

PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO E SEUS EFEITOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO

Neuro Hilton Wolschick^{1*}, Fabrício Tondello Barbosa², Ildegardis Bertol³,
Kristiana Fiorentin dos Santos⁴, Luran Monteiro Muzeka⁵

SAP 19245 Data envio: 04/04/2018 Data do aceite: 14/08/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 3, jul./set., p. 272-281, 2018

RESUMO - A cobertura vegetal sobre o solo é de fundamental importância para manutenção da capacidade produtiva das terras. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a produção de biomassa de plantas de cobertura e seus reflexos nos atributos de rendimento de milho e soja, em experimento conduzido a campo entre abril de 2013 e maio de 2014, em um Cambissolo Húmico no Planalto Sul de Santa Catarina. Testaram-se os cultivos de aveia-preta; nabo forrageiro; ervilhaca comum; consórcio das três espécies; e pousio com vegetação espontânea. Na época de plena floração foram coletadas plantas para determinação da produção de biomassa de parte aérea e raízes. Em uma segunda etapa, semearam-se o milho e soja nos devidos tratamentos, para avaliar os atributos de rendimento. A aveia preta, ervilhaca comum e o consórcio de espécies proporcionaram alta produção de biomassa vegetal, proporcionando maior rendimento de grãos no milho em sucessão, no entanto, pouca influência nos atributos físicos do solo. A adubação química, no entanto, resultou em maiores rendimentos e peso de mil grãos de milho do que o cultivo sem adubação em sucessão às plantas de cobertura. E maneira geral a soja não foi influenciada pelo uso de plantas de cobertura.

Palavras-chave: *Zea mays* L., *Glycine max* (L.) Merr., espécies de cobertura, rendimento.

SOIL COVERAGE PLANTS AND THEIR EFFECTS ON MAIZE AND SOYBEAN PRODUCTIVITY

ABSTRACT - The vegetal cover on the soil is of fundamental importance for the maintenance of the productive capacity of the soil. In view of the above, the objective of this study was to evaluate the biomass production of cover crops and their effects on yield attributes of corn and soybean, in an experiment conducted in the field between April 2013 and May 2014, in a Cambisol Humic at the Southern Plateau of Santa Catarina. Black oat cultures were tested; turnip; common vetch; consortium of the three species; and fallow with spontaneous vegetation. At the flowering time, plants were collected to determine the biomass production of aerial and roots. In a succession, corn and soybean were sown in the appropriate treatments, to evaluate yield attributes. Black oats, common vetches and the consortium of species provided a high yield of plant biomass, providing higher corn grain yield in succession, however, with little influence on soil physical attributes. The chemical fertilization, however, resulted in higher yields and weight of a thousand grain of corn than the crop without fertilization in succession to the hedge plants. In general soybean was not influenced by the use of cover plants.

Keywords: *Zea mays* L., *Glycine max* (L.) Merr., cover species, yield.

INTRODUÇÃO

Na região sul do Brasil a aveia é uma gramínea (Poaceae) muito cultivada no inverno para esse fim, antecedendo principalmente o milho e a soja (SILVA et al., 2008). Dentre os motivos para a escolha desta espécie, destacam-se o alto rendimento de biomassa, facilidade de aquisição de sementes e semeadura, rusticidade, adaptação as diversas condições de manejo, rapidez na formação de cobertura e decomposição lenta dos resíduos (SILVA et al., 2006).

As leguminosas (Fabaceae) são importantes alternativas como plantas de cobertura, consideradas essenciais em um plano de rotação de culturas e, com isso, viabilizar a semeadura direta (SD). Dentre os motivos, destaca-se o aumento dos teores de N na camada superficial do solo (ALCÂNTARA et al., 2000) e contribuição para recuperação dos estoques de C do solo (ANDRADE et al., 2012). Em função da capacidade dessas espécies em fixar N atmosférico por associação com bactérias específicas (WERNER, 2005), são utilizadas

¹Dr. em Ciência do Solo, Professor substituto, Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Avançado Abelardo Luz, Estrada Geral, Assentamento Geral, s/n, Santa Catarina, Brasil. E-mail: neuro.wolschick@ifc.edu.br. *Autor para correspondência.

²Dr. em Ciência do Solo, professor adjunto, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Praça Santos Andrade, n. 1, Centro, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: fabricao.barbosa@udesc.br.

³Dr. em Ciência do Solo, professor Associado, Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC), Av. Luiz de Camões, n. 2090, Bairro Conta Dinheiro, Lages, Santa Catarina, Brasil. E-mail: ildegardis.bertol@udesc.br

⁴Dr.^a Em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, 1000, Prédio 7, Camobi, RS, 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: kristianafiorentin@gmail.com.

⁵Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC), Av. Luiz de Camões, n. 2090, Bairro Conta Dinheiro, Lages, Santa Catarina, Brasil.

antecedendo o cultivo de não leguminosas, como o milho, exigente no suprimento desse elemento pelo solo.

O consórcio de espécies de plantas pode proporcionar cobertura de solo mais próxima do ideal para a SD e aumentar a eficiência na ciclagem de nutrientes, principalmente de N, com benefícios no rendimento de grãos da cultura em sucessão. Silva et al. (2011), avaliando diferentes plantas de cobertura, concluíram que o consórcio entre aveia preta, ervilhaca e nabo forrageiro proporcionou elevada produção de massa seca de parte aérea e grande persistência dos resíduos vegetais sobre o solo após o manejo das culturas. Aita e Giacomini (2003) observaram que o consórcio de aveia e ervilhaca reduziu a velocidade de decomposição dos resíduos culturais em relação à ervilhaca solteira, sem prejudicar a taxa de liberação de N pela decomposição.

A diminuição da capacidade produtiva das terras pode estar associada à degradação das propriedades físicas do solo. A SD, em virtude do mínimo revolvimento do solo, preserva os agregados da fragmentação mecânica dos implementos, mantém os resíduos vegetais na superfície e reduz a erosão hídrica (BERTOL et al., 2014).

