

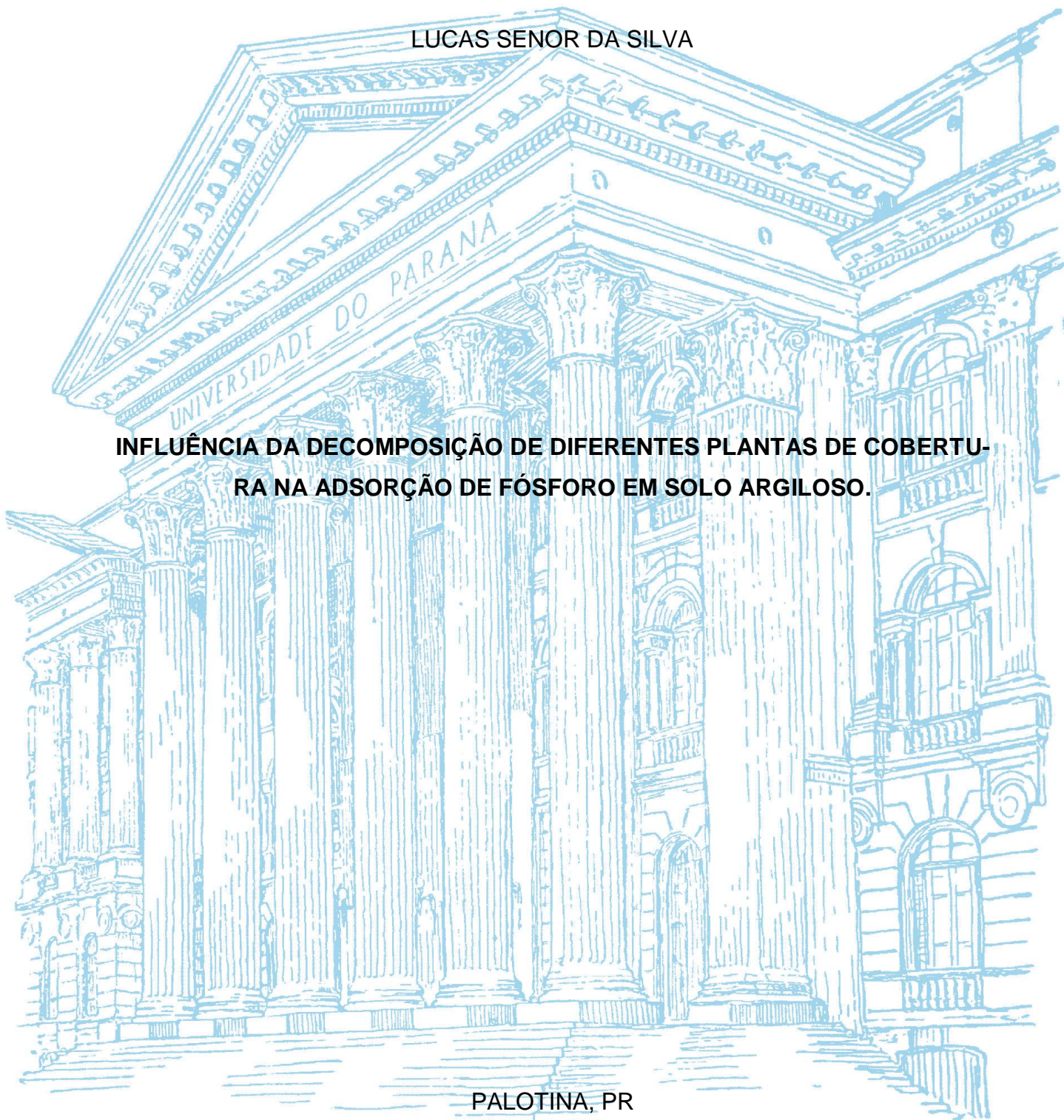
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCAS SENOR DA SILVA

INFLUÊNCIA DA DECOMPOSIÇÃO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA NA ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLO ARGILOSO.

PALOTINA, PR

2016



LUCAS SENOR DA SILVA

INFLUÊNCIA DA DECOMPOSIÇÃO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA NA ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLO ARGILOSO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, como requisito à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof^o. Dr. Augusto Vaghetti Luchese

PALOTINA

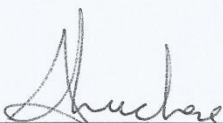
2016

TERMO DE APROVAÇÃO

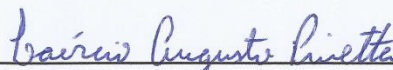
LUCAS SENOR DA SILVA

INFLUENCIA DA DECOMPOSIÇÃO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA NA ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLO ARGILOSO.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, como requisito à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, pela seguinte banca examinadora:



Prof.º Dr. Augusto Vaghetti Luchese
Orientador – Departamento de Ciências Agronômicas
Universidade Federal do Paraná – UFPR, Setor Palotina



Prof.º Dr. Laércio Augusto Pivetta
Professor – Departamento de Ciências Agronômicas
Universidade Federal do Paraná – UFPR, Setor Palotina



Prof.º Dr. Leandro Paiola Albrecht
Professor – Departamento de Ciências Agronômicas
Universidade Federal do Paraná – UFPR, Setor Palotina

Palotina, 13 de dezembro de 2016.

