

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**COMPACTAÇÃO, COBERTURA DO SOLO E
PRODUTIVIDADE DE SOJA EM TERRAS BAIXAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Jean Pierre Machado

**Itaqui, RS, Brasil
2018**

JEAN PIERRE MACHADO

**COMPACTAÇÃO, COBERTURA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE
SOJA EM TERRAS BAIXAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Itaqui, RS, Brasil
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Machado, Jean Pierre.

Compactação, cobertura do solo, e produtividade de soja em terras baixas / Jean Pierre Machado.

30 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) Universidade Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2018.

“Orientação: Amauri Nelson Beutler”.

1. Palha em superfície. 2. Tráfego de máquinas. 3. *Glycine max*. 4. Produtividade de grãos I. Título.

JEAN PIERRE MACHADO


**COMPACTAÇÃO, COBERTURA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE
SOJA EM TERRAS BAIXAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 04 de julho de 2018.
Banca examinadora:



Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler
Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof. Dr. Cleber Maus Alberto
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais, Rogério e Jussara, que são os maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

AGRADECIMENTO

À UNIPAMPA, instituição a qual tenho orgulho de fazer parte, e que abriu novos caminhos na minha vida acadêmica e profissional.

Ao Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler pela orientação, apoio para a realização deste trabalho, e amizade.

À Prof. Dra. Luciana Zago Ethur pelos ensinamentos que foram o alicerce da minha jornada acadêmica e pela oportunidade da iniciação científica.

A todos os excelentes professores da instituição, minha gratidão pelos ensinamentos durante o curso de agronomia que levarei por toda vida.

Aos meus tios, Roque e Denise que não mediram esforços me ajudando a alcançar meu objetivo, sem vocês isso não seria possível.

Aos colegas Alisson Fontinelli e Lucas da Silva que ajudaram na condução do experimento sempre com muita motivação e cordialidade.

Ao meu amigo William Eger do Canto Rodrigues pela amizade durante todos esses anos.

Ao meu amigo Renan Backes pela amizade e companheirismo durante a graduação.

À minha namorada Christiane pela paciência, amor, carinho e compreensão nas horas mais difíceis.

A todos os colegas que me acompanharam na trajetória da graduação.

A todos que de alguma forma ajudaram na realização deste trabalho, muito obrigado.

EPÍGRAFE

“Cada dia a natureza produz o suficiente para nossa carência. Se cada um tomasse o que lhe fosse necessário, não haveria pobreza no mundo e ninguém morreria de fome”

Mahatma Gandhi

RESUMO

COMPACTAÇÃO, COBERTURA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE SOJA EM TERRAS BAIXAS

Autor: Jean Pierre Machado

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Local e data: Itaqui, 04 de julho de 2018.

O cultivo de soja em terras baixas vem ganhando espaço na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Porém, estes solos têm por sua natureza elevada densidade, e por consequência problemas de compactação superficial afetando o crescimento das culturas. O estudo avaliou o efeito da cobertura de solo com palha de aveia nas propriedades físicas, retenção de água e produtividade de soja em sistemas de cultivo com e sem compactação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: 1) Pousio no inverno sem compactação (PO); 2) Pousio no inverno + compactação (POC); 3) Semeadura de aveia preta em plantio direto (PD), com corte das plantas a 0,03 m de altura e retirada total da palha superficial no final do ciclo + compactação (OPC); 4) Semeadura de aveia em PD, com corte das plantas a 0,03 m de altura e retirada da metade da palha superficial no final do ciclo + compactação (0,5PC); 5) Semeadura da aveia em PD, com corte das plantas a 0,03 m de altura e espalhamento na superfície do solo no final do ciclo + compactação (1PC); 6) Semeadura de aveia em PD, com corte das plantas a 0,03 m de altura e espalhamento na superfície do solo no final do ciclo + a palha retirada do tratamento 3, sendo o tratamento 6 equivalente a duas vezes a quantidade de palha na superfície do solo + compactação (2PC); 7) Semeadura de aveia em PD, com corte da planta a 0,03 m de altura e espalhamento na superfície do solo no final do ciclo e sem compactação (1P). No estágio fenológico R5, foram retiradas quatro amostras por parcela nas entrelinhas, com cilindros de 3 cm de altura e 5 cm de diâmetro para avaliar a densidade do solo e, porosidade total, macro e microporosidade e retenção de água nos potenciais de -0,06; -0,1; -0,3; -0,6; -1,0 e -1,5 MPa, nas camadas de 0,05-0,10 e 0,15-0,20 m de profundidade. As propriedades físicas do solo não se alteraram pelos diferentes tratamentos nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,15-0,20 m. A retenção de água foi menor no tratamento POC nos potenciais -0,3, -1,0 e -1,5 MPa. A cobertura do solo proporcionou maior produtividade de soja, nos tratamentos 1PC, 2PC e 1P.

Palavras-chave: Palha em superfície; tráfego de máquinas; *Glycine max*, produção de grãos.

ABSTRACT

COMPACTATION, STRAW ON THE SOIL SURFACE, AND SOYBEAN YIELD IN LOW LANDS

Author: Jean Pierre Machado

Advisor: Amauri Nelson Beutler

Data: Itaquí, July 04, 2018.