Wolschick et al. (2016) ressaltam que a introdução de espécies de plantas de cobertura nos sistemas de cultivo é importante para a recuperação ou manutenção da qualidade estrutural do solo, pelo maior aporte de biomassa vegetal. Sendo assim, sua utilização é uma das principais alternativas para recuperação física do solo, pois atuam na proteção dos agregados superficiais e incrementam matéria orgânica no solo, o que promove a estabilização dos agregados (CALONEGO; ROSOLEM, 2008) e reduz a suscetibilidade do solo à compactação (NICOLOSO et al., 2008).

O uso de plantas de cobertura do solo se faz oportuno em razão da necessidade de produção e aporte de biomassa vegetal em áreas de SD. Entretanto, existe carência de informações sobre o desenvolvimento dessas espécies, especialmente na região do presente estudo, onde o clima diferencia-se das demais regiões do sul do Brasil. Isto motivou e justificou o desenvolvimento desse trabalho como forma de auxiliar na escolha das espécies a serem utilizadas como plantas de cobertura na região, antecessoras aos cultivos comerciais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre junho de 2013 e maio de 2014, em campo experimental pertencente ao Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages (SC), sob coordenadas geográficas de 27°47'13" S e 50°18'25" W. O clima segundo Köppen, é classificado como *Cfb* subtropical mesotérmico, com temperatura média de 14,3°C e altitude de 925 m. O solo é um Cambissolo Húmico aluminoso léptico (EMBRAPA, 2013), com granulometria na camada de 0-20 cm de 421, 446 e 133 g kg⁻¹ de argila, silte e areia (GUADAGNIN, 2003), respectivamente.

Os tratamentos foram formados por diferentes plantas de cobertura do solo, sendo T1: pousio

(testemunha), na qual avaliou-se a vegetação espontânea com predomínio das espécies *Lolium multiflorum*, *Sonchus oleraceus* L. e *Trifolium repens*; T2: aveia preta (*Avena strigosa*); T3: nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); T4: ervilhaca comum (*Vicia sativa*); e T5: consórcio de aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca comum. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, composto por dois blocos e quatro repetições de tratamento, sendo duas por bloco, totalizando 20 unidades experimentais de 30 m² cada (10 m de comprimento x 3 m de largura).

As culturas foram semeadas em julho de 2013, com densidade de sementes de 80 kg ha⁻¹ para aveia e ervilhaca e 25 kg ha⁻¹ para o nabo forrageiro. No consórcio utilizou-se proporção de sementes de aveia, ervilhaca e nabo forrageiro de 30, 40 e 10 kg ha⁻¹, respectivamente. A semeadura ocorreu sem prévio revolvimento do solo na área, a qual vinha sendo conduzida por 10 anos sob semeadura direta. Foi utilizada semeadora de parcelas experimentais com linhas espaçadas em 22 cm. Nos tratamentos, com exceção do pousio, foram aplicados 62 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e nos cultivos de aveia e nabo forrageiro aplicaram-se 20 kg ha⁻¹ de N no momento da semeadura e 41 kg ha⁻¹ após 50 dias. A adubação utilizada seguiu recomendações de CQFS-RS/SC (2004). Nos tratamentos com ervilhaca (T4 e T5) não ocorreu aplicação de N pelo fato da cultura fixar biologicamente N atmosférico. No pousio não se realizou adubação alguma, pelo fato de ser o tratamento testemunha.

No momento em que as culturas atingiram o pleno florescimento, efetuaram-se as coletas da parte aérea para quantificar a produção de biomassa vegetal. Considerando o número de dias após a semeadura (DAS), elas ocorreram aos 90, 97, 110, 116 e 130 DAS respectivamente para nabo, pousio, aveia, consórcio e ervilhaca. Foram coletados em três locais por parcela um quadro de 60 x 60 cm, contemplando em cada ponto amostrado três fileiras da cultura, perfazendo um total de 1,08 m². Precedeu-se o corte rente ao solo de todo o material vegetal, posteriormente efetuou-se a pesagem para quantificação da massa fresca, após, o material foi levado à estufa com circulação de ar a temperatura de 65°C até peso constante.

Nos mesmos locais de amostragem da parte aérea, procedeu-se a coleta de raízes para quantificação da massa seca pelo método descrito em Volk e Cogo (2008). Com auxílio de um trado de formato cilíndrico com 5,5 cm de diâmetro, amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, sendo uma subamostra na linha e duas na entrelinha das plantas, em cada local, totalizando nove subamostras por parcela. Após, procedeu-se separação manual de solo das raízes maiores e mais grossas com utilização de uma peneira com abertura de malha de 5 mm. O solo contendo raízes menores e mais finas foram submetidas por 30 min. a uma solução de água e NaOH 1N na proporção 10:1, para dispersão da argila e separação dessas raízes. Em seguida, o sobrenadante contendo as raízes foi lavado e tamisado em peneira com malha de 0,5 mm. As raízes foram secas em estufa a 65°C até peso constante.

Em seguida, amostras de solo com estrutura não deformada foram coletadas em anéis volumétricos de 133,9 cm³, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para determinação da densidade e porosidade do solo (EMBRAPA, 1997); ainda, amostras com estrutura deformada foram coletadas para determinação da estabilidade dos agregados em água (KEMPER; CHEPIL, 1965). Em outra parte das amostras deformadas (terra fina seca ao ar), determinou-se os teores de P, Ca e Mg extraíveis, K e Al trocáveis e pH em água (TEDESCO et al., 1995).

