

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ÁREA DE AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

RAFAEL LUIS MUNARETTO

**MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO
CULTIVADAS EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE
SOLO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE AGRONOMIA

RAFAEL LUIS MUNARETTO

MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO
CULTIVADAS EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE
SOLO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

RAFAEL LUIS MUNARETTO

MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO CULTIVADAS
EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

PATO BRANCO

2014

Munaretto, Rafael Luis
Milho em sucessão à plantas de cobertura de solo cultivadas em diferentes sistemas de manejo / Rafael Luis Munaretto.
Pato Branco. UTFPR, 2014
28f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2014.
Bibliografia: f. 16 – 18.

1. Plantas de Cobertura. 2. Sistemas de Manejo do Solo. 3. *Zea Mays* L. I. Cassol, Luís César. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. III. Milho em sucessão à plantas de cobertura em diferentes sistemas de manejo de solo.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO
CULTIVADAS EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO

por
RAFAEL LUIS MUNARETTO

Monografia apresentada às 09 horas 00 min. do dia 18 de agosto de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Rachel Muylaert Locks
Guimarães
UTFPR

Eng. Agrônomo Cid Renan Jacques
Menezes
IAPAR

Prof. Dr. Luís César Cassol
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação:

Prof^ª. Dr^ª. Marlene de Lurdes
Ferronato
Coordenadora do TCC

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação de Agronomia

Ao meu pai,
pelos constantes incentivos para que eu estudasse e obtivesse esse título,
e que deixou um vazio enorme aos que o conheceram.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser fonte de esperança, fé e reflexão quando a incerteza pesa na escolha dos caminhos a seguir;

Aos meus pais, Alceder Munaretto (*in memoriam*) e Luiza Conte Munaretto, pelo apoio e incentivo, sem os quais nunca teria chegado até aqui;

Ao meu orientador Prof. Dr. Luís César Cassol, por sua valiosa orientação, experiência e conhecimentos transmitidos para a minha formação;

A todos os amigos encontrados na UTFPR durante esses 5 anos de graduação, em especial aos colegas Matheus, Taciano, Alexandre e Táimon;

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a todos os técnicos e professores pela oportunidade de ensino gratuito e de qualidade;

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma ou outra me ajudaram a chegar até aqui.

“Aprender é a única coisa que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e
nunca se arrepende.”

Leonardo da Vinci

RESUMO

MUNARETTO, Rafael Luis. Milho em sucessão à plantas de cobertura de solo cultivadas em diferentes sistemas de manejo de solo. 32 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes para o agronegócio brasileiro. As plantas de cobertura representam um importante fator a ser considerado para que o milho atinja elevado rendimento de grãos, já que parte da exigência de nitrogênio do milho pode ser suprida pela utilização de uma cultura antecessora adequada. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de plantas de cobertura do solo cultivadas em diferentes sistemas de manejo, sobre os componentes de rendimento e o rendimento de grãos da cultura do milho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais foram testados três sistemas de manejo do solo: plantio direto, cultivo mínimo e preparo convencional. Já, nas subparcelas foram implantadas quatro plantas de cobertura de inverno: ervilha, ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta. Os diferentes sistemas de manejo do solo não influenciaram os componentes de rendimento e rendimento de grãos da cultura do milho. O milho em sucessão à ervilhaca apresentou maior número de grãos por espiga e maior rendimento de grãos em relação às outras plantas de cobertura utilizadas, especialmente em relação à aveia preta que proporcionou o menor rendimento de grãos.

Palavras-chave: Plantas de Cobertura; Sistemas de Manejo de Solo; *Zea mays* L.

ABSTRACT

MUNARETTO, Rafael Luis. Corn in succession to cover plants grown in different soil management systems. 32 f. TCC (Course of Agronomy) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Corn (*Zea mays* L.) is one of the most important crops for Brazilian agribusiness. Cover crops are an important factor to be considered for corn to achieve high grain yield, as part of the nitrogen requirement of corn can be met by using a suitable preceding crop. This study was conducted to evaluate the effect of cover crops grown in different soil tillage systems on yield components and grain yield of corn. The experimental design was a randomized block, split plot with four replications. In the main plots were tested three systems of soil management: tillage, minimum tillage and conventional tillage. In the the subplots were implanted four plants winter cover: peas, vetch, wild radish and oats. The different systems of soil management didn't influence yield components and grain yield of corn. Corn after common vetch showed higher number of grains per spike and higher grain yield compared to other cover crops used, especially in relation to oat that gave the lowest yield.