Soil cultivation in the lowlands has been gaining ground in the Western Frontier of Rio Grande do Sul. However, naturally these soils have high density, and consequently problems of surface compaction affecting plant growth. The study evaluated the effect of straw on the soil surface on physical properties, water retention and soybean yield in non-composting systems. The experimental design was completely randomized with seven treatments and four replications. The treatments were: 1) Winter fallow without compaction (PO); 2) Winter fallow + compaction (POC); 3) No-tillage oat planting (PD), with cut of plants at 0.03 m height and total removal of the surface straw at the end of the cycle + compaction (0PC); 4) Seeding of no-tillage oats with cut of plants at 0.03 m height removal of half of the surface straw at the end of the cycle + compaction (0,5PC); 5) No-till oat planting, with cut of plants at 0.03 m height and soil surface spreading at the end of cycle + compaction (1PC); 6) No-till oat planting, with cut of plants at 0.03 m of height and spreading on the soil surface at the end of the cycle + the straw withdrawn from the treatment 3, the treatment 6 being equivalent to twice the amount of straw on the surface of the soil + compaction (2PC); 7) No-till oat planting, with plant cut at 0.03 m height and spreading on the soil surface at the end of cycle and without compaction (1P). In the R5 phenological stage, four samples were taken by insertion between the rows, with cylinders 3 cm high and 5 cm in diameter to evaluate soil density and total porosity, macro and microporosity, and water retention at potentials of -0.06; -0.1; -0.3; -0.6; -1.0 and -1.5 MPa, in the layers of 0.05-0.10 and 0.15-0.20 m depth. The physical properties of the soil were not altered by the different treatments in the depths of 0.05-0.10 and 0.15-0.20 m. The water retention was lower in the POC treatment at potentials -0.3, -1.0 and -1.5 MPa. Soil cover provides higher soybean yield in 1PC, 2PC and 1P treatments.

Keywords: Straw on surface; traffic of machines; *Glycine max*; grain yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: – Precipitação pluviométrica (mm) entre os meses de novembro de 2017 a fevereiro de 2018. Itaqui, RS.....	24
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização química do solo nos anos de 2016 e 2018.....	17
Tabela 2: Resumo da análise de variância (ANOVA) para apuração da significância das propriedades físicas do solo nos sistemas de manejo e camadas, Itaqui – Rio Grande do Sul na safra 2017/2018.....	19
Tabela 3: Propriedades físicas nos tratamentos e nas camadas de 0,05-0,10 e 0,15-0,20 m no estágio R5 da soja em 2018, Itaqui – Rio Grande do Sul, safra 2017/2018.....	20
Tabela 4: Resumo ANOVA das variáveis potenciais de retenção de água em Plintossolo Háplico, Itaqui- Rio Grande do Sul safra 2017/18.....	21
Tabela 5: Médias de retenção de água em diferentes potenciais de um Plintossolo Háplico em terras baixas de Itaqui- Rio Grande do Sul pelo método câmara de Richards.....	22
Tabela 6: Resumo ANOVA para verificar a significância dos sistemas de manejo para variável produtividade de soja.....	23
Tabela 7: Médias de cobertura do solo e produtividade de soja cultivadas em terras baixas de Itaqui- Rio Grande do Sul na safra 2017/18.....	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1 Propriedades físicas.....	20
3.2 Retenção de água no solo.....	21
3.3 Produtividade.....	23
4 CONCLUSÕES	26
5 REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

Nas terras baixas na fronteira oeste do Rio Grande do Sul o cultivo de soja (*Glycine max*) tem sido um grande desafio para o produtor, visto que os solos desta região apresentam características típicas, como baixa infiltração de água e lençol freático pouco profundo.

No entanto, a soja é a alternativa com maior potencial de utilização nos solos da região, para sucessão em áreas de pastagens ou arroz irrigado. Nos anos agrícolas 2015/16 foram cultivados aproximadamente 270 mil hectares de soja somente em terras de arroz irrigado (IRGA, 2016). A intensificação do cultivo de soja em terras baixas no Rio Grande do Sul iniciou na safra 2009/10 e atualmente ocupa cerca de 25% da área de arroz (MARCHESAN, 2016).

O cultivo da leguminosa é promissor, indicando que nos próximos 10 anos a produção nacional chegará a 146,5 milhões de toneladas, significando acréscimo de 28,4% em relação à safra de 2017. A área de soja deve aumentar 9,7 milhões de hectares nesse período, chegando em 2027 a 43,2 milhões de hectares e projeta-se uma área de 44,6 milhões de hectares em 2030 sendo assim a lavoura que mais deve-se expandir na próxima década (BRASIL, 2017).

O cultivo de soja causa a compactação do solo que consiste no processo de diminuição do volume de solos não saturados quando uma determinada pressão é aplicada, normalmente causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, e animais, principalmente em condições de umidade excessiva e em solos de textura argilosa (MUNARETO et al., 2010). Para Stefanoski et al. (2013), o menor revolvimento do solo é a causa da compactação verificada em áreas cultivadas em sistema plantio direto (SPD).

A densidade e porosidade do solo são parâmetros que servem como índice para avaliar a compactação dos solos, e são muito utilizadas na avaliação do estado estrutural dos mesmos. Há indicações de limites críticos de densidade do solo ao crescimento radicular e esses limites são variáveis para tipos de solo e culturas (SANTOS & REIS, 2003).

Bertol et al. (2004) e Sarmiento et al. (2008) constataram que em SPD, há maior densidade na camada superficial decrescendo em profundidade, de maneira inversa à porosidade total. No preparo convencional, há menor densidade do solo e maior porosidade, resultantes da desestabilização do solo na camada superficial, que foram observados em vários estudos (GUBIANI et al., 2014; MARCOLAN & ANGHINONI, 2006; KLEIN & CAMARA, 2007).

A compactação do solo reduz o crescimento radicular através do impedimento mecânico, diminuindo a aeração e tornando menor a taxa de absorção de água e nutrientes,

ocasionando em perdas de produtividade (BEUTLER & CENTURION, 2003). Em resposta à compactação, as plantas produzem mais ácido abscísico nas raízes (MASLE & PASSIOURA 1987; MULHOLLAND et al., 1996) que é enviado para os meristemas na forma de estímulo, limitando a condutância estomática e respiração, reduzindo a eficiência da fotossíntese e o tamanho da planta, restringindo a produtividade (DAVIES et al., 1994; FERRARI et al., 2015).

A compactação do solo é uma das principais causas da degradação de áreas agrícolas no mundo. Além dos efeitos sobre o crescimento vegetal, a compactação causa diminuição da infiltração de água no solo, favorecendo a condição de alagamento temporário, aumentando a enxurrada e favorecendo os processos de erosão do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008).