Após o cultivo das plantas de cobertura, em novembro de 2013, as parcelas foram divididas ao meio em relação ao seu comprimento, de modo que em uma das metades semeou-se milho variedade Codetec 308 híbrido duplo, na densidade de 70 mil sementes ha⁻¹, e na outra metade, soja variedade Brasmax Força RR, densidade de 280 sementes ha⁻¹. O espaçamento entre linhas foi de 45 cm. Foi realizada adubação mineral somente na metade das parcelas do tratamento pousio, com intuito de avaliar a produtividade de milho e soja em função da fertilização para altos rendimentos (CQFS-RS/SC, 2004). Para o milho foram aplicados 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 110 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 115 kg ha⁻¹ em cobertura, enquanto na soja foram aplicados 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 98 kg ha⁻¹ de K₂O e 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura. Nos demais tratamentos não foi realizada adubação química.

A colheita foi realizada no momento em que as culturas estavam no período de maturação fisiológica, descartando-se as fileiras de bordadura e colhendo-se os três metros centrais das três fileiras centrais de cada parcela, perfazendo um total de nove metros lineares por

parcela (4,05 m²). Nas parcelas do tratamento pousio com aplicação de adubo foram colhidos 2,7 m² por parcela e naquelas sem adubo 1,35 m².

No milho o material foi cortado rente ao solo, seco em estufa a 65°C e pesado para determinação da biomassa seca de parte aérea, incluindo a palha e os grãos. Em seguida as espigas foram debulhadas manualmente para avaliação do rendimento e do peso de mil grãos. Na soja todo o material coletado foi seco em estufa a 65°C, sendo trilhado manualmente e avaliado o rendimento e peso de mil grãos. A umidade dos grãos foi padronizada para 12%.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos, quando diferiram, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa ASSISTAT (Silva et al., 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantas de cobertura do solo

O alto rendimento de biomassa vegetal da aveia preta que fundamenta sua ampla utilização no sul do Brasil foi confirmado na presente pesquisa, com produção de biomassa seca da parte aérea (BS) de 9,9 mg ha⁻¹. Da mesma forma, o consórcio e a ervilhaca apresentaram elevado potencial de produção, sendo respectivamente 9,7 e 9,1 mg ha⁻¹. A biomassa fresca (BMF) foi superior na aveia e no consórcio do que nos demais tratamentos, com produção de 45,5 e 53,3 mg ha⁻¹, respectivamente. O pousio apresentou os menores valores de BMS e BMF, diferindo dos demais tratamentos, enquanto o nabo forrageiro teve produção intermediária (Figura 1).

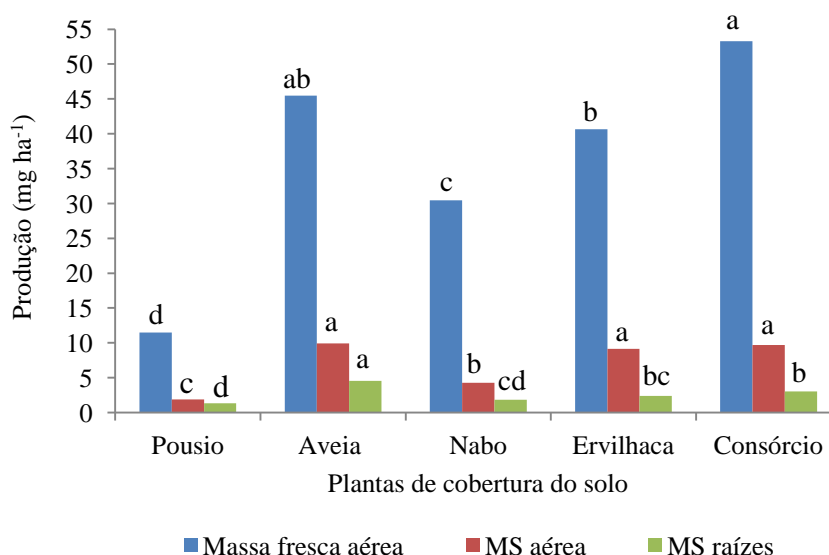


FIGURA 1 - Produção de biomassa verde, biomassa seca da parte aérea e biomassa seca de raízes das plantas de cobertura do solo nos distintos tratamentos, em Cambissolo Húmico. *Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada variável analisada, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Lazaro et al. (2013) avaliando a MS de plantas de cobertura solteiras e consorciadas em Latossolo no estado do Paraná verificaram rendimentos abaixo do observado

na presente pesquisa. Doneda et al. (2012) em um Latossolo no Rio Grande do Sul constaram comportamento similar ao estudo anterior, com exceção do

nabo forrageiro que teve uma maior produção, de $8,3 \text{ mg ha}^{-1}$. Souza et al. (2017) trabalhando com o mesmo solo do presente trabalho, encontraram valores distintos em função da fertilidade do solo, mostrando que as culturas respondem em produção de MS, em condições adequadas de fertilidade. As diferenças observadas nesse experimento em comparação a outros trabalhos podem ser explicadas pelo fato de ter sido realizada adubação química para expressar a máxima capacidade de rendimento das culturas. Além disso, as variações de desempenho das espécies decorrem de diferenças nas condições edafoclimáticas, como tipo de solo e clima, as quais são peculiares para cada região e podem favorecer ou prejudicar determinada espécie, demonstrando a necessidade de pesquisas locais.

A produção de biomassa seca de raízes (BSR) foi maior na aveia preta que nos demais tratamentos, com $4,5 \text{ mg ha}^{-1}$, seguida pelo consórcio e ervilhaca que produziram respectivamente $3,0$ e $2,4 \text{ mg ha}^{-1}$. O pousio teve o menor rendimento ($1,4 \text{ mg ha}^{-1}$) e não diferiu significativamente do nabo forrageiro, com BSR de

$1,9 \text{ mg ha}^{-1}$ (Figura 1). Embora o nabo tenha resultado em menor BSR, destaca-se a importância da sua utilização como planta de cobertura, pelo efeito das raízes no solo.