Keywords: Cover Plants, Soil Management Systems; *Zea mays* L.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Número de grãos por espiga de milho cultivado em sucessão à plantas de cobertura de solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2014.....13
- Figura 2** - Figura 2: Rendimento de grãos do milho cultivado em sucessão à plantas de cobertura de solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2014.....13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadrados médios da análise de variância para os caracteres: altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), fileiras por espiga (F/E), grãos por espiga (G/E), peso de mil grãos (PMG) e rendimento de grãos (RG). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2014.....11

LISTA DE ABREVIATURAS

PD	Plantio Direto
PC	Plantio Convencional
CM	Cultivo Mínimo
C/N	Relação Carbono/Nitrogênio
AIE	Altura de Inserção de Espiga
DC	Diâmetro de Colmo
F/E	Fileiras por Espiga
G/E	Grãos por Espiga
PMG	Peso de Mil Grãos
RG	Rendimento de Grãos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	2
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 GERAL.....	4
2.2 ESPECÍFICOS.....	4
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
3.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO.....	5
3.2 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E RENDIMENTO DO MILHO.....	6
3.3 INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA SOBRE O RENDIMENTO DO MILHO.....	7
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	9
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	9
4.3 CARACTERES AVALIADOS.....	10
4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS.....	10
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
6 CONCLUSÃO.....	15
7 REFERÊNCIAS.....	16
APÊNDICES.....	19
APÊNDICE A – Croqui da área experimental.....	20

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes para o agronegócio brasileiro, respondendo por aproximadamente 40% de toda a produção de grãos. O principal destino do milho produzido no Brasil (cerca de 2/3) é a comercialização para fábricas de rações, indústrias químicas, mercado de consumo *in natura* e exportações. Além disso, pelas características da cultura, uma parcela significativa da produção de milho destina-se ao consumo na própria propriedade, seja para alimentação animal ou humana.

Por ser uma gramínea, sua produção é altamente dependente da adubação nitrogenada. Esta, por sua vez, pode ser suprida de várias formas, incluindo o uso de adubos químicos, os esterco e as plantas de cobertura de solo pertencentes a família das leguminosas. O uso de plantas de cobertura representa um importante fator a ser considerado, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, para que o milho atinja elevado rendimento de grãos. Isso se deve ao fato do nitrogênio ser o nutriente que mais onera o custo de produção e de manejo mais complexo em função de perdas por volatilização, lixiviação, desnitrificação e erosão.

Os níveis de produtividade desta cultura vêm aumentando na última década e isso leva a acreditar que, isoladamente, o solo não seja capaz de fornecer todo o nitrogênio exigido. Parte da exigência de nitrogênio do milho pode ser suprida pela cultura antecessora. As leguminosas são conhecidas por apresentarem baixa relação C/N em virtude da fixação biológica de nitrogênio. Tais plantas, deste modo, sofrem um rápido processo de decomposição e mineralização dos nutrientes, aumentando assim a fertilidade e a disponibilidade de nutrientes dos solos e o rendimento do milho quando cultivado em sucessão às leguminosas.

Além da influência das plantas de cobertura na produtividade desta gramínea, sabe-se que o sistema de manejo de solo representa outro fator determinante para a conservação e fertilidade dos solos. O sistema plantio direto, uma vez que mantém grande quantidade de palhada na superfície do solo, propicia um melhor controle da erosão e maior acúmulo de matéria orgânica e nutrientes. Por outro lado, nos sistemas de manejo onde faz-se o revolvimento do solo, como o plantio convencional e o cultivo mínimo, ocorre a aceleração da mineralização da palhada e, com isso, há uma maior disponibilização de nutrientes para a cultura sucessora.

A rotação de culturas e a utilização de um correto sistema de manejo de solo podem representar melhor retorno econômico aos produtores em virtude de menores gastos com fertilizantes minerais. A cultura antecessora já se constitui num dos critérios para recomendação de adubação nitrogenada para o milho em SPD, para os estados da região Sul. O cultivo de leguminosas antecedendo a cultura do milho pode reduzir a demanda de nitrogênio em 50 a 70% (LARA CABEZAS et al., 2004).

O uso de culturas alternativas como a ervilhaca comum e o nabo forrageiro, além de propiciarem cobertura ao solo, apresentam, respectivamente, potencial de fixação de N atmosférico e alta capacidade de reciclagem de N de camadas mais profundas para a superfície do solo (STRIEDER et al., 2006). Tais fatores contribuem para a maximização do rendimento do milho em sucessão.

Estudos que indicam o sistema de rotação de culturas e o manejo de solo que propiciam maior eficiência na disponibilização de nitrogênio para o milho resultam em maior rendimento de grãos desta gramínea. Tal fator possibilita também, uma melhor recomendação de adubação e a criação de um modelo de produção, que eleve as produtividades desta cultura e reduza os custos de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito das plantas de cobertura do solo cultivadas em diferentes sistemas de manejo, sobre os componentes de rendimento e o rendimento de grãos da cultura do milho cultivada em sucessão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a altura de inserção de espiga, o diâmetro de colmo, fileiras por espiga, grãos por espiga e peso de mil grãos de milho;

Determinar a resposta produtiva da cultura do milho cultivada sobre diferentes sistemas de manejo de solo e em sucessão a diferentes espécies de cobertura de inverno, observando se há interação entre os fatores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia (produção de plásticos biodegradáveis ou etanol, por exemplo). É a mais importante planta comercial originada nas Américas, sendo seu centro de origem o México. Também é uma das culturas mais antigas do mundo, cultivada há pelo menos 5000 anos (DUARTE, 2000).