A todos que de alguma forma contribuíram
para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTO

A Deus, pelo Dom da Vida, por guiar e iluminar minha jornada e em todas as dificuldades enfrentadas durante este período.

A minha família, que estão sempre presentes na minha vida. Aos meus pais Alice e Sérgio, pela força e pelos valores, me mostrando os melhores caminhos, sempre humildes e batalhadores, sou o que sou graças a vocês. Ao meu irmão, que é meu maior exemplo, batalhador e justo.

Aos meus amigos, principalmente Eduardo Luíz Mazotti, Thiago Marangoni, Sabrina Holz, Vinícius Gabriel, Danielle Mara Lopes, que me deram a oportunidade de crescer junto com vocês, e enfrentar as dificuldades sempre juntos.

Ao meu orientador, professor Augusto Luchese, apesar do pouco tempo de convivência, agradeço pela oportunidade e pelo conhecimento transmitido. E deixo um pedido de desculpas por qualquer motivo que eu tenha sido falho.

Agradeço imensamente ao corpo docente do Setor Palotina que, cada um com suas particularidades, transmitiram seus conhecimentos e contribuem para formar pessoas competentes. Sou uma pessoa que admira o trabalho de vocês. Fica o meu Muito Obrigado!

“Jamais se desespere em meio às sombrias
aflições de sua vida, pois das nuvens mais ne-
gras cai água límpida e fecunda.”

Provérbio Chines

RESUMO

O fósforo é o elemento que apresenta uma íntima relação com o solo, ficando sua disponibilidade para as plantas vinculada a vários fatores que afetam na sua fixação aos óxidos existentes no solo. Um destes parâmetros está relacionado a adição de ácidos orgânicos no sistema que pode ser proveniente da decomposição de plantas de cobertura. Buscando verificar a relação entre a adsorção de fósforo em relação à variação de plantas de cobertura diferentes dentro de uma variação temporal foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0-5 cm, de um experimento com diferentes tipos de plantas de cobertura e algumas consorciação destas (Aveia Preta, Azevém, Centeio, Tremoço Branco, Ervilhaca Comum, Nabo Forrageiro, Aveia + Ervilhaca e Aveia + Ervilhaca + Nabo), constando de 3 repetição para cada uma das plantas ou consórcio, semeados em 12/05/2011 e manejados 112 DAS (01/09/2011) e semeadura de milho 11 dias após o manejo. As amostras de solo foram coletadas aos 15, 30, 45, 60 e 90 dias após o manejo dos materiais no mesmo período de coleta de litter bags que foram utilizados para avaliar a decomposição dos materiais. As amostras coletadas foram inicialmente congeladas e posteriormente descongeladas secas, moídas e peneiradas. Para a realização das isotermas definiu-se 7 doses de fósforo: 0, 20, 40, 80, 120, 160 e 200 mg L⁻¹ de P, onde utilizou-se fosfato de potássio como fonte de P, dissolvido em uma solução de KCl 0,01 mol L⁻¹. As quantidades de fósforo adsorvidas foram determinadas por diferença entre as concentrações iniciais e as concentrações de equilíbrio das soluções. Os valores das concentrações de equilíbrio e os respectivos valores de P adsorvidos foram submetidos ao ajuste da isoterma de Langmuir. A análise de variância apontou relação da capacidade máxima de adsorção de fósforo com o efeito temporal, não demonstrando influencia da espécie cultivada. O P-disponível mostrou significativo para ervilhaca, tremoço, azevém e nabo. O tremoço apresentou melhores resultados na relação com os dias, tendo melhores taxas de liberação de P. Sendo assim, o efeito temporal foi mais atenuante na CMAP e plantas dicotiledôneas têm melhor decomposição e liberação de P.

Palavras-chave: Capacidade máxima, disponibilidade, Isoterma de Langmuir.

ABSTRACT

Phosphorus is the element that has an intimate relation with the soil, being its availability to plants linked to several factors that affect its fixation to the oxides in the soil. One of these parameters is related to the addition of organic acids in the system that can be derived from the decomposition of cover crops. In order to verify the relationship between the adsorption of phosphorus in relation to the variation of different cover plants within a temporal variation, soil samples were collected at depth of 0-5 cm from an experiment with different types of cover crops and some intercropping (Black Oat, Azevém, Rye, White Lupine, Common Ervine, Forage Turnip, Oats + Herb and Oats + Ervilli + Turnip), consisting of 3 replicates for each of the plants or consortium, sown on 12/05/2011 and managed 112 DAS (01/09/2011) and corn sowing 11 days after handling. The soil samples were collected at 15, 30, 45, 60 and 90 days after the materials were handled in the same period of collection of litter bags that were used to evaluate the decomposition of the materials. The collected samples were initially frozen and then thawed dried, ground and sieved. In order to perform the isotherms, 7 doses of phosphorus were used: 0, 20, 40, 80, 120, 160 and 200 mg L⁻¹ of P, where potassium phosphate was used as the source of P, dissolved in a solution of KCl 0.01 mol L⁻¹. The adsorbed phosphorus amounts were determined by difference between the initial concentrations and the equilibrium concentrations of the solutions. The values of the equilibrium concentrations and the respective P values adsorbed were submitted to the Langmuir isotherm adjustment. The analysis of variance showed a relation of the Maximum phosphorus adsorption capacity with the temporal effect, not showing influence of the cultivated species. P-available showed significant for vetch, lupine, azevém and turnip. Lupine presented better results in the relation with the days, having better release rates of P. Thus, the temporal effect was more attenuating in CMAP and dicotyledonous plants have better decomposition and release of P.