Silva et al. (2007) relatam que em Latossolos argilosos, a cobertura do solo atenuou os efeitos da compactação, quando comparados ao solo descoberto. Várias espécies forrageiras são utilizadas como cobertura do solo que tem grande importância para o SPD. Além de diminuir a força que as gotas de chuva atingem o solo, a cobertura de solo reduz a erosão por salpicamento e a perda de solo pela enxurrada evitando a lixiviação de nutrientes. No sul do Brasil a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) é a espécie mais utilizada para cobertura de solo durante o inverno, antecedendo a cultura da soja e milho em SPD, devido a sua alta produção de matéria seca, rusticidade, rápido crescimento e fácil implantação.

A utilização do SPD nestas áreas apresenta vantagens como a melhoria da fertilidade do solo, aumento da atividade da microbiota e capacidade de mineralizar os nutrientes da matéria orgânica além de ser beneficiada pela fixação biológica do nitrogênio. Estudos realizados em um Nitossolo de textura argilosa observaram redução da compressibilidade com o incremento de carbono orgânico, embora os mesmos resultados não tenham sido observados para um Argissolo arenoso (BRAIDA et al., 2010).

A manutenção da palha em superfície em SPD é um importante fator que proporciona melhorias na estrutura do solo, aumento da infiltração de água, redução da resistência a penetração e da temperatura superficial, além de aumentar a estabilidade dos agregados (FLOSS, 2000). A palha de cobertura em SPD protege o solo e diminui a perda de água por evaporação.

A hipótese do trabalho é que a palha de cobertura minimize os efeitos da compactação, aumente a disponibilidade de água e aumente a produtividade de soja cultivada em terras baixas.

O objetivo desse estudo foi avaliar a compactação do solo, níveis de palha superficial de aveia e produtividade de soja cultivada em terras baixas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a campo nas coordenadas geográficas 29° 09' 21'' S, 56° 33' 03'' W, safra 2016/17/18, sendo as avaliações realizadas na segunda safra 2017/18, em um Plintossolo Háplico textura média (EMBRAPA, 2013). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo Cfa subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes (WREGGE et al., 2011).

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos da estação meteorológica automática localizado na UNIPAMPA, Campus Itaquí – RS.

Em área de campo nativo, em setembro de 2015, foi feito o preparo do solo, consistindo em escarificação na camada de 0-0,20 m de profundidade e nivelamento da área.

Em março de 2016 e 2018, realizou-se a caracterização química do solo na camada de 0-0,10 m (tabela 1). O teor de MO foi determinado pelo método Walkley-Black, o P extraível pelo método Mehlich-1, e o pH em água na solução solo: água 1:1, conforme descrito por Tedesco et al. (1995).

Tabela 1: Caracterização química do solo nos anos de 2016 e 2018.

Tratamentos	MO	pH _{H₂O}	P	K	Ca	Mg	Al	V
			-----cmol _c dm ⁻³ -----					
2016								
	1,3	5,9	6,0	0,1	3,9	1,6	0,0	73,4
2018								
PO	1,7	5,5	28,0	0,1	3,9	1,7	0,0	61,8
POC	1,1	5,2	34,4	0,2	3,6	1,5	0,1	65,6
OPC	1,2	5,4	30,0	0,1	3,8	1,7	0,1	64,1
0,5PC	1,2	5,5	25,2	0,1	4,1	1,8	0,0	63,0
1PC	1,3	5,4	13,1	0,1	3,8	1,5	0,1	65,9
2PC	1,5	5,6	26,3	0,1	4,1	1,9	0,0	68,2
1P	1,5	5,6	17,3	0,1	4,4	1,9	0,0	71,9

PO – (Pousio no inverno sem compactação); POC – (Pousio no inverno + compactação); OPC – (Aveia preta e retirada da palha superficial + compactação); 0,5PC – (Aveia e retirada da metade da palha + compactação); 1PC – (Aveia + permanência da palha + compactação); 2PC – (Aveia + a palha retirada do tratamento 3 (2 vezes palha) + compactação); 1P – (Aveia + permanência da palha, sem compactação).

Em maio de 2016 e 2017, realizou-se uma aplicação de herbicida para controle de plantas invasoras e foi realizada a semeadura direta da aveia preta no espaçamento de 0,17 m entre linhas e 80 kg ha⁻¹ de sementes. Para adubação de base, foram utilizados 200 kg ha⁻¹ de fertilizante na formulação 5-20-20 (N-P-K) e, o restante do nitrogênio exigido pela cultura foi aplicado em cobertura, consistindo em 100 kg ha⁻¹ de ureia em todos os tratamentos. A recomendação foi conforme o Manual de Adubação e Calagem do Rio Grande do Sul e Santa

Catarina (2016). Nos tratamentos com pousio, aplicou-se herbicida para controle de plantas invasoras.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas com sete tratamentos e quatro repetições constituídas de parcelas de 2,7 x 4,0 m (10,8 m²). Os sete tratamentos foram: 1) Pousio no inverno sem compactação (PO); 2) Pousio no inverno + compactação (POC); 3) Semeadura de aveia preta em plantio direto (PD), com corte das plantas a 0,03 m de altura e retirada total da palha superficial no final do ciclo + compactação (OPC); 4) Semeadura de aveia em PD, com corte das plantas a 0,03 m de altura e retirada da metade da palha superficial no final do ciclo + compactação (0,5PC); 5) Semeadura da aveia em PD, com corte das plantas a 0,03 m de altura e espalhamento na superfície do solo no final do ciclo + compactação (1PC); 6) Semeadura de aveia em PD, com corte das plantas a 0,03 m de altura e espalhamento na superfície do solo no final do ciclo + a palha retirada do tratamento 3, sendo o tratamento 6 equivalente a duas vezes a quantidade de palha na superfície do solo + compactação (2PC); 7) Semeadura de aveia em PD, com corte da planta a 0,03 m de altura e espalhamento na superfície do solo no final do ciclo e sem compactação (1P). A massa seca da parte aérea da aveia no manejo, em novembro, foi de 8 e 7 t ha⁻¹, em 2016 e 2017, respectivamente.

