo que a área está sem escarificar, não havendo portanto efeito aditivo de uma reescarificação anual. A partir do momento da escarificação a área baixará a RP em alguns pontos e em alguns ponto continuará compactado.

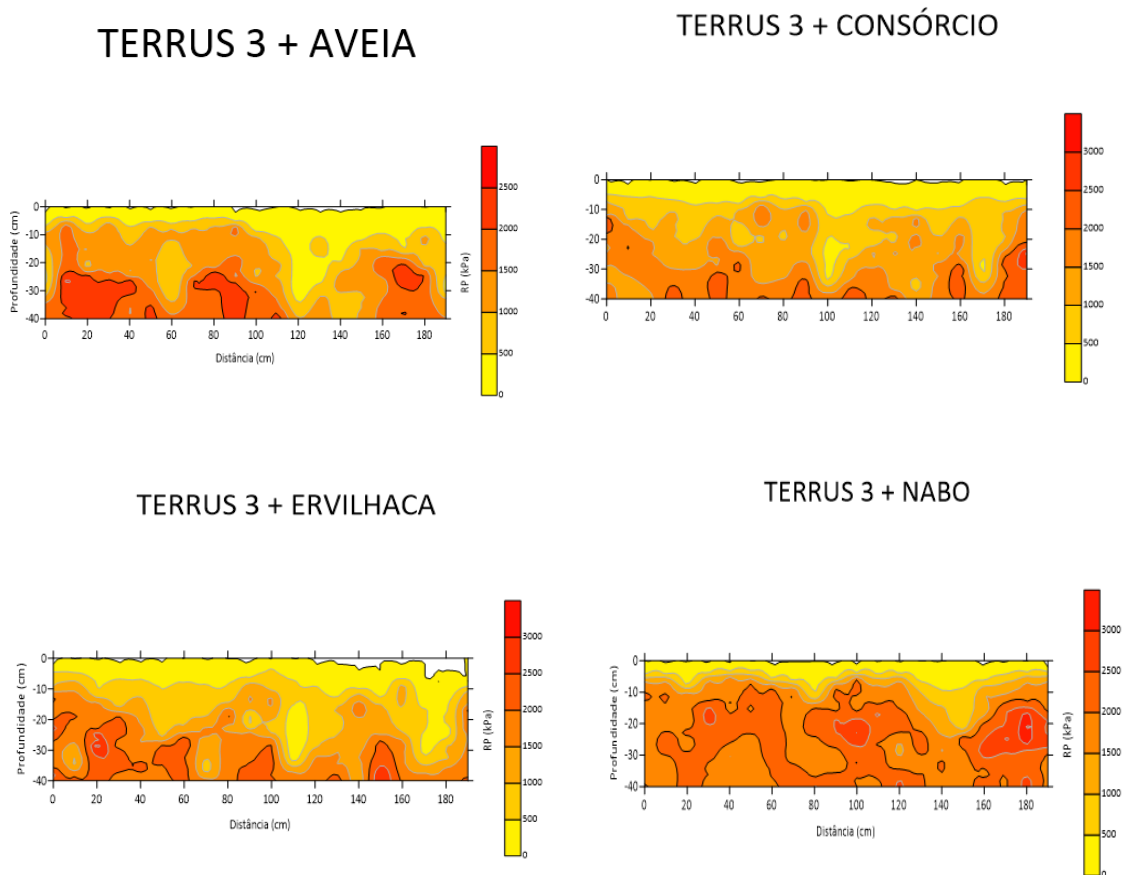


Figura 10. Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos com o implemento Terrus usado a cada três anos nos tratamentos de plantas de cobertura, logo após a escarificação do solo.

Por outro lado nas áreas anualmente escarificadas pelo jumbo, no momento que se volta a escarificá-las obtem-se uma diminuição da RP no transecto, sendo quase que nulo a presença de zonas de compactação (figura 11).

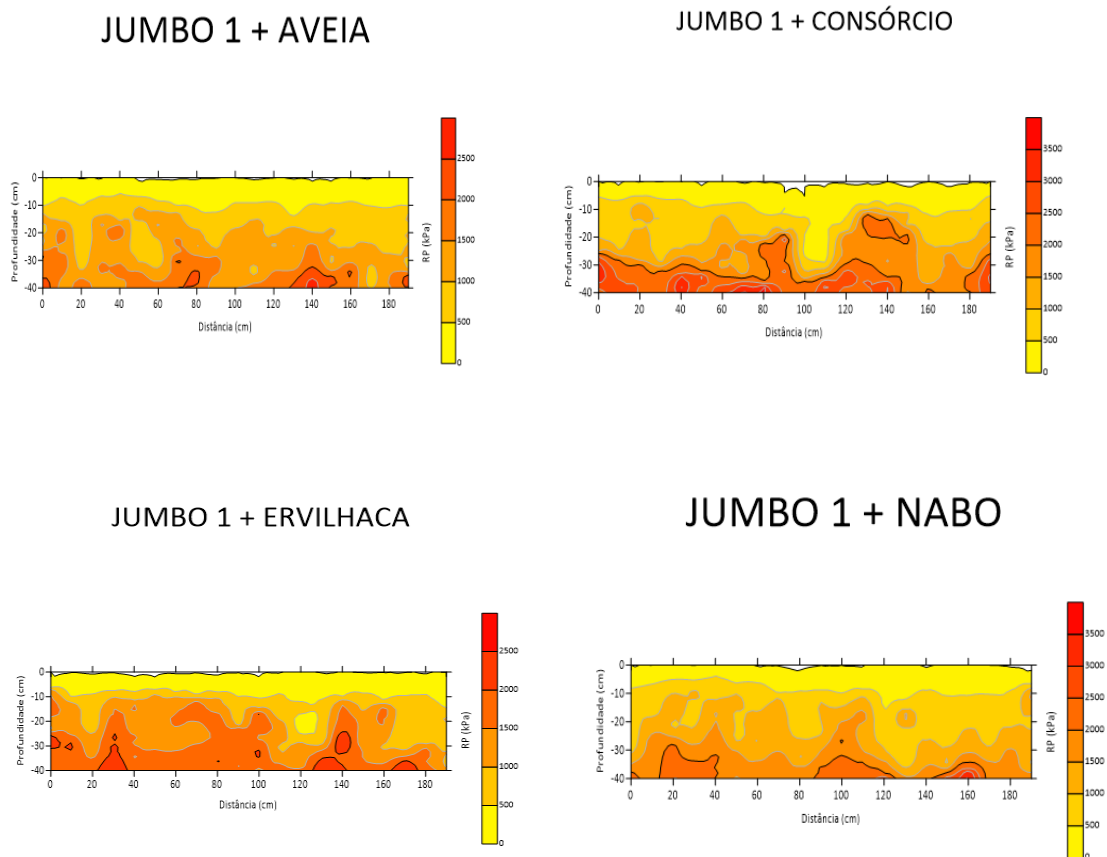


Figura 11. Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos com o implemento Jumbo usado anualmente nos tratamentos de plantas de cobertura, logo após a escarificação do solo.