Key words: Maximum capacity, availability, Langmuir isotherm.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MÉDIAS MENSAIS DE TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA DO AR (°C) E PRECIPITAÇÃO PLUVIAL (MM), DURANTE O PERÍODO DE AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO. UTFPR CÂMPUS DOIS VIZINHOS-PR, 2013.	13
FIGURA 2 - CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE FÓSFORO AO LONGO DO PERÍODO ANALISADO.	18
FIGURA 3 - DECOMPOSIÇÃO (%) DAS CULTURAS AO LONGO DO PERÍODO ANALISADO.	21
FIGURA 4 - CONCENTRAÇÃO P-DISPONÍVEL PARA TREMOÇO AO LONGO DO PERÍODO ANALISADO.	21

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - P-DISPONÍVEL NO SOLO EM FUNÇÃO DAE PLANTAS DE COBERTURA E DIAS APÓS DESSECAÇÃO.	19
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	Objetivo geral.....	12
1.1.2	Objetivos específicos	12
2	METODOLOGIA	13
2.1	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO A CAMPO	13
2.2	COLETA DE AMOSTRAS E AVALIAÇÕES	15
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1 INTRODUÇÃO

O fósforo constitui-se um dos nutrientes com a maior capacidade de limitar a produtividade das plantas, uma vez que é crucial no metabolismo da planta, desempenhando papel importante na transferência de energia e respiração da célula, bem como na fotossíntese. Também é componente estrutural de ácidos nucleicos e cromossomos, e compõem algumas enzimas, proteínas e fosfolipídios (GRANT et al., 2001).

Sendo assim, sua disponibilidade no solo ainda é alvo de várias pesquisas, principalmente em processos de adsorção e dessorção, especialmente em solos que apresentam reações ácidas e baixos teores de fósforo disponível (VALLADARES et al., 2003; CESSA et al., 2009; PRADO e FERNANDES, 2001).

A adsorção de fósforo é influenciada por diversos fatores, dentre estes estão: a mineralogia e textura do solo (TOKURA et al., 2011), o pH (SATO & COMFORT, 2005) a matéria orgânica e os tipos de ácidos orgânicos (SOUZA et al., 2006).

Em seu trabalho, Souza et al. (2006) observou que houve aumento de P-remanescente e redução da adsorção de fósforo após a adição de esterco bovino. Isso ocorre devido à decomposição da matéria orgânica liberar ácidos orgânicos. Estes ácidos tem papel ambivalente na disponibilidade de fósforo, ou seja, podem tanto adsorver o fósforo como também bloquear os sítios de adsorção da superfície das argilas e óxidos de ferro e alumínio (PEREIRA et al., 2010; PAVINATO et al., 2008).

A presença de óxidos de ferro e de alumínio favorece a redução da superfície de adsorção do solo para o fosfato por favorecer a competitividade entre fósforo e ácidos orgânicos. Entretanto, pode ocorrer à formação de compostos insolúveis com o fosfato se houver grande concentração destes óxidos na solução, diminuindo a concentração de fosfatos (TIRLONI et al., 2009).

Entretanto, Moreira et al. (2006) estudando adsorção de fósforo em solos do Ceará constatou correlação positiva entre capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) e teores de matéria orgânica no solo, sendo a razão citada para essa correlação é que os íons orgânicos carregados negativamente compartilham as valências dos cátions (Al^{3+} , Fe^{2+} e Ca^{2+}) fazendo pontes com os íons fosfatos.

Dentro dos ácidos orgânicos, estes podem variar de acordo com a constituição e decomposição das plantas, podendo diferenciar as características do solo sob estas desfavorecendo a adsorção de fósforo e conseqüentemente o melhor aproveitamento do nutriente pela cultura.

Em vários trabalhos tem-se utilizado o modelo da isoterma de Langmuir para descrever a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) e a constante relacionada à energia de adsorção e relaciona-las a varias propriedades do solo (CHAVES et al., 2007, FARIAS et al., 2009).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 *Objetivo geral*

Avaliar a influência da adição de compostos orgânicos advindos da decomposição de biomassas, buscando verificar sua influência na retenção do fósforo pelo solo e conseqüentemente maior a menor disponibilidade deste as plantas.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Estudar a dinâmica de fixação de P no solo por meio de isoterms de adsorção;
- Verificar a influência da decomposição de diferentes plantas de cobertura, no processo de adsorção de P;
- Avaliar o efeito temporal da decomposição de biomassa das plantas de cobertura;