Apenas em novembro de 2016, após o estabelecimento das quantidades de palha de aveia, foi realizada a compactação do solo nos tratamentos 2 a 6, no conteúdo de água próximo a capacidade de campo, com um trator de 11 t com quatro pneus com a mesma largura e calibragem, com uma passada em toda a superfície do solo, sendo que o trator passou lado a lado até perfazer toda a superfície. O número de passadas do trator foi estabelecido considerando o tráfego anual de máquinas sobre a superfície do solo para cultivo das culturas e em função de resultados da literatura, a partir dos quais há redução da produtividade de soja pela compactação do solo no campo como estudos de Beutler et al. (2005) e Valicheski et al. (2012).

As sementes de soja, cultivar BMX Magna RR e NS 6601 IPRO, safra 2016/17 e 2017/18, respectivamente, foram tratadas, inoculadas com *Bradyrhizobium elkanii* e *japonicum* e semeadas no mês de novembro, com semeadora adubadora de plantio direto, no espaçamento de 0,45 m entre linhas e 16 sementes por metro. A adubação foi realizada conforme a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2016), no sentido transversal à compactação. Nas laterais do experimento, foram realizados drenos, considerado a declividade de 0,8% na área.

Em março de 2018, quando as plantas atingiram o estágio fenológico R5, (FEHR & CAVINESS, 1977), foram retiradas quatro amostras, por parcela, nas entrelinhas, com cilindros de 3 cm de altura e 5 cm de diâmetro para avaliar a densidade do solo (Ds) (GROSSMAN e REINSCH, 2002), porosidade total (Pt), macro e microporosidade (FLINT e FLINT, 2002) e retenção de água nos potenciais de -0,06; -0,1; -0,3; -0,6; -1,0; e -1,5 MPa, nas camadas de 0,05-0,10 e 0,15-0,20 m de profundidade. Os cilindros foram colocados em bandeja com 0,02 m de lâmina de água durante 24 h para saturação por capilaridade e depois submetidos aos potenciais em câmaras de pressão de Richards com placa porosa até atingir o equilíbrio. Nesta data também foram avaliadas a matéria seca da aveia remanescente na superfície do solo.

Na colheita, dia 2 de abril de 2018, foi determinada a produtividade de grãos em área de 3 m² por parcela, cuja umidade foi corrigida para 13%.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativa aplicou-se o teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro para comparação das médias utilizando o software de análises estatísticas SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físicas

As propriedades físicas do solo, Ma, Mi, Pt, e Ds não diferiram entre os tratamentos em nenhuma das duas profundidades (tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância (ANOVA) para apuração da significância das propriedades físicas do solo nos sistemas de manejo e camadas Itaqui – Rio Grande do Sul na safra 2017/2018.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Ma	Mi	Pt	Ds
0,05-0,10 cm					
Tratamentos	6	0,00448 ^{ns}	0,00035 ^{ns}	0,00014 ^{ns}	0,00712 ^{ns}
Erro	21	0,0008	0,00031	0,00134	0,00974
CV (%)		26,59	6,31	9,44	5,63
0,15-0,020 cm					
Tratamentos	6	0,00114 ^{ns}	0,00021 ^{ns}	0,00099 ^{ns}	0,01515 ^{ns}
Erro	21	0,00049	0,00032	0,00057	0,011
CV (%)		23,26	6,47	6,46	5,77

* significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo, pelo teste F

⁽¹⁾ Ma: Macroporos; Mi: Microporos; Pt: Porosidade total; Ds: Densidade do solo.

Não foi verificada diferença nas propriedades físicas no pousio comparado ao sistema plantio direto (tabela 3), pois a escarificação foi realizada no ano de 2015 e a avaliação realizada 3 anos depois, período suficiente para o solo se compactar novamente e reduzir os efeitos do preparo convencional na descompactação e aeração do solo. Veiga et al. (2008) elucidaram que o preparo do solo aumenta a porosidade e reduz a densidade da camada superficial, entretanto com o passar do tempo esse efeito tende a diminuir, em razão da reestruturação natural do solo.

Tabela 3. Médias das propriedades físicas nos tratamentos e nas camadas de 0,05-0,10 e 0,15-0,20 m no estádio R5 da soja em 2018 Itaqui – Rio Grande do Sul na safra 2017/2018.

Tratamentos	Densidade	Porosidade total	Microporos	Macroporos
	do solo (g cm^{-3})	($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)
0,05- 0,10 m				
PO	1,68	0,40	0,28	0,12
POC	1,79	0,39	0,26	0,11
0PC	1,80	0,38	0,29	0,09
0,5PC	1,76	0,38	0,28	0,10
1PC	1,76	0,38	0,28	0,10
2PC	1,72	0,39	0,28	0,11
1PC	1,76	0,39	0,28	0,11
0,15-0,20 m				
PO	1,78	0,39	0,27	0,12
POC	1,83	0,38	0,27	0,11
0PC	1,86	0,38	0,27	0,10
0,5PC	1,90	0,37	0,29	0,08
1PC	1,79	0,36	0,27	0,09
2PC	1,82	0,34	0,27	0,07
1PC	1,72	0,37	0,27	0,10

PO – (Pousio no inverno sem compactação); POC – (Pousio no inverno + compactação); 0PC – (Aveia preta e retirada da palha superficial + compactação); 0,5PC – (Aveia e retirada da metade da palha + compactação); 1PC – (Aveia + permanência da palha + compactação); 2PC – (Aveia + a palha retirada do tratamento 3 (2 vezes palha) + compactação); 1P – (Aveia + permanência da palha , sem compactação).