Nas parcelas antes escarificadas a cada três anos com o jumbo, também apresentam diminuição da RP quando se escarifica, porém nota-se maior presença de zonas de compactação do que as parcelas escarificadas anualmente pelo jumbo (figura 12). Isso mostra que quanto maior for as zonas de compactação antecedendo a escarificação, mais difícil será a desestruturação dessas zonas.

No entanto, a escarificação do solo no momento, é eficaz tanto para as áreas escarificadas com o jumbo anualmente, ou a cada três anos no momento que é realizada, devido a grande diminuição da RP até a camada de 30 cm. Porém, esse efeito é perdido ao longo do primeiro ano, quando as zonas de compactação voltam a aparecer.

Girardelo et al (2014), encontrou redução imediata na RP após a escarificação, independentemente do tipo de escarificador.

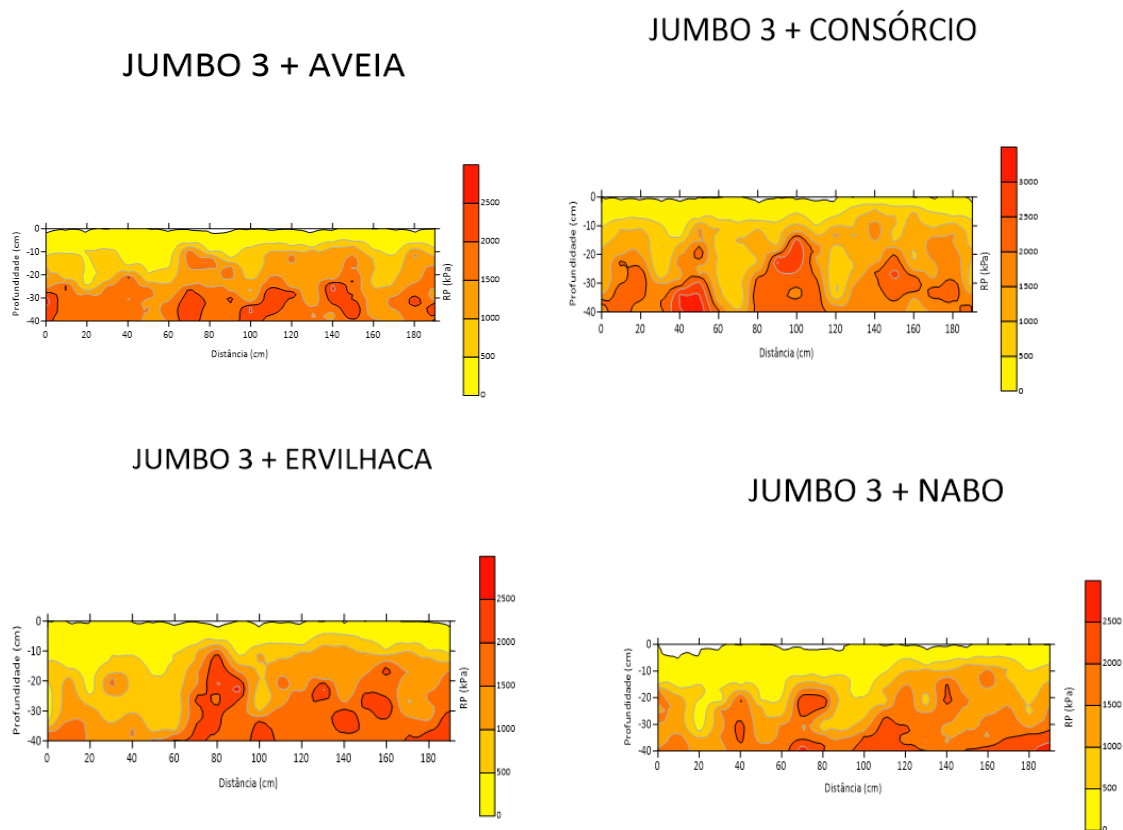


Figura 12. Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos com o implemento Jumbo usado a cada três anos nos tratamentos de plantas de cobertura, logo após a escarificação do solo.

O PD teve um leve surgimento de áreas de descompactação nessa segunda avaliação, onde já estavam a campo plantas de cobertura de inverno (figura 13). Zonas acima de 2000 kPa ainda são comuns nessas áreas, que a anos não é mobilizada por escarificadores.