Essa espécie é eficiente em aumentar a macroporosidade do solo, reduzir a resistência à penetração de raízes e melhorar a infiltração de água no solo (NICOLOSO et al., 2008). Enquanto a aveia produz maior BSR e suas raízes finas são importantes na agregação do solo, o nabo cria poros de maior diâmetro. A ervilhaca contribuiu para a fertilidade do solo. O consórcio, mesmo com menor BSR que a aveia, contempla as características diferenciadas das três espécies.

Ao relacionar os valores de BS em função da BSR, utilizando os dados de tratamentos e repetições, obteve-se correlação positiva do tipo sigmoide, com ajuste significativo ($p < 0,023$). O coeficiente de determinação indica que 66% da variação da massa de parte aérea é explicada pelas raízes no solo (Figura 2). Também é possível observar que as maiores taxas de acúmulo de BSR ocorrem até aproximadamente $3,0 \text{ mg ha}^{-1}$ de BSR.

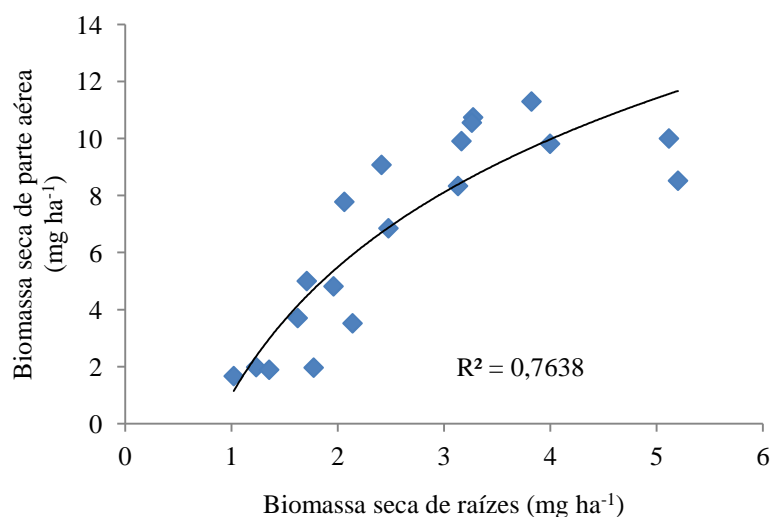


FIGURA 2 - Relação entre produção de biomassa seca de raízes e parte aérea de plantas de cobertura do solo, em Cambissolo Húmico.

Atributos do solo

A densidade do solo (D_s) variou entre $1,26$ e $1,39 \text{ kg dm}^{-3}$ e as diferenças entre tratamentos ocorreram até 10 cm de profundidade (Tabela 1). O consórcio e a ervilhaca resultaram respectivamente em maior e menor D_s , enquanto os demais tratamentos apresentaram valores intermediários. Uma baixa D_s no pousio pode ser explicada pela ausência de trânsito de máquinas para este tratamento, pelo fato de ter sido avaliada somente a vegetação espontânea (ANDRADE et al., 2010).

Nos demais tratamentos, a pressão exercida no solo pelo maquinário durante a operação de semeadura favoreceu a compactação do solo, a qual ocorreu no período de inverno quando a umidade do solo é mais elevada (DALLA ROSA et al., 2013). No geral, a D_s

variou 9% entre os tratamentos, e apesar da diferença estatística observada entre eles, esta variável foi pouco influenciada pelas espécies de plantas de cobertura do solo.

A porosidade total do solo (P_t) variou de 46 a 53%, sendo que o pousio apresentou maiores valores absolutos (Tabela 1). Na camada de $0-5 \text{ cm}$ este tratamento foi superior à ervilhaca e ao consórcio, enquanto na camada de $5-10 \text{ cm}$ apenas à ervilhaca. A macroporosidade (M_a) foi influenciada pelos tratamentos apenas na camada de $0-5 \text{ cm}$, onde o pousio teve o maior valor, não diferiu do nabo e aveia, mas foi superior ao consórcio e à ervilhaca, que apresentaram valores de 8 e 9%, respectivamente. De acordo com Reynolds et al. (2002), valores de M_a indicam problemas de infiltração de água e

circulação de oxigênio no solo, já que são menores que 10%. Salienta-se que no pousio não houve tráfego de máquinas.

Conforme Valichski et al. (2012), os níveis de tráfego alteram as propriedades do solo nas camadas superficiais como densidade, porosidade e resistência à penetração. Considerando os tratamentos onde houve tráfego de máquinas, as espécies de aveia e nabo se destacaram com os maiores valores absolutos de Pt e Ma.

A microporosidade (Mi) teve pequena variação entre tratamentos e diferiu na camada de 5-10 cm, onde o

consórcio apresentou o maior valor (41%) e a ervilhaca o menor (37%). Nas demais camadas não houve efeito significativo (Tabela 1). Para diâmetro médio geométrico dos agregados (DMGA), houve diferenças na camada de 0-5 cm. Nesta, a ervilhaca apresentou menor valor em relação à aveia e ao consórcio, com o nabo e o pousio apresentando valores intermediários. Na média geral dos tratamentos, os resultados foram semelhantes aos observados por Souza et al. (2017), no mesmo solo para o sistema de semeadura direta com rotação de culturas.