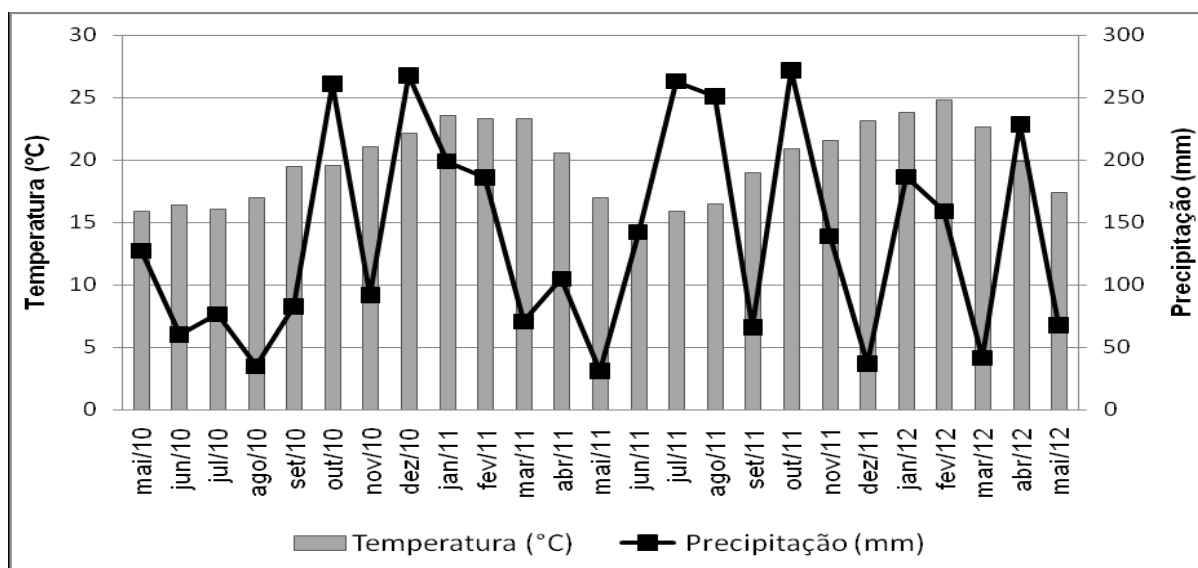
2 METODOLOGIA

2.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento de campo foi conduzido na área experimental pertencente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos, situada a 25° 42' 52" de latitude S e longitude de 53° 03' 94" W-GR, a 520 metros acima do nível do mar. O solo da região é do tipo Nitossolo Vermelho distroférrico. O clima da região é classificado como Cfa (subtropical úmido) sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais quente de 22°C, conforme Köppen. O experimento foi instalado no ano de 2010, em área que historicamente vinha sendo utilizada para produção de grãos, porém sem manejo de solo definido e estabilizado. O trabalho foi conduzido durante os anos agrícolas 2010/2011 e 2011/2012, sobre manejo SPD com uso de plantas de cobertura de inverno antecedendo ao cultivo de milho para produção de grãos, com ausência de aplicação de N-mineral (zero N).

Os dados climáticos de precipitação pluvial e temperatura média do ar, referente ao período experimental (FIGURA 1) foram obtidos da unidade de estação meteorológica INMET, instalada na Estação Experimental da UTFPR Câmpus Dois Vizinhos.

FIGURA 1 - MÉDIAS MENSAIS DE TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA DO AR (°C) E PRECIPITAÇÃO PLUVIAL (MM), DURANTE O PERÍODO DE AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO. UTFPR CÂMPUS DOIS VIZINHOS-PR, 2013.



Foram utilizados oito sistemas com plantas de cobertura do solo, em delineamento de blocos ao acaso com três repetições, apresentados abaixo com as respectivas densidades de semeadura.

1. Aveia Preta – (*Avena strigosa* Schreb) 90 kg ha⁻¹
2. Azevém – (*Lolium multiflorum* Lam.) 50 kg ha⁻¹
3. Centeio – (*Secale cereale* L.) 50 kg ha⁻¹
4. Tremoço Branco – (*Lupinus albus* L.) 100 kg ha⁻¹
5. Ervilhaca Comum – (*Vicia sativa* L.) 40 kg ha⁻¹
6. Nabo Forrageiro – (*Raphanus sativus* L.) 15 kg ha⁻¹
7. Aveia + Ervilhaca (A+E) - 60 + 40 kg ha⁻¹
8. Aveia + Ervilhaca + Nabo (A+E+N) - 60 + 30 + 10 kg ha⁻¹

Antecedendo a semeadura das coberturas de inverno, realizou-se aplicação de herbicida para dessecação das plantas daninhas em toda a área. No ano de 2010, as plantas de cobertura foram semeadas em 05/07/2010, devido à ocorrência da má distribuição de chuvas, entre os meses de maio a junho, impossibilitando a realização no período adequado. Sob condições normais de clima, no ano de 2011 a semeadura das culturas de inverno foi realizada em 12/05/2011.

A semeadura das culturas de cobertura foi efetuada de forma mecanizada, com espaçamento de 0,17m entre linhas, para os sistemas aveia preta, ervilhaca comum, centeio e para os consórcios A+E+N e A+E. Já para a cultura de tremoço branco, realizou-se semeadura manual com espaçamento entre linhas de 0,5m, devido à dificuldade de distribuição de sementes grandes pela semeadora. As culturas de cobertura nabo forrageiro e azevém foram semeadas a lanço por possuírem sementes pequenas e com facilidade de emergência.