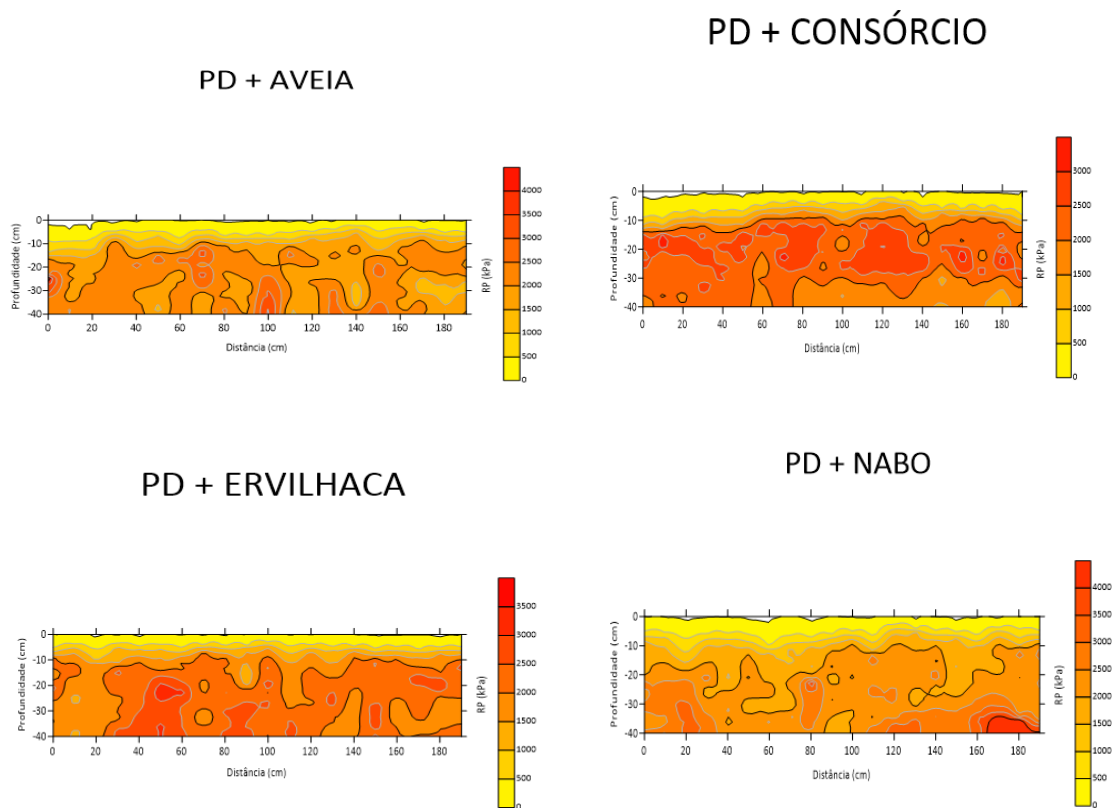


Figura 13 . Mapas de perfis de RP mostrando os tratamentos de PD nos tratamentos de plantas de cobertura.

6.1.3 Rp média do sistema

Nas figuras 14, 15 e 16 são apresentados os dados médios dos sistemas de preparo, para todas as plantas de cobertura visando compreender o comportamento dos preparos antes e após a escarificação realizada em 2018.

Percebe-se na figura 14 que antes da escarificação, grande parte do perfil encontra-se compactado, com menor intensidade nos tratamentos escarificados anuais do que nos tri anuais. Já na figura 15, podemos observar que após as escarificações do solo a RP diminui bastante nos perfis dos preparos, em ambos os tratamentos. Na figura 16 podemos observar a compactação ao longo do transecto no PD a uma profundidade abaixo de 10 ou 15 cm.