TABELA 1 - Determinações físicas do solo relacionadas a densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), diâmetro médio geométrico dos agregados (DMGA) e químicas dos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), fósforo (P), potássio (K) e pH do solo nas diferentes camadas de solo, em Cambissolo Húmico.

| Tratamentos | Ds | Pt | Ma | Mi | DMGA | Ca | Mg | Al | P | K | pH |
|--------------------------------|---------------------|---------------|---------------|------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|-------------|-------|--------|---------|
| | kg dm ⁻³ | ----- % ----- | ----- % ----- | ----- (mm) ----- | ----- cmol _c kg ⁻¹ ----- | ----- mg kg ⁻¹ ----- | ----- mg kg ⁻¹ ----- | ----- (1:1) | | | |
| ----- Camada de 0-5 cm ----- | | | | | | | | | | | |
| Pousio | 1,29 bc* | 53 a | 15 a | 37 | 5,48 ab | 6,39 | 2,24 ab | 0,22 | 3,21 | 227,0 | 6,05 ab |
| Aveia | 1,34 abc | 50 ab | 11 ab | 38 | 5,60 a | 7,88 | 2,45 a | 0,19 | 3,37 | 186,2 | 6,20 a |
| Nabo | 1,36 ab | 51 ab | 12 ab | 39 | 5,42 ab | 6,63 | 2,40 a | 0,23 | 3,73 | 208,1 | 6,08 ab |
| Ervilhaca | 1,27 c | 46 c | 9 b | 37 | 5,25 b | 6,33 | 2,04 b | 0,19 | 4,42 | 214,3 | 5,70 b |
| Consórcio | 1,39 a | 48 bc | 8 b | 39 | 5,56 a | 7,39 | 2,46 a | 0,22 | 3,48 | 251,5 | 6,20 a |
| CV (%) | 2,80 | 3,80 | 19,10 | 3,20 | 2,20 | 13,70 | 6,40 | 13,90 | 19,40 | 18,30 | 2,90 |
| ----- Camada de 5-10 cm ----- | | | | | | | | | | | |
| Pousio | 1,30 ab | 52 a | 13 | 38 bc | 5,30 | 5,66 | 1,73 | 0,88 | 3,00 | 201,8 | 5,70 |
| Aveia | 1,34 ab | 49 ab | 12 | 37 bc | 5,56 | 5,76 | 1,68 | 0,71 | 2,06 | 119,5 | 5,65 |
| Nabo | 1,33 ab | 51 ab | 11 | 40 ab | 5,26 | 5,16 | 1,65 | 0,72 | 1,84 | 142,5 | 5,55 |
| Ervilhaca | 1,26 b | 48 b | 11 | 37 c | 5,20 | 5,48 | 1,84 | 0,61 | 2,67 | 170,6 | 5,63 |
| Consórcio | 1,38 a | 50 ab | 9 | 41 a | 5,31 | 5,58 | 1,91 | 0,78 | 2,37 | 137,5 | 5,90 |
| CV (%) | 3,80 | 3,10 | 18,80 | 3,40 | 4,10 | 17,40 | 13,40 | 36,90 | 12,30 | 25,40 | 3,20 |
| ----- Camada de 10-20 cm ----- | | | | | | | | | | | |
| Médias | 1,31 | 50 | 11 | 39 | 5,11 | 4,43 | 1,43 | 1,64 | 2,05 | 106,53 | 5,31 |
| CV (%) | 4,40 | 3,90 | 24,80 | 4,10 | 3,90 | 14,50 | 10,30 | 15,80 | 19,80 | 9,60 | 2,10 |

*Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada camada de solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Na camada de 10-20 cm não houve diferença estatística em nenhuma das determinações analisadas, por análise de variância a 5% de probabilidade de erro.

De maneira geral, os atributos físicos estudados nesse solo foram pouco influenciados pelas plantas de cobertura, provavelmente pelo curto período de avaliação. Em estudo realizado por Pessotto et al. (2016), os autores relatam comportamento semelhante. Os atributos físicos do solo, de maneira geral, são mais influenciados pelo tipo de preparo do solo do que pela espécie de planta usada para cobertura, especialmente em curto espaço de tempo (BERTOL et al., 2004) e também pela intensidade do tráfego de máquinas (VALICHESKI et al., 2012).

As plantas de cobertura pouco influenciaram os atributos químicos do solo, com efeito de tratamento verificado para Mg e pH do solo na camada de 0-5 cm (Tabela 1). A ervilhaca apresentou menor teor de Mg (2,04 cmol_c kg⁻¹), diferindo do consórcio, aveia e nabo,

com valor médio de 2,44 cmol_c kg⁻¹. O pH variou de 5,7 (ervilhaca) a 6,2 unidades (aveia e consórcio) e o menor valor na ervilhaca pode ser atribuído ao potencial de acidificação do solo durante o cultivo de leguminosas, pela liberação de prótons de H no solo (YAN et al., 1996). Os teores de Ca não diferiram entre tratamentos e diminuíram em profundidade, variando de 4,43 a 7,88 cmol_c kg⁻¹. Segundo CQFS-RS/SC (2004), teores de Ca e Mg acima de 4 e 1 cmol_c kg⁻¹, respectivamente, como os observados na pesquisa, são considerados altos. Estes valores são maiores que os encontrados por Andrade et al. (2012) para o mesmo solo. A relação entre Ca e Mg foi de 3:1 na média das camadas e segundo Salvador et al. (2011) esta relação é mais adequada para o balanço nutricional das plantas.

Considerando a camada de 0-10 cm, o teor médio de K foi 185,9 mg kg⁻¹, considerado muito alto para este solo (>180 mg kg⁻¹ de K para CTC_{pH 7,0} > 15 cmol_c kg⁻¹), enquanto o teor médio de P foi de 3,0 mg kg⁻¹, valor muito baixo para solos com 410 a 600 g kg⁻¹ de argila (CQFS-RS/SC, 2004). Em semeadura direta onde não há revolvimento do solo, observa-se maior concentração de K e P na camada mais superficial do solo (ALMEIDA et al., 2005), o que foi constatado na presente pesquisa.

Rendimentos de milho e soja

O rendimento de grãos (RG) de milho em sucessão às plantas de cobertura foi maior nos tratamentos

consórcio e ervilhaca, com 5,87 e 5,46 mg ha⁻¹ respectivamente, o que correspondeu a 67 e 62% do obtido nas parcelas com adubação química (8,75 mg ha⁻¹). Os demais tratamentos apresentaram valores inferiores, sendo 2,73, 2,95 e 3,01 mg ha⁻¹ respectivamente para nabo forrageiro, aveia preta e pousio sem adubação (Tabela 2). Silva et al. (2007) obtiveram RG de milho de 8,2 e 7,2 mg ha⁻¹ após ervilhaca e consórcio, respectivamente, e tais valores corresponderam a 64 e 56% do rendimento obtido em sucessão ao pousio com aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N.