A menor D_s na camada superficial em PO se deve ao fato desse tratamento não ter sido compactado, comparado aos tratamentos com compactação adicional.

Para Argenton et al. (2005) solo de textura argilosa quando a D_s for superior a $1,30 \text{ g cm}^{-3}$, são indicadas práticas de cultivo que favoreçam o crescimento do sistema radicular e reduzam a densidade, principalmente pela introdução de espécies que aportam grande quantidade de materiais orgânicos. Entretanto Reinert et al. (2008) indicam que em solos de textura média, apenas valores de densidade acima de $1,62 \text{ g cm}^{-3}$ são críticos para as culturas. Assim, o solo desse estudo, de textura média, apresenta valores elevados de D_s que pode ter prejudicado o crescimento e produtividade da cultura da soja.

Este trabalho corrobora com Rosim (2012) e Magalhães et al. (2018) onde com diferentes quantidades de palha em superfície, a D_s e P_t não diferiram. Entretanto para Falleiro

et al. (2003) estudando os efeitos do preparo de solo sob as propriedades físicas, evidenciou que em SPD há o aumento da Ds, sem afetar a macro e microporosidade, resultados que em parte corroboram com o presente estudo.

3.2 Retenção de água no solo

Na ANOVA verificou-se diferença de retenção de água apenas para a camada 0,05-0,10 m de profundidade nos potenciais -0,3; -1,0; e -1,5 MPa (Tabela 4). O potencial de -1,5 MPa equivale ao ponto de murcha permanente (PMP) conforme descrito por Taiz & Zeiger (2002), e 0,1 MPa a capacidade de campo (CC).

Tabela 4. Resumo ANOVA das variáveis potenciais de retenção de água em Plintossolo Háplico Itaquí- Rio Grande do Sul, safra 2017/18.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		MPa.....						
		0	0,06	0,1	0,3	0,6	1	1,5
		0,05-0,10cm						
Tratamentos	6	0.000142 ^{ns}	0,000354 ^{ns}	0,000407 ^{ns}	0,000639*	0,000540 ^{ns}	0,000679*	0,000862*
Erro	21	0.001337	0,000313	0,000129	0,000131	0,000167	0,000124	0,000206
CV (%)		9.44	6,31	4,22	4,78	5,91	5,62	8,22

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

A menor média entre os tratamentos para as retenções de água nos potenciais -0,3; -1,0 e -1,5 Mpa foi em POC (Tabela 5). O tratamento POC não foi cultivado com aveia e pode ter a diminuição da quantidade de água retida como efeito da compactação do solo na camada superficial.

Para Oliveira (2013) em estudos sobre os efeitos da compactação, a diminuição do tamanho dos poros que efetivamente transportam água, explica a redução da condutividade hidráulica causando o aumento da Ds. Porém Gubiani et al. (2014) analisando a interação entre compactação e disponibilidade de água para cultivo de feijoeiro, constataram que o aumento de água no solo amenizou os prejuízos da compactação no rendimento de grãos.

No presente estudo a umidade na CC não diferiu entre tratamentos. Entretanto em um experimento com diferentes sistemas de cultivo, Reynolds et al. (2002), não encontrou diferença entre sistemas de manejo para a umidade do solo em CC e PMP, pois segundo o mesmo se deve ao fato de que a umidade do solo em PMP é estabelecida pela quantidade de argila, não sendo afetada pelos diferentes sistemas de cultivo.

Segundo BORTOLUZZI & ELTZ (2000) em experimento com diferentes manejos de palha, relataram que em anos com elevada precipitação pluvial, o manejo da palhada não ocasiona variação no conteúdo de água na camada de 0-10 cm de profundidade. No presente estudo houve déficit hídrico do final de janeiro até metade de março, período que compreende enchimento de grãos, fator que acentua os efeitos da compactação pela falta de água afetando diretamente a produtividade de grãos.

Tabela 5. Médias de retenção de água no solo em diferentes potenciais de um Plintossolo Háplico em terras baixas de Itaquí- Rio Grande do Sul pelo método câmara de Richards.

Tratamentos	0,0	0,06	0,1	0,3	0,6	1	1,5
	-----MPa-----						
0,05-0,10 m							
PO	0,40	0,28	0,28	0,25 a	0,24	0,21 a	0,18 a
POC	0,39	0,26	0,25	0,22 b	0,20	0,17 b	0,15 b
0PC	0,38	0,29	0,28	0,25 a	0,23	0,21 a	0,19 a
0,5PC	0,38	0,28	0,27	0,24 a	0,22	0,20 a	0,19 a
1PC	0,39	0,28	0,27	0,24 a	0,21	0,19 a	0,17 a
2PC	0,40	0,28	0,27	0,25 a	0,22	0,21 a	0,18 a
1P	0,39	0,28	0,27	0,24 a	0,22	0,20 a	0,17 a
CV (%)	9,44	6,31	4,22	4,78	5,91	5,62	8,22
0,15-0,20 m							
PO	0,40	0,27	0,26	0,24	0,21	0,19	0,17
POC	0,38	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
0PC	0,38	0,27	0,27	0,24	0,20	0,19	0,16
0,5PC	0,37	0,29	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18
1PC	0,37	0,27	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17
2PC	0,34	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
1P	0,37	0,27	0,26	0,23	0,20	0,18	0,17
CV (%)	6,39	6,47	5,49	5,42	7,00	8,01	11,23

PO – (Pousio no inverno sem compactação); POC – (Pousio no inverno + compactação); 0PC – (Aveia preta e retirada da palha superficial + compactação); 0,5PC – (Aveia e retirada da metade da palha + compactação); 1PC – (Aveia + permanência da palha + compactação); 2PC – (Aveia + a palha retirada do tratamento 3 (2 vezes palha) + compactação); 1P – (Aveia + permanência da palha , sem compactação).