O manejo das plantas de cobertura de inverno ocorreu aos 93 DAS (06/10/2010) e aos 112 DAS (01/09/2011) realizado através da aplicação mecanizada de herbicida (*Glyphosate* 1,2 L ha⁻¹ de i.a).

A semeadura do milho (variedade Bandeirante, safra 2010/2011 e híbrido simples Pioneer P32R48, safra 2011/2012) sobre os resíduos das plantas de cobertura, em plantio direto, ocorreu aos 13 (08/11) e 11 dias após o manejo (13/09), em 2010/2011 e 2011/2012, respectivamente, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e densidade de semeadura para 75.000 plantas ha⁻¹. No momento da semeadura, para ambas as safras, utilizou-se como adubação de base a formulação de adubo

0:20:20, o que promoveu a disponibilização da mesma quantidade de P e K em todas as parcelas (50 kg ha^{-1} de P_2O_5 + 50 kg ha^{-1} de K_2O).

Para o manejo de plantas daninhas na cultura do milho foram realizadas aplicações de herbicida (*Nicosulfuron* $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ de i.a) aos 18 DAS na safra 2010/2011 e 31 DAS na safra 2011/2012.

2.2 COLETA DE AMOSTRAS E AVALIAÇÕES

O presente trabalho utilizou-se de amostras coletadas na safra agrícola de 2011/2012, sendo realizada neste ano avaliação de decomposição das plantas de cobertura determinadas através de bolsas de decomposição (*litter bags*) confeccionadas com tecido *voil*, de malha inferior a 1 mm, nas dimensões de 0,2 x 0,2 m, perfazendo área interna de $0,04 \text{ m}^2$. Para a confecção das bolsas, utilizou-se material vegetal previamente seco em estufa de circulação de ar forçado, fracionado em pedaços de aproximadamente 10 cm, sendo que as quantidades de MS utilizadas para o preenchimento da bolsa, baseadas nas quantidades de material produzido por hectare, para cada cultura de cobertura, calculando-se a proporção para a área da bolsa. A campo foram depositadas em superfície do solo cinco bolsas de decomposição, de igual peso, nas respectivas parcelas do material de origem, nas entre linhas, logo em seguida a semeadura do milho. Uma das amostras serviu como controle (tempo zero) sendo armazenado em local seco e protegido.

A quantificação da taxa de decomposição foi realizada através da determinação de perda de massa, sendo as coletas (uma amostra por coleta por tratamento) realizadas em intervalos regulares de tempo pré-determinados correspondendo aos 15; 30; 45; 60 e 90 dias após a deposição dos mesmos no campo, coincidindo com os DAS do milho. Após cada coleta, as bolsas foram secas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de $\pm 65^\circ\text{C}$, por 48 horas, em seguida o material vegetal remanescente foi pesado em balança semi-analítica.

Para cada tempo de coleta das bolsas de decomposição foram coletadas amostras de solo, iniciando-se no período de 15, 30, 45, 60 e 90 dias após a deposição dos mesmos.

Coletaram-se amostras de 0-5 cm de profundidade devido ser a faixa de solo que sofre maior efeito da decomposição das plantas de cobertura. Estas amostras

foram congeladas inicialmente para preservar suas características do momento, sendo descongeladas, secas ao ar, moídas e peneiradas em outubro de 2014.

Foi determinado inicialmente os teores de P em Mehlich I de todas as amostras de solo pela metodologia de azul de molibdato em espectrofotometria visível (EMBRAPA, 1997).

As isotermas de adsorção de fósforo foram determinadas utilizando amostras de terra fina seca ao ar, sendo preparadas em tubos de 15 mL com tampa, onde a uma amostra de 0,2500 g dos solos foi adicionada 5 mL das soluções de fósforo preparadas previamente utilizando-se fosfato de potássio (KH_2PO_4).

Para a realização das isotermas definiu-se 7 doses de fósforo: 0, 20, 40, 80, 120, 160 e 200 mg L^{-1} de P. A partir do fosfato de potássio (KH_2PO_4) foi produzida uma solução padrão de fósforo de 1000 mg L^{-1} dissolvendo este sal numa solução de KCl 0,01 mol L^{-1} . A partir desta solução padrão elaborou-se as demais soluções nas doses desejadas pela simples diluição desta, sendo que as diluições foram realizadas com a adição da devida quantidade de KCl 0,01 mol L^{-1} . Após a adição das soluções, os tubos foram tampados e colocados em agitador horizontal a 240 rpm por 4 horas e deixados, após a agitação, por mais 20 horas em repouso. Terminado o repouso, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm durante 6 minutos. A determinação dos teores de fósforo na solução foi realizada em espectrofotometria visível (EMBRAPA, 1997).

As quantidades de fósforo adsorvidas foram determinadas por diferença entre as concentrações iniciais e as concentrações de equilíbrio das soluções. Os valores das concentrações de equilíbrio e os respectivos valores de P adsorvidos foram submetidos ao ajuste da isoterma de Langmuir.