TABELA 2 - Produção de biomassa seca da planta inteira de milho (considerando palha e grãos), rendimento de grãos (RG) e peso de mil grãos (P₁₀₀₀) de milho e soja em sucessão aos tratamentos com plantas de cobertura do solo, em Cambissolo Húmico.

| Tratamentos | Biomassa seca da planta inteira | | RG | | P ₁₀₀₀ |
|------------------|---------------------------------|---------|-------|----------|-------------------|
| | Milho | Milho | Soja | Milho | Soja |
| | (mg ha ⁻¹) | | (g) | | |
| Pousio com adubo | 19,30 a* | 8,75 a | 4,65 | 299,1 a | 166,5 |
| Pousio | 11,53 ab | 3,01 cd | 4,70 | 234,5 b | 169,9 |
| Aveia | 9,06 b | 2,95 d | 4,00 | 244,4 b | 169,8 |
| Nabo | 8,94 b | 2,73 d | 4,03 | 244,9 b | 173,3 |
| Ervilhaca | 15,05 ab | 5,46 bc | 4,13 | 267,0 ab | 164,9 |
| Consórcio | 13,10 ab | 5,87 b | 4,34 | 266,4 ab | 169,0 |
| CV (%) | 30,60 | 23,10 | 12,60 | 5,60 | 2,60 |

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A alta produtividade de milho no tratamento adicional com adubação química mostra a eficiência desta prática para as condições edafoclimáticas locais, corroborando resultados de Sangoi et al. (2006), os quais constataram RG de milho médio de 8,5 e 10,9 mg ha⁻¹ para manejo com alta e muito alta fertilidade do solo, respectivamente, ao avaliar diferentes híbridos na mesma região de estudo. No entanto, a ervilhaca tanto no cultivo solteiro, como no consórcio, se mostrou positiva no RG de milho, já que estes foram superiores aos resultados obtidos pelos mesmos autores citados anteriormente em nível de manejo com baixa e média fertilidade do solo, onde o RG foi 3,2 e 4,5 mg ha⁻¹, respectivamente.

A produção de MS da parte aérea do milho, considerando a planta inteira (palha + grãos), foi elevada no pousio com adubação, sendo 19,30 mg ha⁻¹ (Tabela 2). Este comportamento está associado ao efeito combinado da fertilização química para altos rendimentos e ao tipo de híbrido usado (duplo propósito para ensilagem e grãos). No entanto, esse tratamento não diferiu da ervilhaca, consórcio e pousio sem adubação, os quais produziram respectivamente 15,05, 13,10 e 11,53 mg ha⁻¹. Nos tratamentos nabo e aveia os valores foram menores em termos absolutos, respectivamente de 8,94 e 9,06 mg ha⁻¹. Culturas com maior relação C/N promovem redução nos rendimentos de milho em sucessão, sem adubação nitrogenada mineral. Desta forma, a utilização de leguminosas torna-se importante alternativa para sistemas

de cultivos menos tecnificados, que preconizam produção a baixos custos (CHERUBIN et al., 2014).

Em leguminosas, a baixa relação C/N do resíduo e a presença de grande quantidade de compostos solúveis favorecem a decomposição da biomassa e mineralização dos nutrientes nela contidos, com expressivo aporte de N ao sistema solo-planta nos primeiros 30 dias após seu manejo (AITA et al., 2001). A baixa produção de MS de planta inteira e RG de milho em sucessão à aveia preta pode ser atribuída à alta relação C/N da aveia que, ao ser decomposta pelos microrganismos imobilizaram N do solo (VARGAS et al., 2005). Os restos culturais representam importante fonte de reserva de nutrientes na superfície do solo e que são lentamente disponibilizados (OLIVEIRA et al., 2002). No entanto, quando o N é liberado tardiamente, o benefício à cultura em sucessão é pequeno (SANTOS et al., 2010).

O P₁₀₀₀ de milho foi maior no tratamento com adubação química e nos tratamentos ervilhaca e consórcio, com valores de 299,1, 267,0 e 266,4 g, respectivamente (Tabela 2). Nos demais (aveia preta, nabo forrageiro e pousio), os valores de P₁₀₀₀ foram semelhantes entre si, sendo na média 29% inferior em comparação ao tratamento com adubação química. Ao comparar o pousio com e sem adubação, a diferença no P₁₀₀₀ foi de 64,6 g, demonstrando a importância da manutenção de níveis adequados de fertilidade do solo para os atributos de rendimento desta cultura.

O baixo P_{1000} no pousio sem adubação pode ser decorrente da baixa disponibilidade de nutrientes, devido à menor eficiência de ciclagem dos mesmos pelas espécies vegetais espontâneas que se desenvolveram. Os incrementos no P_{1000} foram observados quando se utilizaram plantas de cobertura antecedendo o milho, principalmente a ervilhaca, sugerindo maior acúmulo de nutrientes, em especial de N para o milho. Resultado semelhante foi constatado por Cherubin et al. (2014), onde os tratamentos com ervilhaca (solteira e consórcio) obtiveram resultados superiores.

Durante o ciclo do milho, foi possível observar diferenças na coloração das suas folhas, o que se confirmou nas variáveis avaliadas (biomassa seca de planta inteira, rendimento e peso de mil grãos). Após ervilhaca se observou desenvolvimento mais vigoroso das plantas de milho, com folhas de coloração em tom mais verde escuro, longas e largas, comparadas as plantas em sucessão à aveia preta e pousio sem adubação. Isto demonstra a importância da correta escolha de espécies para anteceder o milho, podendo, com isso, reduzir a adubação química e contribuindo para maior potencial produtivo mesmo em cultivo de baixo e médio nível tecnológico, muito comum em algumas regiões do estado de Santa Catarina.