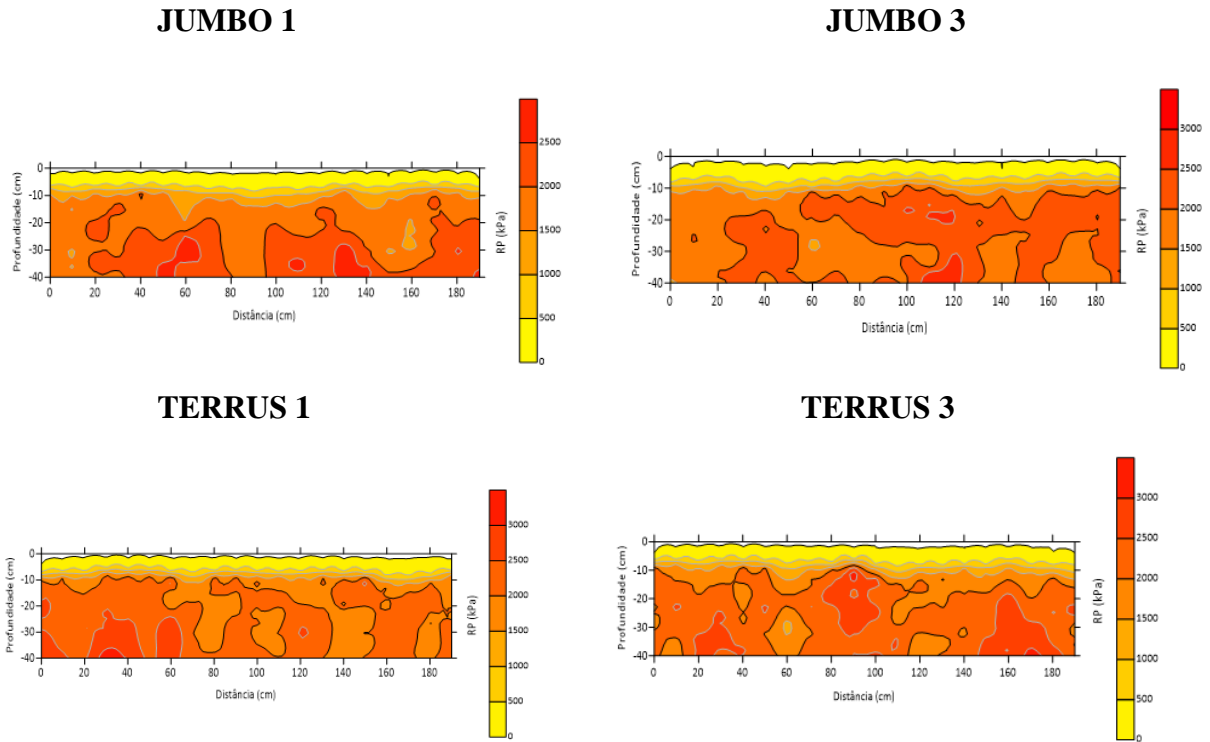


Figura 14 . Mapas de perfis de RP médios antes da escarificação

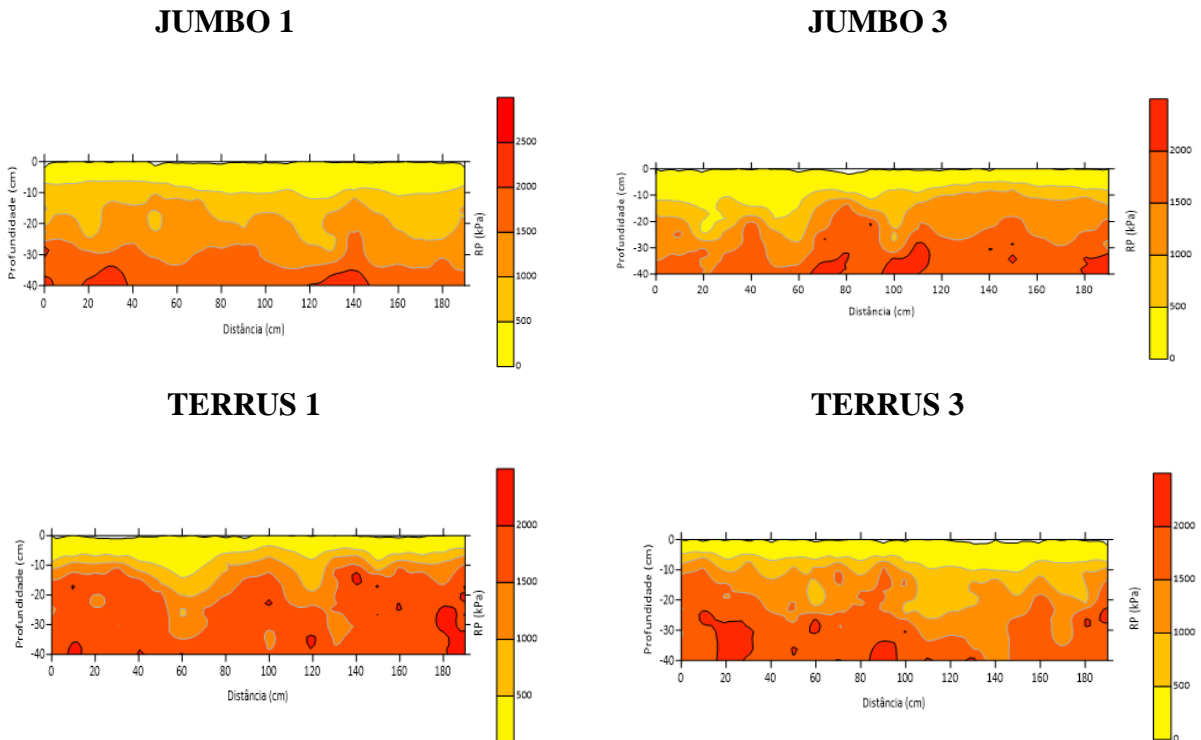


Figura 15 . Mapas de perfis de RP médios depois da escarificação

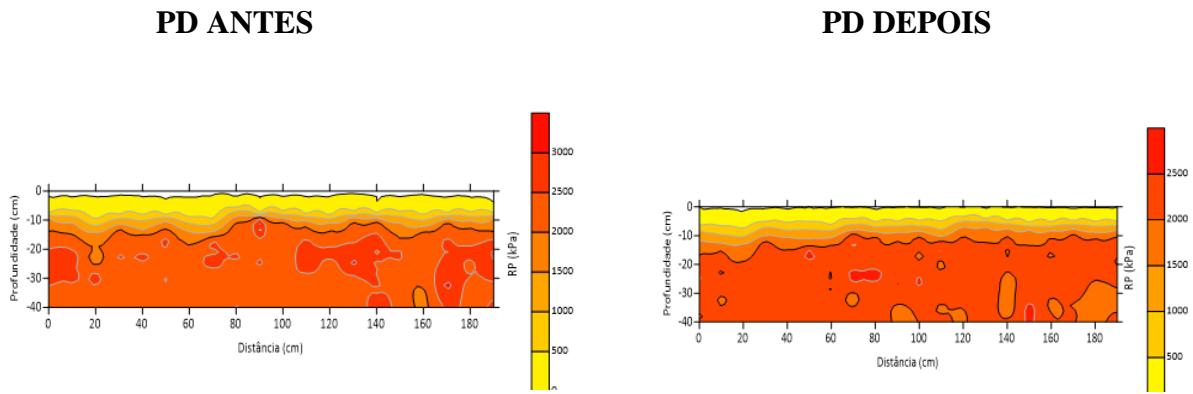


Figura 16. Mapas de perfis de RP médios antes e depois da escarificação para o PD (Sistema não escarificado).

6.1.4 Rp média dos tratamentos

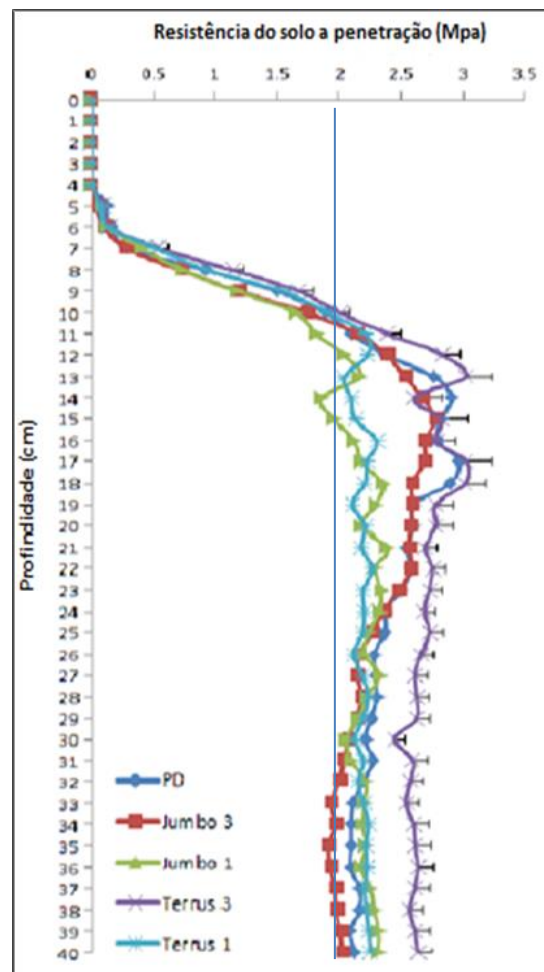


Figura 17. Rp médio dos tratamentos de preparos do solo.

Na figura 17 podemos observar que nos preparos de solo onde ocorreu a escarificação anual, tanto o Jumbo quanto o Terrus, pode se perceber que ocorreram reduções na RP, porém mesmo assim ela se manteve acima de 2 Mpa, a partir dos 8 e 10 cm de profundidade, respectivamente.

O jumbo a cada três anos e o PD apresentaram efeito semelhante, ou seja, compactação elevada, superior a 2,5 Mpa, na camada de 10 a 25 cm, e com uma leve diminuição abaixo dos 30 cm, chegando próximo a 2 Mpa.

O terrus a cada três anos apresentou maior compactação entre os demais preparos, apresentando valores próximos a 3 Mpa dos 9 cm até 40 cm de profundidade.