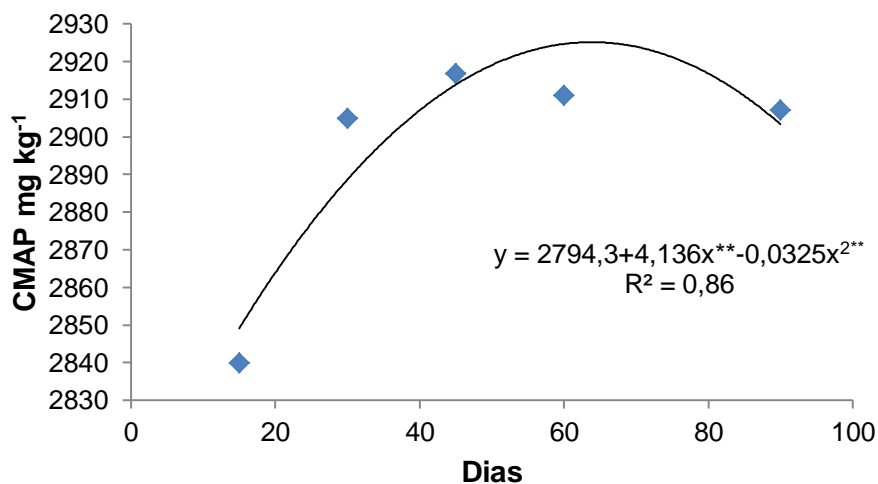
A forma hiperbólica da equação da isoterma de Langmuir é $X/M = (abC)/(1+aC)$, onde X/M é a quantidade de P adsorvido pelo solo em mg de P Kg^{-1} de solo; b é a capacidade máxima de adsorção de P do solo em mg Kg^{-1} de P no solo; C é a concentração de P na solução de equilíbrio (sobrenadante), dado em mg L^{-1} , e a é a constante com a energia de ligação do elemento ao solo, dada em L mg^{-1} . As constantes a e b são obtidas após linearização da isoterma de Langmuir, sendo que o valor da CMAP é determinado a partir da declividade da reta e a EL, a partir do valor do coeficiente de regressão linear.

As análises estatísticas (ANOVA) referentes à CMAP e P-disponível foram realizadas através do programa SISVAR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A CMAP não apresentou variações significativas independente da planta de cobertura utilizada. Em contrapartida, a variável apresentou resultados sob efeito da decomposição destas plantas. Como observado na FIGURA 2, tem-se uma resposta quadrática da variável, apresentando menor retenção de fósforo no período inicial, e aumento com o decorrer dos dias, demonstrando um efeito temporário e não permanente.

FIGURA 2 - CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE FÓSFORO AO LONGO DO PERÍODO ANALISADO.



** significativo Tukey 5% de probabilidade.

O efeito das plantas na CMAP pode estar atrelado ao estágio de desenvolvimento da espécie e sua composição química, isso pode alterar a velocidade de decomposição da matéria orgânica, consequentemente, reduzindo a liberação de ácidos orgânicos, o que explica a CMAP não sofrer uma influência significativa das plantas de cobertura (CRUSCIOL et al. 2005).

Segundo Sposito¹ (1989 apud TIRLONI, 2009) os grupos carboxílicos dos ácidos orgânicos, advindos da matéria orgânica em decomposição, podem dissociar-se, liberando seus prótons e ânions, estes atacam os minerais do solo dissolvendo-os e formando complexos solúveis com cátions metálicos. Como consequência, esse efeito pode favorecer a adsorção competitiva entre fósforo e ácidos orgânicos,

¹ SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: OxfordUniversity, 1989. 277p.

promovendo redução da superfície de adsorção do solo para fosfatos (ANDRADE, 2003).

Essa complexação de cátions metálicos foi observada por Junior et al. (2011) que observaram redução de teores de Al trocável no solo após a utilização de torta de filtro. Santos (2016) também obteve lixiviação de cátions metálicos após o tratamento de solo com citrato.

As plantas de cobertura apresentaram variações no teor de P disponível no solo. Como observado no QUADRO 1, ocorreu a formação de 2 grupos, formados pelo Pousio, Aveia+Ervilhaca, Centeio, Aveia, Aveia+Ervilhaca+Nabo, que demonstram menor disponibilidade de P; o segundo grupo formado pela Ervilhaca, Tremoço, Azevém e Nabo demonstram maior disponibilidade de P no solo.

TABELA 1 - P-DISPONÍVEL NO SOLO EM FUNÇÃO DAE PLANTAS DE COBERTURA E DIAS APÓS DESSECAÇÃO.

PLANTA	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS	60 DIAS	90 DIAS	MÉDIA
Pousio	7,58	8,02	6,13	8,17	11,17	8,22a
A+E	15,42	8,47	7,51	8,17	7,90	9,50a
Centeio	11,16	10,37	9,00	8,87	10,33	9,94a
Aveia	9,48	11,45	14,06	9,61	10,73	11,07a
A+E+N	9,01	8,81	9,25	12,31	16,01	11,08a
Ervilhaca	13,87	11,18	17,17	9,44	12,74	12,88b
Tremoço	24,26	9,16	8,15	11,37	12,19	13,03b
Azevem	11,58	16,63	17,11	14,32	11,37	14,20b
Nabo	13,94	14,39	15,39	14,69	19,18	15,52b
MÉDIA	12,92 ^{ns}	10,94 ^{ns}	11,53 ^{ns}	10,77 ^{ns}	12,40 ^{ns}	

A+E: consórcio aveia e ervilhaca; A+E+N: consórcio aveia, ervilhaca, nabo. ^{ns} – não significativo. Letras iguais na coluna não se diferem estatisticamente Skott-knott 5%.