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

3.3 Produtividade

Houve diferença de produtividade entre os tratamentos (Tabela 6). A produtividade da soja foi maior em 1PC, 2PC e 1P (Tabela 7) indicando um CV abaixo de 10%, considerado de ótima precisão (FERREIRA 2011). Os tratamentos que tiveram maior produtividade apresentavam as maiores quantidades de palha em superfície até o final do ciclo (tabela 7).

Tabela 6- Resumo ANOVA para verificar a significância dos sistemas de manejo para variável produtividade de soja.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
Tratamentos	6	184292,35*
Erro	21	56781,10
CV (%)		7,98

* significativo a 5% de probabilidade

Estes resultados corroboram com estudo de Junior et al. (2017), em Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, que mostram aumento de produtividade nos tratamentos com palha de cobertura quando comparados ao pousio em ano de baixa precipitação.

Tabela 7. Médias de cobertura do solo e produtividade de soja cultivadas em terras baixas de Itaiqui- Rio Grande do Sul na safra 2017/18.

Tratamento	Cobertura do solo ao final do ciclo		Produtividade
	kg ha ⁻¹		
PO	0,00		2976,06 b
POC	0,00		2752,70 b
0PC	0,00		2730,84 b
0,5PC	1092,20		2872,65 b
1PC	1686,60		3233,90 a
2PC	3088,20		3097,24 a
1P	2276,20		3250,85 a
CV (%)			7,98

PO – (Pousio no inverno sem compactação); POC – (Pousio no inverno + compactação); 0PC – (Aveia preta e retirada da palha superficial + compactação); 0,5PC – (Aveia e retirada da metade da palha + compactação); 1PC – (Aveia + permanência da palha + compactação); 2PC – (Aveia + a palha retirada do tratamento 3 (2 vezes palha) + compactação); 1P – (Aveia + permanência da palha, sem compactação).

Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Observa-se que houve aumento de 9% na produtividade comparando isoladamente os tratamentos sem compactação PO e 1P. O efeito positivo da cobertura de solo sobre as características físico químicas do solo tem importância para agregação, estruturação e permeabilidade do solo, favorecendo o sistema radicular para maior exploração do perfil do solo, proporcionando maior absorção de água e nutrientes e tornando as culturas mais produtivas (CHIODEROLI et al., 2011). Entretanto Terra Lopes et al. (2009) estudando quantidades de palha residual de pastejo, relataram que a menor quantidade de palha de aveia preta remanescente sobre o solo tem influência negativa no estabelecimento da cultura da soja, principalmente na emergência de plântulas, porém não influencia na produtividade da soja.

Observando a figura 1 nota-se que houve período de estiagem, iniciando dia 30 de janeiro e perdurando até metade do mês de março, coincidindo na fase de enchimento de grãos,

o que evidencia os benefícios da palha de cobertura e sugere que conforme diminui a água retida no solo, a palha de cobertura exerce função de barreira física reduzindo a evaporação.

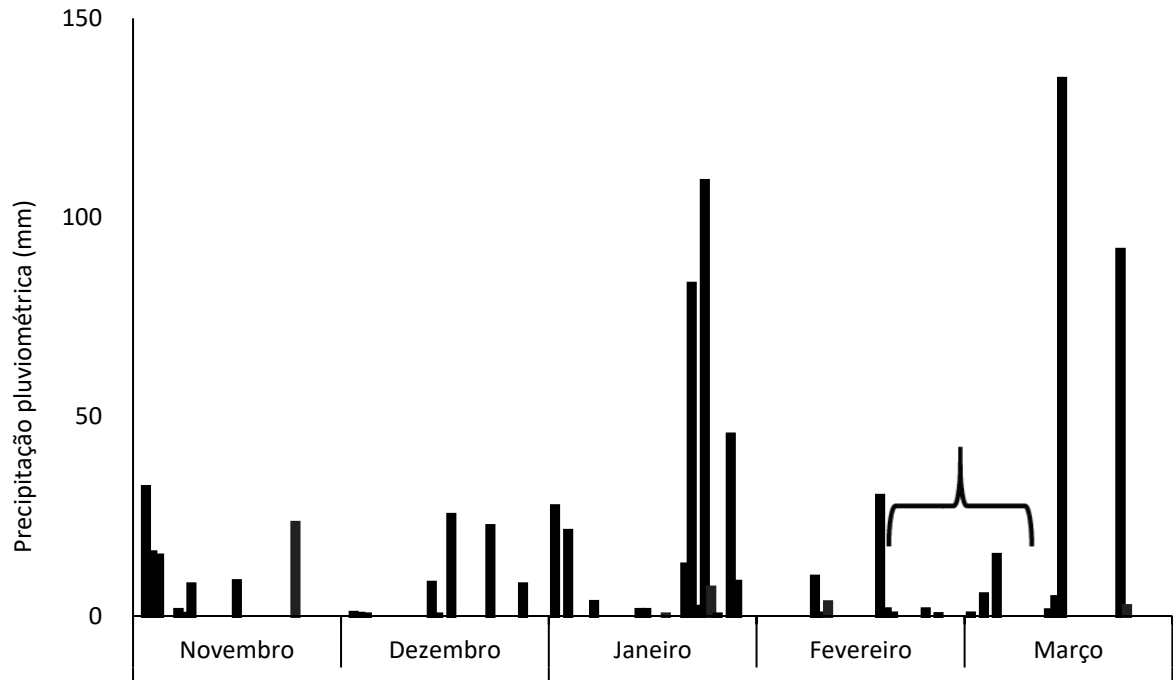


FIGURA 1 – Precipitação pluviométrica em mm entre os meses de novembro de 2017 a abril de 2018. Itaquí, RS.