Os tratamentos com diferentes plantas de cobertura e adubação química do solo não influenciaram de forma significativa o RG de soja, a qual variou de 4,0 a 4,7 mg ha⁻¹ (Tabela 2). Debiasi et al. (2010), encontraram rendimento médio de soja de 3,0 mg ha⁻¹, não sendo afetado por diferentes espécies de plantas de cobertura de inverno antecedendo o cultivo, com exceção do pousio que resultou em menor RG em um dos anos avaliados, em experimento conduzido em um Argissolo no Rio Grande do Sul.

O P_{1000} da soja apresentou valores entre 164,9 e 169,9 g e não diferiu significativamente entre tratamentos, seguindo o mesmo comportamento para RG de soja. Debiasi et al. (2010), da mesma forma, não observaram

diferenças entre tratamentos, mas obtiveram valores de P_{1000} acima de 200 g, superiores aos encontrados neste estudo. No presente trabalho a densidade da soja encontrada foi 280 mil plantas ha⁻¹, enquanto na pesquisa citada era de 220 mil plantas ha⁻¹, o que pode explicar, em parte, a diferença no P_{1000} . Maior população de plantas ha⁻¹ resulta em maior competição por nutrientes e água e, por isso, diminuiu o diâmetro e massa dos grãos. No trabalho de Santos et al. (2013), por outro lado, os autores apresentaram resultados mais próximos aos encontrados neste trabalho com P_{1000} de 161 g em sucessão a plantas de cobertura, na média de quatro anos.

A ausência de efeito dos tratamentos testados sobre as características agrônômicas da soja pode ser explicada em parte pelo fato de que a fixação biológica do N contribui entre 69 a 94% do N necessário ao desenvolvimento e rendimento da cultura da soja (HUNGRIA et al., 2005). No início do ciclo pode-se observar coloração em tom amarelado nas folhas de soja no tratamento que sucedeu a aveia preta. Isto possivelmente ocorreu pois nessa fase da cultura a associação com bactérias fixadoras de N ainda era incipiente, com pouco efeito para a planta. Com isso, o resíduo vegetal da aveia pode ter imobilizado parte do N do solo e reduzido a disponibilidade do elemento (VARGAS et al., 2005). Nos tratamentos contendo ervilhaca antecessora, por outro lado, o desenvolvimento inicial da soja era vigoroso, com folhas de tonalidade verde escura, o que foi também observado por Santos et al. (2013). Ao longo do ciclo da cultura, as diferenças entre tratamentos tornaram-se pouco evidentes e, ao final, as variáveis não apresentaram diferença estatística.

Por meio da análise de correlação linear de Pearson entre biomassa das plantas de cobertura e os atributos de rendimento do milho, constatou-se efeito significativo da BVPA e BSPA das plantas de inverno sobre o RG e P_{1000} de milho (Tabela 3), indicando que o aumento na produção de biomassa de parte aérea das plantas refletirá positivamente no milho.

TABELA 3 - Correlação linear de Pearson entre biomassa das plantas de cobertura do solo e atributos de rendimento do milho, em Cambissolo Húmico.

| Biomassa das plantas de cobertura | Atributos de rendimento do milho | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------|------------|
| | BSPA | RG | P_{1000} |
| BVPA | ns* | 0,499* | 0,613** |
| BSPA | - | 0,490* | 0,634** |
| BSR | ns | ns | ns |

*ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. * e ** = correlação significativa a 5 e 1%, respectivamente. BVPA = biomassa verde da parte aérea das plantas de cobertura de solo (mg ha⁻¹), BSPA = biomassa seca da parte aérea das plantas de cobertura de solo (mg ha⁻¹), BSR = biomassa seca de raízes das plantas de cobertura do solo (mg ha⁻¹), BSPA = biomassa seca de parte aérea de milho, incluído palha e grãos (mg ha⁻¹), RG = rendimento de grãos de milho (mg ha⁻¹), P_{1000} = peso de mil grãos de milho (g). As correlações entre biomassa das plantas de cobertura do solo e atributos de rendimento da soja não foram significativas a 5% de probabilidade de erro.

Maior biomassa propicia maior disponibilidade de nutrientes para a cultura em sucessão, pelos maiores acúmulos no tecido vegetal. As correlações foram fracas

(0,3 até 0,5) para RG e moderadas (0,5 até 0,7) para P_{1000} (MUKAKA, 2012), o que evidencia um maior efeito sobre o P_{1000} do milho. Correlações fracas ou moderadas indicam

que existem outros fatores relacionados, como a capacidade das diferentes espécies de plantas em acumular e liberar os nutrientes do seu tecido vegetal. Estudos mostram que leguminosas acumulam mais nutrientes e liberam mais rapidamente durante sua decomposição (AITA et al., 2001; AITA; GIACOMINI, 2003). No milho, o N é o elemento exigido em maiores quantidades e possivelmente nos tratamentos com presença de ervilhaca houve uma maior disponibilidade deste elemento. As correlações entre plantas de cobertura e os atributos de rendimento da soja não foram significativas, fato esperado pois não houve efeito de tratamento sobre o desempenho da soja.

Este trabalho elenca informações sobre o uso de plantas de cobertura do solo, tendo sua importância para se tomar as melhores decisões na escolha das espécies para uso de culturas antecessoras ao cultivo de grãos, tendo como base na pesquisa de campo na referida região caracterizada por um clima diferenciado.

CONCLUSÕES

Os cultivos de aveia preta, de ervilhaca comum e o consórcio de aveia, ervilhaca e nabo forrageiro proporcionaram alta produção de biomassa vegetal; a biomassa de parte aérea relaciona-se positivamente com a biomassa de raízes.

Os atributos físicos e químicos do solo foram pouco influenciados pelas espécies de plantas de cobertura do solo.