Os valores de P disponível podem estar ligados às taxas de decomposição do material vegetal, que estão demonstradas na FIGURA 3. Como observado, o grupo que apresentou os menores valores de P-disponível também apresentou as menores taxa de decomposição.

Essas baixas taxas de decomposição foram encontradas por Zeich et al. (2015) que, analisando a proteção do solo por plantas de cobertura encontraram para centeio, aveia, A+E, A+E+N manutenção de 50%, 63%, 59% e 55% de matéria seca respectivamente ao final do período de 90 dias.

Segundo Ceretta et al. (2002), a decomposição é mais rápida de plantas dicotiledôneas em relação as gramíneas, confirmando os dados obtidos exceto para o azevém que apresentou comportamento distinto.

O segundo grupo de plantas apresentou maiores valores de P-disponível ao passo que tiveram maiores taxas de decomposição. Estes atributos de rápida decomposição e alta liberação de nutrientes conferem a estas plantas a característica de cicladoras de nutrientes.

Boer et al. (2007) em seu trabalho sobre ciclagem de nutrientes observaram que, plantas dicotiledôneas apresentaram maiores taxas de decomposição e liberação de P e K quando comparadas às gramíneas.

Entretanto, o aumento da disponibilidade de P pode estar associado simplesmente à adição do nutriente via decomposição do material orgânico, podendo não haver interferência do nutriente originalmente oriundo do solo.

O desdobramento da interação planta*dia apontou diferença significativa para a regressão do fator dia para o tremoço (FIGURA 4), o qual apresentou uma liberação de P inicial rápida aos 15 dias.

Janegitz et al. (2013) citam a exsudação de ácidos orgânicos, tais como o citrato e o malato, além de enzimas fosfatases pelo tremoço que são responsáveis mobilização do fósforo.

Como observado na FIGURA 4, a partir dos 30 dias tem-se uma diminuição dos teores de fósforo disponível. Essa diminuição pode estar associada à utilização do nutriente pelo milho. A época que apresentou os menores valores de P disponível coincidiu com a época de pendoamento do milho, em torno dos 60 dias, fase de desenvolvimento da planta que apresenta o ponto máximo de exigência de fosforo de acordo com Andrade et al. (1975) e Borin et al.(2010).

FIGURA 3 - DECOMPOSIÇÃO (%) DAS CULTURAS AO LONGO DO PERÍODO ANALISADO.

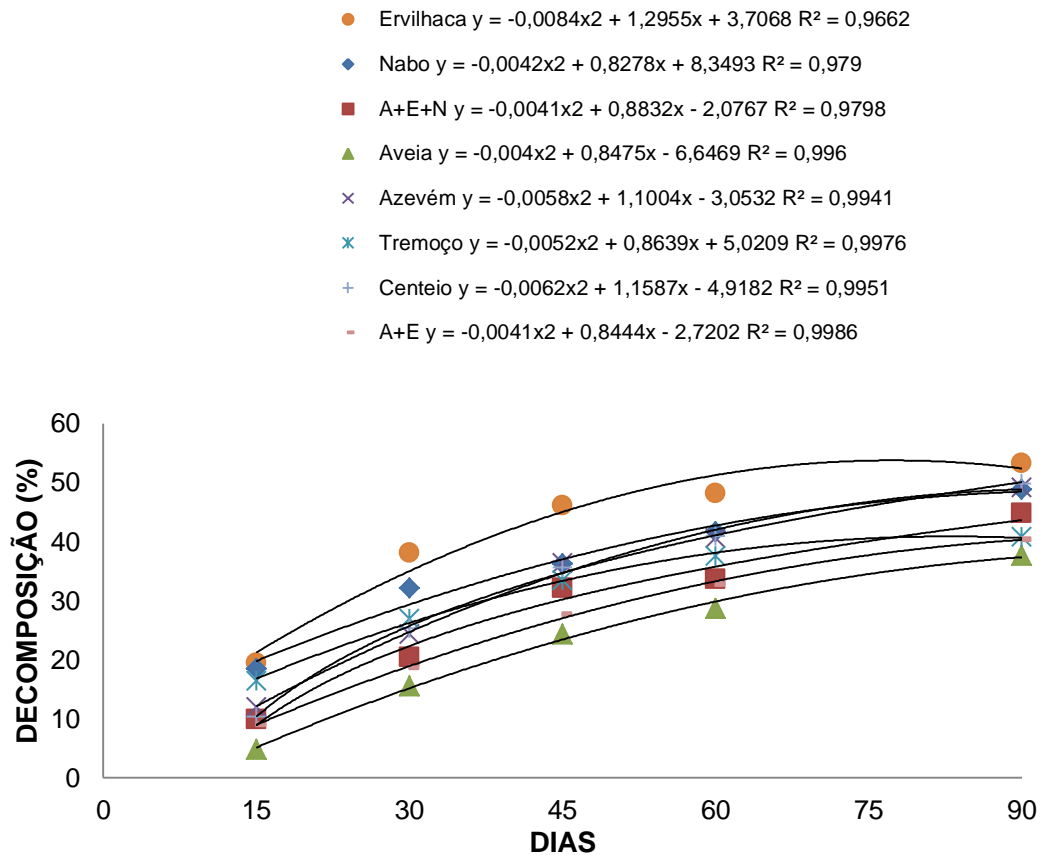
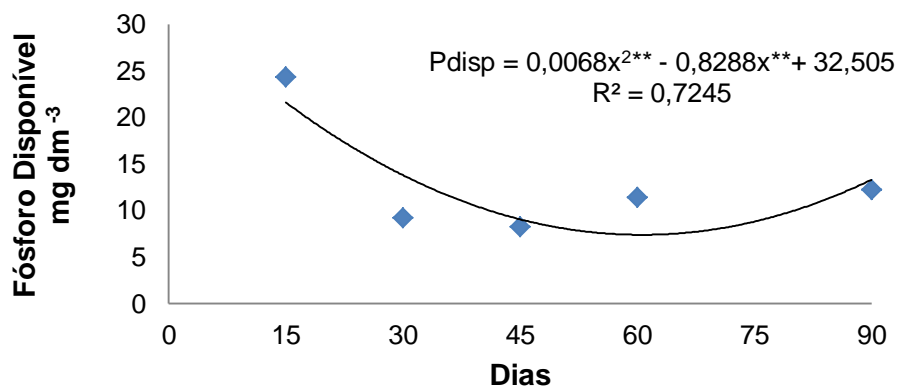