Além disso, a palha de cobertura reduz a amplitude térmica do solo no sistema plantio direto (Salton & Mielniczuk, 1995; Schnitzler, 2017). Esses autores constataram que o solo coberto com palha de aveia apresenta amplitude térmica 40% menor, nas profundidades de 0,05-0,10 m do solo quando comparado ao descoberto. Esta alteração de temperatura na camada superficial interfere na decomposição da matéria orgânica e na emissão de CO₂, metano e óxido nitroso e reduz a evaporação de água. Resultados semelhantes foram por Sabundjian et al. (2013) e Amaral et al. (2016) os quais relatam que estudos com feijoeiro cultivado sobre diferentes tipos de cobertura de solo, obteve maior produtividade sobre palhada de *Urochloa ruziziensis*.

Bragagnolo & Mielniczuk (1990), Fabrizzi et al. (2005), De Vita et al. (2007) também relatam que a palha exerce ação na redução da evaporação e conseqüentemente condiciona aumento da umidade no solo em plantio direto. Também pode-se destacar o efeito de supressão às plantas daninhas, causado pela barreira física imposta pela palha em cobertura na germinação de plantas daninhas, diminuindo a competição por nutrientes e água.

Os benefícios da cobertura do solo são mais aparentes em anos com baixa precipitação, onde a palha de cobertura tem papel fundamental diminuindo a perda de água do solo para a atmosfera como demonstram estudos de Dalmago et al. (2010) sobre a evaporação da água em diferentes sistemas de cultivo, onde a evaporação da água do solo é maior no solo descoberto, principalmente logo após precipitações pluviais.

A menor produtividade nos tratamentos sem cobertura se deve a evaporação da água na camada superior ser mais rápida, pois é onde há menor disponibilidade de água em relação as camadas mais profundas. Pode-se assim supor que a diminuição do rendimento de grãos em solos compactados seja resultante do déficit hídrico assim como descrito por Beutler e Centurion (2004). A menor produtividade de POC está relacionada a menor quantidade de água disponível em decorrência da ausência de cobertura do solo (Tabela 4).

Quando comparado o sistema de plantio direto com e sem compactação (1PC x 1P), nota-se que os resultados para produtividade não diferem. Esses resultados corroboram com Giarola et al. (2009) o qual em estudo com cultivares de soja compactação e sistemas de cultivo, não encontrou diferenças de produtividade entre o plantio direto com e sem compactação.

Além da maior retenção de água sob tratamentos com palha, há o efeito da disponibilização de nutrientes pela palha da aveia. Segundo Caires et al. (2006) a cobertura de aveia preta aumentou P, Ca e Mg no tecido foliar de milho e N e P em soja. A MO presente no solo permite o desenvolvimento da microbiota do solo, mineralizando os nutrientes retidos, tornando-os disponível para as plantas.

Bertol et al. (2005) estudando as perdas de Ca e Mg no escoamento superficial em diferentes preparos de solo, verificaram que em sistemas conservacionistas de solo são perdidas menores quantidades de Ca e Mg do que em sistema convencional. Falleiro et al. (2003) estudando a influencia dos sistemas de preparo de solo nas propriedades químicas do solo constataram que em SPD há o aumento dos teores de MO, pH e CTC efetiva, além de reduzir o Al na camada superficial do solo.

Além disso outra vantagem observada é a proteção física que a palhada forma contra o impacto da gota de chuva, evitando o processo erosivo do solo, e conseqüentemente a perda de solo pela enxurrada.

5 CONCLUSÕES

As propriedades físicas do solo não se alteraram pelos diferentes tratamentos nas duas camadas

A ausência de cobertura do solo aumenta a evaporação de água no solo.

O cultivo de soja após cultivo de aveia preta no inverno proporcionando cobertura do solo aumenta a produtividade de grãos de soja.

6 REFERÊNCIAS

AMARAL, C.B.; PINTO, C.C.; FLÔRES, J.A. MINGOTTE, F.L.C.; LEMOS, L.B.; FILHO, D.F. Produtividade e qualidade de feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubo com nitrogênio em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, p.1612-1609, 2016.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.425-435, 2005.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.28, p.155-163, 2004.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; GONZÁLEZ, A.P.; AMARAL, A.J.; BRIGNONI, L.F. Soil tillage, water erosion, and calcium, magnesium and organic carbon losses. *Scientia agrícola*, v.62, p.578-584, 2005.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 6.ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.

BEULTER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.581-588, 2004.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p. 849-856, 2003.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P. Soil resistance to penetration and least limiting water range for soybean yield in a Haplustox from Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.48, p.863-871, 2005.

BORTOLUZZI, E. C. & ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja no sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v.24, p.449- 457, 2000.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de cultura e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.91-98, 1990

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade a compactação de um Nitossolo e um Argissolo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.131-139, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Projeções do Agronegócio: BRASIL 2016/17 a 2026/27*, Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília, 2017, 127 p.

CAIRES, E.F.; CORRÊA, J.C.L.; CHURKA, S.; BARTH, G. & GARBUIO, F.J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. *Scientia Agrícola*, v.63, p.502- 509, 2006.

CHIODEROLI, C.A.; MELLO, L.M.M.; GRIGOLLI, P.J.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, J.O.R.; CESARIN, A.L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consorcio milho e braquiária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.37-43, 2012.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS). *Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.

DAVIES, W.J.; TARDIEU, F.; TREJO, C.L. How do chemical signals work in plants that grow in drying soil? *Plant Physiology*, v.104, p.309-314, 1994.

DALMAGO, G.A.; BERGAMASCHI, H.; KRUGER, C.A.M.B.; BERGONCI, J.I.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.780-790, 2010.

DE VITA, P.; DI PAOLO, E.; FECONDO, G.; DI FONZO, N.; PISANTE, M. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil & Tillage Research*, v.92, p.69-78, 2007

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FABRIZZI, K.P.; GARCÍA, F.O.; COSTA, J.L.; PICONE, L.I. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. *Soil & Tillage Research*, v.81, p.57-69, 2005.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influências dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.1097-1104, 2003.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames: Iowa State University, 1977, p.12. (Special Report, 80).