O milho cultivado sem adubação em sucessão à ervilhaca comum e ao consórcio de espécies apresentou rendimento de grãos superior ao cultivo em sucessão ao pousio, ao nabo forrageiro e à aveia preta.

A produção de biomassa de parte aérea das plantas de cobertura do solo correlaciona-se positivamente com o rendimento e o peso de mil grãos de milho, enquanto os atributos de rendimento da soja não foram influenciados.

REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4, p.601-612, 2003.

ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.277-288, 2000.

ALMEIDA, J.A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.3, p.437-445, 2005.

ANDRADE, A.P.; MAFRA, A.L.; BALDO, G.R.; PICCOLLA, C.D.; BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A. Physical properties of a humic cambisol under tillage and cropping systems after twelve years. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.219-226, 2010.

ANDRADE, A.P.; MAFRA, A.L.; PICCOLLA, C.D.; ALBUQUERQUE, J.A.; BERTOL, I. Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas. **Ciência Rural**, v.42, n.5, p.814-821, 2012.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JÚNIOR, 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 de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.155-163, 2004.

BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; MAFRA, Á.L.; FLORES, M. C. Soil water erosion under diferente cultivation systems and diferente fertilization rates and forms over 10 years. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.6, p.1918-1928, 2014.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Brasília, v.32, n.4, p.1399-1407, 2008.

CHERUBIN, M.R.; FABRIS, C.; WEIRICH, S.W.; ROCHA, E.M.T.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L.; LAMEGO, F.P. Desempenho agrônômico do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no sul do Brasil. **Global Science and Technology**, v.7, n.1, p.76-85, 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10a. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

DALLA-ROSA, J.; MAFRA, A.L.; MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; MIQUELLUTI, D.J.; NOHATTO, M.A.; FERREIRA, E.Z.; OLIVEIRA, O.L. P. Soil physical properties and grape yield influenced by cover crops and management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.5, p.1352-1360, 2013.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K.M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.6, p.603-612, 2010.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; MIOLA, E.C.C.; GIACOMINI, D.A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.6, p.1714-1723, 2012.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2a. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3a. ed. Brasília: Embrapa, 353p., 2013.

GONÇALVES, W.G.; JIMENEZ, R.L.; ARAÚJO FILHO, J.V.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; PIRES, F.R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.67-75, 2006.

- GUADAGNIN, J.C. **Perdas de nutrientes e carbono orgânico pela erosão hídrica, em um Cambissolo Húmico Alumínico léptico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 150p., 2003.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; GRAHAM P.H. **The importance of nitrogen fixation to the soybean cropping system in South America.** In: WERNER, D.; NEWTON, W.E. (Eds.). Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment. Dordrecht: Springer, 2005. p.25-42.
- KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. CLARK, F.E. (Eds.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.** Part 1. 2a. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.499-510.
- LÁZARO, R.L.; COSTA, A.C.T.; SILVA, K.F.; SARTO, M.V.M.; DUARTE JÚNIOR, J.B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.1, p.10-17, 2013.
- MUKAKA, M.M. Statistics Corner: a guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v.24, n.3, p.69-71, 2012.
- NICOLOSO, R.S.; AMADO, T.J.C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M.E.; GIRARDELLO, V.C.; BRAGAGNOLO, J. 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 Ciência do Solo**, v.32, p.1723-1734, 2008.
- PESSOTTO, P.P.; SILVA, V.R.; ORTIGARA, C.; KOPPE, E.; STROJAKI, T.; SANTI, A.L. Influência de diferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho. **Revista Agrarian**, v.9, n.34, p.348-356, 2016.
- 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, n.1-2, p.131-146, 2002.
- SALVADOR, J.T.; CARVALHO, T.C.; LUCCHESI, L.A.C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.9, n.1, p.27-32, 2011.
- SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; SILVA, P.R.F.; HORN, D.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C.; MOTTER, F. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.747-755, 2006.
- SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; MALDANER, G.L. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.49-56, 2013.
- SANTOS, P.A.; SILVA, A.F.; CARVALHO, M.A.C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.2, p.123-134, 2010.
- SILVA, A.A.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; PIANA, A.T.; STRIEDER, M.L.; JANDREY, D.B.; ENDRIGO, P.C. Produtividade do milho irrigado em sucessão a espécies inverniais para produção de palha e grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.987-993, 2008.
- SILVA, A.A.; SILVA, P.R.F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.928-935, 2007.
- SILVA, D.A.; SOUZA, L.C.F.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto. **Bragantia**, v.70, n.1, p.147-156, 2011.
- SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M.L.; SILVA, A.A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.1011-1020, 2006.
- SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assisat Software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agriculture Research**, v.11, p.3733-40, 2016.
- SOUZA, V.F.C.; BERTOL, I.; WOLSCHICK, N.H. Effects of soil management practices on water erosion under natural rainfall conditions on a Humic Dystrudept. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, n.e0160443, 2017.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2a. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.
- VALICHESKI, R.R.; GROSSKLAUSS, F.; STURMER, S.L.K.; 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, n.9, p.969- 977, 2012.
- VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.76-83, 2005.
- VOLK, L.B.S; COGO, N.P. Inter-relação biomassa vegetal subterrânea estabilidade de agregados-erosão hídrica em solo submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, n.4, p.1713-1722, 2008.
- WERNER, D. **Production and biological nitrogen fixation of tropical legumes.** In: WERNER, D.; NEWTON, W.E. (Eds.). Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment. Dordrecht: Springer, 2005. p.1-13.

Plantas de cobertura de...

WOLSCHICK, N. H et al. (2018)

WOLSCHICK, N.H.; BARBOSA, F.T.; BERTOL, I.; SANTOS, K.F.; WERNER, R.S.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, n.2, p.134-143, 2016.

YAN, F.; SCHUBERT, S.; MENGEL, K. Soil pH changes during legume growth and application of plant material. **Biology and Fertility of Soils**, v.23, n.3, p.236-242, 1996.