FIGURA 4 - CONCENTRAÇÃO P-DISPONÍVEL PARA TREMOÇO AO LONGO DO PERÍODO ANALISADO.



** significativo Tukey 5% de probabilidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies cultivadas não apresentaram influencia na CMAP, porém a composição da biomassa ao longo do período demonstrou influência nos valores de retenção do fósforo.

A disponibilidade do fósforo também esta ligada a decomposição da biomassa, sendo maiores para culturas dicotiledôneas, apresentando melhores taxas de liberação de P, e menores para as gramíneas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em latossolos e adsorção de fosfato. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 27, p.1003-1011, 2003.

ANDRADE, A.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; SARRUGE, J.R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). I – Acumulação de macronutrientes. **Anais da e.s.a. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, vol. 32, 1975.

BORIN, A.L.C.; LANA, R.M.Q.; PEREIRA, H.S. Absorção e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, Edição Especial, p. 1591-1597, 2010.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; FILHO, A.C.; PIRES, F.B. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Ciência rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54, 2002.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54, 2002.

CESSA, R.M.A.; CELI, L.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO J.O.; BARBERIS, E. Área superficial específica, porosidade da fração argila e adsorção de fósforo em dois latossolos vermelhos. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 33, p. 1153-1162, 2009.

CHAVES, L.H.G; CHAVES, I.B.; MENDES, J.S. Adsorção de fósforo em materiais de latossolo e argissolo. **Revista caatinga**, Mossoró, v.20, n.3, p.104-111, julho/setembro 2007.

CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, R.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, fev. 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análises de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FARIAS, D.R.; OLIVEIRA, F.H.T.; SANTOS, D.; ARRUDA, J.A.; HOFFMANN, R.B.; NOVAIS, R.F. Fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba. I – Isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v.33, p.623-632, 2009.

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.95, 2001.

JANEGITZ, M.C.; INOUE, B.S.; ROSOLEM, C.A.; Formas de fósforo no solo após o cultivo de braquiária e tremoço branco. **Ciência rural**, Santa Maria, v.43, n.8, p.1381-1386, ago, 2013.

JÚNIOR, A.B.A.; NASCIMENTO, C.W.A.; SOBRAL, M.F.; SILVA, F.B.V.S.; GOMES, W.A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.10, p.1004-1013, 2011.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v.32, p.911-920, 2008.

PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p.508-514, maio 2010.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Aspectos econômicos da adubação fosfatada para cultura do milho. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 58, p. 617-621, 2001.

SANTOS, S.R. Dinâmica do fósforo no solo em função da adição de ácidos orgânicos de baixa massa molar. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2016.

SATO, S. and COMERFORD, N.B. Influência do pH do solo na adsorção e dessorção de fósforo num Ultisol úmido brasileiro. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 29, n.5, pp.685-694. 2005.

SOUZA, R.F.; FAQUIN, V.; TORRES, P.R.F.; BALIZA, D.P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 30, p.975-983, 2006.

TIRLONI, C.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; TIRLONI, D.; COIMBRA, D.S. Disponibilidade de fósforo em função das adições de calagem e de um bioativador do solo. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 977-984, jul./ago. 2009.

TOKURA, A.M.; NETO, A.E.F.; CARNEIRO, L.F.; CURI, N.; SANTOS, J.Z.L.; ALOVISI, A.A. Dinâmica das formas de fósforo em solos de textura e mineralogia contrastante cultivados com arroz. **Acta scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 171-179, 2011.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.111-118, 2003.

ZIECH, A.R.D.; CONCEIÇÃO, P.C.; LUCHESE, A.V.; BALIN, N.M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T.G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.50, n.5, p.374-382, maio 2015.