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. *Revista Nativa*, v.3, p.67-77, 2015.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v.35, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, P.V. *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. Maceió: EDUFAL, 1991. 440p.

FLINT, L.E.; FLINT, A.L. Porosity. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C. *Methods of soil analysis: Physical methods*. Madison, Soil Science Society America, 2002. Part. 4, p. 241-254.

FLOSS, E.L. Cobertura de inverno visando alto rendimento de culturas de verão. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO, 2., 2000, Ijuí. Resumos. Passo Fundo, 2000, p.29-43

GIAROLA, N.F.B.; BRACHTVOGEL, E.L.; FONTANIVA, S.; PEREIRA, R.A.; FIOREZA, S.L. Cultivares de soja sob plantio direto em Latossolo Vermelho compactado. *Acta Scientiarum*, v.31, p.641-646, 2009.

GROSSMAN, R.B.; REINSCH, T.G. The solid phase, bulk density and linear extensibility. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C. *Methods of soil analysis: Physical methods*. Madison, Soil Science Society America, 2002. Part. 4. p. 201-228.

GUBIANI, P.I., REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Interaction between Water Availability and Soil Compaction on Common Bean Growth and Yield. *Brazilian Journal of Soil Science*, v.38, p.765-733, 2014.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. Soja em Rotação com Arroz. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/4215/safra>, acesso em 4 de março de 2018.

JUNIOR, A.A.B.; SANTOS, J.C.F.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A.H. Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.52, p.592-598, 2017.

KLEIN, V.A.; CAMARA, R.K. Soybean Grain Yield and Least Limiting Water Range in an Oxisol under Chiseled no-tillage. *Brazilian Journal of Soil Science*, v.31, p.221-227, 2007.

MAGALHÃES, W.A.; FREDDI, O.S.; LANGE, A.; WRUCK, F.J.; SILVA, W.M.; SOARES, M.B. Physical-hydraulic soil attributes in an integrated production system with different "paricá" forest component arrangements. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.53, p.351-360, 2018.

MARCHESAN, E. Desenvolvimento de tecnologias para cultivo de soja em terras baixas. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, v.2, p. 4-19, 2016.

MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I. Physical Attributes of an Ultisol and Crop Yield as Affected by Soil Mobilization in No-Tillage System. *Brazilian Journal of Soil Science*, v.30, p.163-170, 2006.

MASLE, A.; PASSIOURA, J.B. Effect of soil strength on the growth of young wheat plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.14, p.643-656, 1987.

MULHOLLAND, B.J.; BLACK, C.R.; TAYLOR, I.B.; ROBERTS, J.A.; LENTON, J.R. Effect of soil compaction on barley (*Hordeum vulgare* L.) growth. I. Possible role for ABA as a root-sourced chemical signal. *Journal of Experimental Botany*, v.47, p.539-549, 1996

MUNARETO, J.D. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado por inundação no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.1499-1506, 2010.

OLIVEIRA, P.R.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; ROSETTI, K.V.; FERRAUDO, A.S.; FRANCO, H.B.J.; PEREIRA, F.S.; JUNIOR, L.S.B. Qualidade estrutural de um latossolo vermelho submetido à compactação. *Revista Brasileira de Ciências do solo*. v.37, p.604-612, 2013.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1805-1816, 2008.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. *Geoderma*, v.110, p.131-146, 2002.

ROSIM, D.C.; DE MARIA, I.C.; E SILVA, R.L.; DA SILVA, A.P. Compactação de um Latossolo Vermelho Distroférrico com diferentes quantidades e manejos de palha em superfície. *Bragantia*, v.71, p.502-508, 2012.

SABUNDJIAN, M.T.; ARF, O.; KANEKO, F.H.; FERREIRA, J.P. Adubação nitrogenada em feijoeiro em sucessão a cultivo solteiro e consorciado de milho e *Urochloa ruziziensis*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.43, p.292-299, 2013

SALTON, J.C.; MIELNICKZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho escuro de Eldorado do Sul (RS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, p.313-319, 1995.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Rotação de culturas em plantio direto. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 212 p.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; CRUZ, M.C.P.; LUCÃO, S.M.B.; CAMPOS, F.P.; CENTURION, J.F.; FERREIRA, M.E. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv.IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.183-193, 2008.

SCHMIDT, M.W.I.; TORN, M.S.; ABIVEN, S.; DITTMAR, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSENS, I.A.; KLEBER, M.; KNABNER, I.K.; LEHMANN, J.; MANNING, D.A.C.; NANNIPIERI, P.; RASSE, D.P.; WEINER, S.; TRUMBORE, S.E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, v.478, p.49-56, 2011.

SCHNITZLER, F. Desempenho da cultura da soja sob diferentes plantas de cobertura do solo. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2017.

SILVA, A.R.; DIAS JUNIOR, M. de S.; LEITE, F.P. Camada de resíduos florestais e pressão de preconsolidação de dois latossolos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.89-93, 2007.

SOANE, B.D. Process of soil compaction under vehicular traffic and means of alleviating it. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A.; CUMMINGS, R.W. Land clearing and development in the tropics. Rotterdam: Balkema Publisher, 1986. p.265-297. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.16, p.179-201, 1990.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G. S.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.1301-309, 2013.

TAIZ, L., ZEIGER, E. *Plant Physiology*. 3rd ed. California: Sinauer Associates, Inc., (1998), 2002, p.69-70.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

TERRA LOPES, M. L.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D.T.; AGUINAGA, A.A.Q.; FLORES, J.P.C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. *Ciência Rural*, v.39, p.1499-1506, 2009.

VALICHESKI, R.R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S.L.L.; TRAMONTIN, A.L.; BAADE, E.S.A.S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.969-977, 2012.

VEIGA, M.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & KAISER, D.R. Short and long term effects of tillage systems and nutrient sources on soil physical properties of a southern Brazilian Hapludox. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1437-1446, 2008.

WREGGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER-JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I.R. Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Embrapa Florestas, 2011. 211 p.