6.2 PRODUTIVIDADE DO MILHO

Estatisticamente não houve diferença significativa para os fatores avaliados (preparos do solo x plantas de cobertura), e desta forma serão apresentados isoladamente. A produtividade do milho não apresentou diferença significativa entre os preparos do solo (figura 14), porém apresentou diferença significativa entre os tratamentos de plantas de cobertura (figura 15).

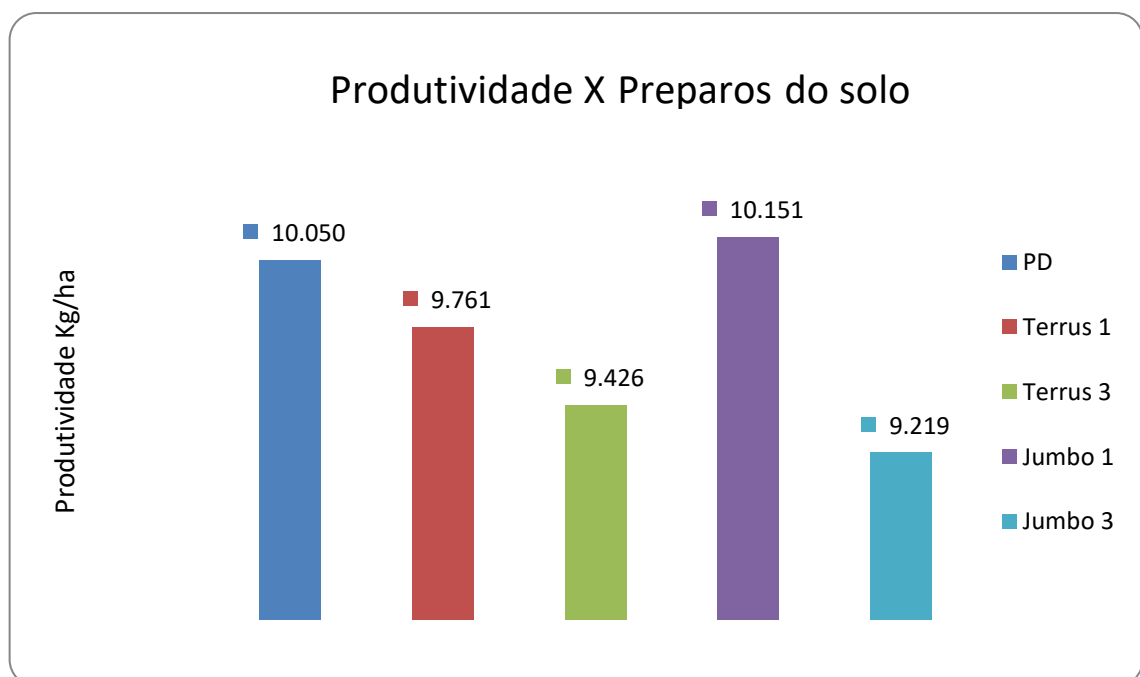


Figura 14. Produtividade do milho em diferentes tratamentos de preparo do solo.

Não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos de preparos do solo. Nota-se que a escarificação tanto realizada anualmente quando a cada três anos não influenciam na produtividade do milho, além disso, essa prática demanda alto consumo de combustível e de tempo, devendo preferencialmente ser aplicada somente onde a compactação é severa (GIRARDELLO et al, 2011).

Resultados semelhantes foram encontrados por Mahl et al. (2008) e Seki et al. (2015), que concluíram que a redução da RP nas áreas escarificadas quando comparadas ao PD, não influenciavam no desenvolvimento e na produtividade das culturas.

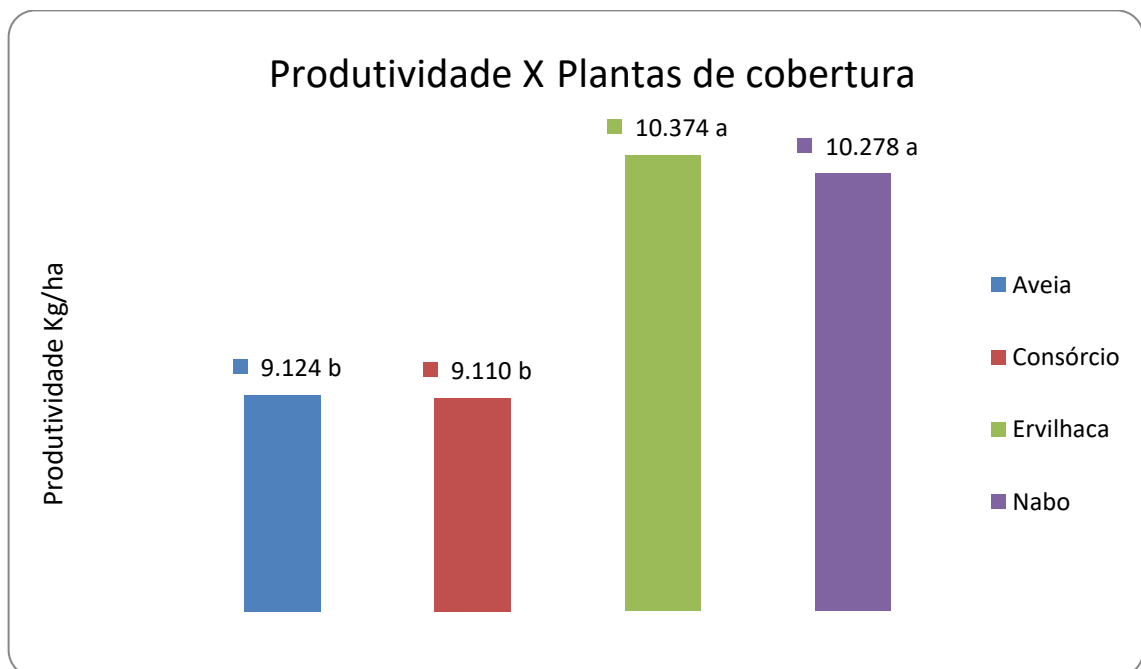


Figura 15. Produtividade do milho em diferentes tratamentos de planta de cobertura.

Dentre as plantas de cobertura, a ervilhaca e o nabo forrageiro foram às plantas de cobertura que resultaram em maior produtividade do milho, com 10,3 e 10,2 ton/ha, respectivamente. Aveia e consórcio se classificaram por serem as plantas que resultaram em menor produtividade no milho, com 9,1 ton/ha. Possivelmente a entrada da aveia no sistema, por ser uma gramínea, antecedendo o milho, tenha gerado imobilização líquida de nitrogênio o que pode ter resultado nos menores valores de produtividade em ambos os sistemas que introduziram essa cultura.

Giacomini et al (2004), também observou uma maior produtividade do milho nas parcelas de ervilhaca devido ao N adicionado ao solo pela leguminosa, via fixação biológica de nitrogênio (FBN), e nabo forrageiro devido a sua habilidade na absorção de N mineral do solo e alta produção de fitomassa.

6.3 CUSTOS PARCIAIS DE PRODUÇÃO

Diante da análise dos custos de produção, podemos perceber quais tratamentos foram mais rentáveis financeiramente. A seguir estarão destacados os valores gastos para o plantio das plantas de cobertura, com a quantidade de semente necessária por hectare, bem como o valor gasto por kg de cada semente (quadro 1).

Quadro 1. Valores gastos com sementes para a semeadura das plantas de cobertura.

Custos das Plantas de cobertura			
	Quantidade (kg/ha)	Valor (R\$/kg)	Valor (R\$/ha)
Aveia Preta	90	R\$ 1,60	R\$ 144,00
Evilhaca	40	R\$ 6,00	R\$ 240,00
Nabo	15	R\$ 5,50	R\$ 82,50
A+E+N	60 + 30 + 10	R\$ 1,60 + 6,00 + 5,50	R\$ 331,00

No quadro 2, estão os custos gerados em cada preparo do solo. Expõe a quantidade de potência requerida para cada escarificador, que de acordo com a JAN (2018) a potência mínima requerida para cada haste do jumbo é de 12 a 15 cv., e segundo a GTS (2018), o modelo TS-04 necessita de 30 a 40 cv. cada haste. O valor de R\$ 180 a hora máquina é o valor pago na região para terceirização de serviços.

Quadro 2. Custos referentes aos preparos do solo.

Custos dos Preparos do solo				
	Potência req. (cv)	Hora máquina (ha)	R\$ hora	Total R\$
Jumbo 1	84 - 105	0,8	R\$ 180,00	R\$ 144,00
Jumbo 3	84 - 105	0,8	R\$ 180,00	R\$ 48,00
Terrus 1	120 - 160	0,9	R\$ 180,00	R\$ 162,00
Terrus 3	120 - 160	0,9	R\$ 180,00	R\$ 54,00
PD	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00

O quadro 3 apresenta os valores gastos com os insumos para a produção de milho e suas respectivas quantidades gastas por hectare, gerando um valor total de R\$ 2.518,50.

Quadro 3. Custos referentes aos insumos para a produção de milho.

Custo dos insumos do milho/ ha					
	Descrição	Un.	Qnti.	R\$/un	Total
Dessecação	Glifosato	litros	6	R\$ 18,00	R\$ 108,00
Semente	Ag 8780	sc	1,25	R\$ 650,00	R\$ 812,50
Limpa	Atrazina	litros	5	R\$ 20,00	R\$ 100,00
Adubação base	2-18-18	sc	11	R\$ 78,00	R\$ 858,00
Adubação cobertura	Uréia	sc	8	R\$ 80,00	R\$ 640,00
					R\$ 2.518,50

O quadro 4 expõe os custos de manejo do milho, sendo eles para plantio, dessecação e colheita. Para a colheita, se considera o valor de região sendo 4% da produção. O custo total de serviços para o milho é de R\$ 486,00.

Quadro 4. Custos de serviço para o cultivo do milho.

Custos de serviço do milho			
	Hora máquina	R\$ hora	Total R\$
Plantio	0,7	R\$ 180,00	R\$ 126,00
Dessecação	0,5	R\$ 180,00	R\$ 90,00
Colheita	*		R\$ 270,00
			R\$ 486,00

O quadro 5 apresenta os custos totais de produção, gerando um valor superior a R\$ 3.000,00, em todas as parcelas.

Quadro 5. Custos totais.

Custos (ha)					
	Plantas de Cobertura	Preparo do solo	Milho (insumos)	Milho (manejo)	Total
Jumbo 1					
Aveia	R\$ 144,00	R\$ 144,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.292,50
Ervilhaca	R\$ 240,00	R\$ 144,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.388,50
Nabo	R\$ 82,50	R\$ 144,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.231,00
A+E+N	R\$ 331,00	R\$ 144,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.479,50
Jumbo 3					
Aveia	R\$ 144,00	R\$ 48,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.196,50
Ervilhaca	R\$ 240,00	R\$ 48,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.292,50
Nabo	R\$ 82,50	R\$ 48,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.135,00
A+E+N	R\$ 331,00	R\$ 48,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.383,50
Terrus 1					
Aveia	R\$ 144,00	R\$ 162,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.310,50
Ervilhaca	R\$ 240,00	R\$ 162,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.406,50
Nabo	R\$ 82,50	R\$ 162,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.249,00
A+E+N	R\$ 331,00	R\$ 162,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.497,50
Terrus 3					
Aveia	R\$ 144,00	R\$ 54,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.202,50
Ervilhaca	R\$ 240,00	R\$ 54,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.298,50
Nabo	R\$ 82,50	R\$ 54,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.141,00
A+E+N	R\$ 331,00	R\$ 54,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.389,50
PD					
Aveia	R\$ 144,00	R\$ 0,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.148,50
Ervilhaca	R\$ 240,00	R\$ 0,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.244,50
Nabo	R\$ 82,50	R\$ 0,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.087,00
A+E+N	R\$ 331,00	R\$ 0,00	R\$ 2.518,50	R\$ 486,00	R\$ 3.335,50

O quadro 6, apresenta a receita da área, levando em consideração a produtividade do milho e um valor de venda de R\$ 33,00 a saca. Percebe-se que há bastante variação entre os

tratamentos, sendo 65 sacas entre o melhor tratamento e o menor. O quadro 7 apresenta a receita final.

Quadro 6. Receitas.

Receitas				
	Produtividade (kg/ha)	Sacas/ha	Preço de venda	Receita Bruta
Jumbo 1				
Aveia	10.186,26	170	R\$ 33,00	R\$ 5.602,44
Ervilhaca	10.284,37	171	R\$ 33,00	R\$ 5.656,40
Nabo	10.692,62	178	R\$ 33,00	R\$ 5.880,94
A+E+N	10.567,57	176	R\$ 33,00	R\$ 5.812,16
Jumbo 3				
Aveia	7.792,05	130	R\$ 33,00	R\$ 4.285,63
Ervilhaca	9.688,89	161	R\$ 33,00	R\$ 5.328,89
Nabo	9.997,80	167	R\$ 33,00	R\$ 5.498,79
A+E+N	9.182,08	153	R\$ 33,00	R\$ 5.050,15
Terrus 1				
Aveia	7.511,66	125	R\$ 33,00	R\$ 4.131,41
Ervilhaca	10.338,24	172	R\$ 33,00	R\$ 5.686,03
Nabo	11.045,61	184	R\$ 33,00	R\$ 6.075,09
A+E+N	10.871,34	181	R\$ 33,00	R\$ 5.979,23
Terrus 3				
Aveia	8.564,76	143	R\$ 33,00	R\$ 4.710,62
Ervilhaca	10.875,59	181	R\$ 33,00	R\$ 5.981,57
Nabo	10.265,44	171	R\$ 33,00	R\$ 5.645,99
A+E+N	8.040,85	134	R\$ 33,00	R\$ 4.422,47
PD				
Aveia	9.543,45	159	R\$ 33,00	R\$ 5.248,90
Ervilhaca	11.371,86	190	R\$ 33,00	R\$ 6.254,52
Nabo	9.990,53	167	R\$ 33,00	R\$ 5.494,79
A+E+N	8.879,90	148	R\$ 33,00	R\$ 4.883,94

Quadro 7. Receita líquida.

Receita Líquida					
	Receita Bruta	Custos	Receita Líquida	Varição ao PD	%
Jumbo 1					
Aveia	R\$ 5.602,44	R\$ 3.292,50	R\$ 2.309,94	209,55	10
Ervilhaca	R\$ 5.656,40	R\$ 3.388,50	R\$ 2.267,90	-742,12	-25
Nabo	R\$ 5.880,94	R\$ 3.231,00	R\$ 2.649,94	242,15	10
A+E+N	R\$ 5.812,16	R\$ 3.479,50	R\$ 2.332,66	784,22	51
Jumbo 3					
Aveia	R\$ 4.285,63	R\$ 3.196,50	R\$ 1.089,13	-1.011,27	-48
Ervilhaca	R\$ 5.328,89	R\$ 3.292,50	R\$ 2.036,39	-973,64	-32
Nabo	R\$ 5.498,79	R\$ 3.135,00	R\$ 2.363,79	-44,00	-2
A+E+N	R\$ 5.050,15	R\$ 3.383,50	R\$ 1.666,65	118,20	8
Terrus 1					
Aveia	R\$ 4.131,41	R\$ 3.310,50	R\$ 820,91	-1.279,48	-61
Ervilhaca	R\$ 5.686,03	R\$ 3.406,50	R\$ 2.279,53	-730,49	-24
Nabo	R\$ 6.075,09	R\$ 3.249,00	R\$ 2.826,09	418,30	17
A+E+N	R\$ 5.979,23	R\$ 3.497,50	R\$ 2.481,73	933,29	60
Terrus 3					
Aveia	R\$ 4.710,62	R\$ 3.202,50	R\$ 1.508,12	-592,28	-28
Ervilhaca	R\$ 5.981,57	R\$ 3.298,50	R\$ 2.683,07	-326,95	-11
Nabo	R\$ 5.645,99	R\$ 3.141,00	R\$ 2.504,99	97,20	4
A+E+N	R\$ 4.422,47	R\$ 3.389,50	R\$ 1.032,97	-515,48	-33
PD					
Aveia	R\$ 5.248,90	R\$ 3.148,50	R\$ 2.100,40	0,00	0
Ervilhaca	R\$ 6.254,52	R\$ 3.244,50	R\$ 3.010,02	0,00	0
Nabo	R\$ 5.494,79	R\$ 3.087,00	R\$ 2.407,79	0,00	0
A+E+N	R\$ 4.883,94	R\$ 3.335,50	R\$ 1.548,44	0,00	0

Nota-se que para as áreas escarificadas com o Jumbo e com o terrus anualmente, o nabo foi o sistema de cobertura mais rentável, seguido pelo consórcio. Já para os preparos com o Terrus e Jumbo a cada três anos a ervilhaca e o nabo aumentaram a produtividade do milho, similar ao que ocorreu com o PD onde também esses sistemas foram os mais rentáveis demonstrando uma relação da reorganização do solo pelo tempo sem escarificar (3 anos) e uma mudança no comportamento produtivo em função das plantas de cobertura. A receita média líquida foi de R\$ 2.710,00.

Quando se verifica, a variação entre os tratamentos escarificados e o PD, podemos notar que vários sistemas estão resultando em menor lucro, sendo destacadas em vermelho no quadro 7. As escarificações anuais seguidas do consórcio A+E+N apresentaram resultado considerável, em comparação ao PD, com um aumento médio de 55% na margem líquida. No entanto há que se considerar que o PD foi o que apresentou menor produtividade de culturas nesse sistema

Podemos considerar que a escarificação em áreas de PD deve ocorrer a partir de um planejamento, que considere o grau de compactação e as condições ambientais no momento do manejo, e posteriormente implantar plantas de coberturas de solo, pois é pelo desenvolvimento das raízes que será criada a continuidade de poros que efetivamente aumenta a permeabilidade do solo e melhora a qualidade física, a partir do incremento da atividade da microbiota e da produção de compostos orgânicos (JANDREY, 2016).

7 CONCLUSÃO

A escarificação do solo reduz a RP abaixo do limite crítico somente após a escarificação, sendo o Jumbo mais eficiente que o Terrus na redução ao longo do transecto.

Após um ano o efeito da escarificação do solo é concentrado apenas no local onde passam as hastes dos implementos, e após três anos esse efeito é praticamente nulo.

Os preparos do solo não influenciam na produtividade do milho, diferentemente das plantas de cobertura, onde uso da ervilhaca e o nabo resultam em maior produtividade que as demais plantas de cobertura.

O PD foi o preparo com maior lucratividade parcial sendo que o uso da ervilhaca nesse sistema resultou em maior receita líquida parcial ao produtor.

8 REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; CABEDA, M. S. Infiltração de água em um podzólico vermelho-escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, n.4, p. 753-761, 1999.
- AMADO, T. J.; MIELNICZUK, J.; AITA, C, et al. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 26, n.1, p.241-248, 2002.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J. F. ; LEITE, D.; OBATISTELA, O. Propriedades físicas de um cambissolo húmico. **Scientia Agricola**, v.58. n.3, p.555-560, julho/setembro, 2001.
- BEUTLER, A. N; CENTURION, J. F; CENTURION, M. A. P. C.; SILVA, A. P. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.30, n.05, p.787-794, 2006.
- BONJORNO, I; et al. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.5, n.2, p.99-108, 2010.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, n.5, p.789-796, 2005.
- CASÃO JUNIOR, A. G.; LLANILLO, R. F. In: **Plantio direto no Sul do Brasil**. Londrina, p.77, IAPAR, 2012.
- CUBILLA, M.; et al. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 71, n.1, p. 29-32, 2002.
- DEBIASI, H.; et al. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Embrapa Soja, Londrina - PR. p.121-129, 2013.
- EMBRAPA. Variabilidade espacial da Resistência a Penetração no perfil do solo sob semeadura direta e preparo convencional . **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. p.7-14. 2008.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Conservation Agriculture Adoption Worldwide**. Accessed 15 September 2018. Available in: <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html>

FEBRAPDP. **Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha**. 2014. Acesso em 12 de 10 de 2017, disponível em Evolução do sistema plantio direto no Paraná:
http://febrapdp.org.br/download/EVOLUCAO_DO_SPD_NO_PARANA_2014.pdf

FILHO, J. T.; et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.25, n.3, p.725-730, 2001.

FILHO, A. G.; et al. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Revista Ciência Rural**, v.30, n.6, p.953-957, 2000.

FLOWERS, M.; LAL, R. Soil Till. Res. In: **Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a Molic Ochraqualf in Northwest**, v.48, n.1, p.21-35, 1998.

FONTANELI, R. S; et al.. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. Brasília, DF: Embrapa. 2ª edição. p.128-306. 2012.

FONTES, P. C.; et al. Características físicas do solo e produtividade da batata dependendo de sistemas de preparo do solo. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, julho-setembro, p.355-359, 2007.

FRANCHINI, J. C.; et al. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Embrapa Soja. Londrina-PR. p.11-39. 2009.

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 Ciências do Solo**. v.28, n.4. Viçosa, Julho/Agosto, 2004.

GIRARDELLO, V. C; et al. Alterações nos atributos físicos de um latossolo vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 2115-2126, 2011.

GTS. GTS do Brasil. 2016. **Catálogo - Descompactador Terrus**. Acesso em 20 de agosto de 2018, disponível em
<http://www.gtsdobrasil.ind.br/arquivo/064de94340ad21c4118db7c6ebf1b952.pdf>

JAN. **Implementos agrícolas Jan S/A**. Acesso em 20 de agosto de 2018, disponível em <http://www.jan.com.br/web/index.php?menu=implementos&sub=preparo-solo&id=23&language=pt>

JANDREY, D. Compactação de solos agrícolas. Agronegócio em foco. 31 de maio 2016. <http://www.pioneersementes.com.br/blog/99/compactacao-de-solos-agricolas>.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, v.13, n.5, p.3915-3925, dez. 2014.

KOCHHANN, R.; DENARDIN, J. Implantação e manejo do sistema plantio direto Passo Fundo. **Embrapa-CNPT**, Passo Fundo, p.36, 2000.

LANDERS, J. N. Plantio Direto, Módulo 1 - **Histórico, características e benefícios do Plantio Direto**. Brasília-DF: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior ABEAS, Universidade de Brasília - UnB, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV. 2005.

LIMA, C. L. et al. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.1, p.89-98, janeiro, 2010.

LIMA, C. A.; SILANS, A. P. Variabilidade espacial da infiltração de água no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2311-2320. 1999.

MAHL, D.; SILVA, R.B.; GAMERO, C.A.; SILVA, P.R.A. et al.; Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum Agronomy**. v.30, n.5, p.741-747, Maringá-PR, 2008.

MELLO, N. A., & CONCEIÇÃO, P. C. **Sistemas de Produção Agropecuária**. In: T. N. MARTIN, & M. F. ZIECH. Dois Vizinhos. 2008.

MINELLA, J. P.; et al. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacia hidrográficas. **Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal**, v. 31, n.6, p. 1638-1646, 2007.

MOGOLLON, J. E. **Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas da camada orgânica superficial do solo em um ecótono cerrado-pastagem na microbacia do rio pântano (Selviria-MS)**, p.93, Tese, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, 2007.

NETO, F. D.; et al. Variabilidade Espacial da Resistência à Penetração em Neossolo Litólico Degradado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.39, n. 5, p.1353-1361, 2015.

NICOLOSO, R. D.; et al. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p.1723-1734, 2008.

ROSA, D. P.; et al. Cultivo mínimo: Efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.11, p.1199–1205, 2011.

SÁ, J. C; et al. Crescimento radicular, extração de nutrientes e produção de grãos de genótipos de milho em diferentes quantidades de palha de aveia-preta em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, n.4, p. 1207-1216, 2010.

SASAKI, C. M. **Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e água em três latossolos**. 58 f. (tese). Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, São Paulo, 2005.

SEAB, S. d. **Prosolo Paraná**.2016. Acesso em 23 de 09 de 2017, disponível em <http://www.prosolo.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=3>

SEKI, S.A.; SEKI, G.F.; JASPER, S.P.; ARBEX SILVA, P.R.; BENEZ, S.H.; et al. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 3, p. 460-468, 2015.

SILVA, A.; et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.928-935, 2007.

SILVA, A. et al.; Sistema de Plantio Direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v.56, n.4, p.496-506, 2009.

SILVA, V. L.; et al. Melhoria da estrutura de um latossolo por sistemas de culturas em Plantio Direto nos campos gerais do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.3, p.983-992, 2012.

SOUZA, Z. M.; et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um latossolo vermelho distrófico sobsemeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.25, n.3, p. 699-707, 2001.

SUZUKI, L. E.; et al. Estimativa da susceptibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p.963-973, 2008.

TORMENA, C. A.; KARLEN, D. L.; LOGSDON, S.; CHERUBIN, M. R. Corn stover harvest and tillage impacts on near-surface soil physical quality. **Soil Till R.** 166: 122-130. 2017.

USDA, U. S. Soil survey manual. In: **Soil Survey Division Staff**, Washington, DC, 1993.