O milho é o cereal mais produzido no mundo. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2011), nos últimos cinco anos, a produção média foi de 778,8 milhões de toneladas. Os Estados Unidos são os maiores produtores mundiais de milho, seguidos da China e do Brasil. Nos Estados Unidos a maior parte do milho é destinada à alimentação animal, e cerca de 1/3 da demanda norte-americana de milho é utilizada na produção de etanol. Os maiores exportadores deste cereal são os Estados Unidos, seguidos da Argentina. Nos últimos cinco anos, a Ucrânia elevou em 480% o volume exportado, desbancando o Brasil da terceira para a quarta posição no ranking de maiores exportadores (DEMARCHI, 2011).

No Brasil, a área cultivada com milho na safra 2013/14 foi de 15,46 milhões de hectares, com produtividade média de 4879 kg ha⁻¹ e produção total de 75,45 milhões de toneladas, 7,4% inferior à safra anterior, em virtude da redução da área plantada deste cereal nas regiões Sul e Centro-Oeste. O Mato Grosso destaca-se como principal estado produtor representando 21,88%, seguido do Paraná com 20,42% da produção brasileira (CONAB, 2014).

Na região Sudoeste do Paraná, além de ser uma cultura importante nos esquemas de rotação, o milho é muito utilizado pelos agricultores familiares devido ao seu importante papel na alimentação do rebanho bovino. Por ter um custo de produção mais elevado e pelo preço pago ao produtor ser de apenas 1/3 em relação à soja, o milho vem perdendo espaço para esta cultura, inclusive no cultivo de safrinha. Entretanto, devido à falta de rotação de culturas e a rápida taxa de decomposição dos resíduos da soja, os solos paranaenses voltaram a conviver com a erosão e, neste caso, o milho voltou a ser mencionado como uma cultura fundamental para produzir biomassa e retardar a decomposição da mesma, cobrindo o solo por mais tempo.

3.2 SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E RENDIMENTO DO MILHO

O plantio direto (PD) é caracterizado pelo não revolvimento do solo, resultando no acúmulo de matéria orgânica e nutrientes na superfície do solo, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. De acordo com Costa et al. (2009), no Brasil, o sistema plantio direto vem se expandindo exponencialmente desde o início da década de 1990. Para o ano agrícola 2011/12, a área de plantio direto no Brasil foi de 31,81 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2013).

O sistema plantio direto resulta em melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Fernandes et al. (1999) verificaram ainda, que tal sistema também contribui para a intensificação da atividade biológica do solo em virtude da maior presença de matéria orgânica, favorecendo a estabilidade dos agregados, a retenção de umidade e a melhoria do processo de infiltração de água. Os mesmos autores, avaliando a influência de diferentes sistemas de preparo de solo na produção de milho, verificaram maior produção de matéria seca de palhada e de grãos no sistema PD em relação ao sistema convencional.

A manutenção de palhada na superfície resulta na proteção do solo e redução do risco de erosão. Porém, para Martinazzo (2006), se mal manejado, o sistema plantio direto pode apresentar problemas de ordem física como a compactação causada pelo tráfego intensivo de máquinas e manejo do solo sob condições de umidade inadequada. Portanto, o PD deve ser monitorado frequentemente, visando corrigir suas eventuais dificuldades para manter o sistema produtivo e sustentável.

O sistema de plantio convencional (PC) se caracteriza pelo preparo do solo com utilização de uma aração e duas gradagens. Já, o cultivo mínimo (CM) refere-se à redução de uma ou mais operações de preparo do solo, podendo ser realizado somente com uma escarificação.

O plantio convencional apresenta como vantagem o fato de o revolvimento do solo acelerar a mineralização dos componentes orgânicos pelos microorganismos, o que contribui para tornar os nutrientes rapidamente disponíveis para as plantas. Porém, o revolvimento intensivo diminui a fertilidade dos solos, uma vez que aumenta a oxidação da matéria orgânica e as perdas pelos processos de erosão (IDO & OLIVEIRA, 2013). Além disso, o preparo intensivo do solo, no sistema de cultivo convencional, desagrega as partículas da camada superficial do solo, aumenta a possibilidade de translocação de argila no perfil, e, por conseguinte, a compactação,

levando à diminuição de infiltração de água (ALVARENGA et al., 1987; GABRIEL FILHO et al., 2000; PAVAN JUNIOR, 2006; SILVA, 2008).

Na região Sudoeste do Paraná as culturas de verão, entre elas o milho, são estabelecidas na lavoura no sistema plantio direto. Porém, as plantas de cobertura que a antecedem, em muitos locais, são semeadas com algum revolvimento de solo, devido à falta de semeadora para plantio direto de culturas de inverno (menor espaçamento). Esta ausência de semeadora para culturas de inverno ocorre principalmente em pequenas propriedades, em função da baixa renda dos agricultores familiares e do elevado custo das semeadoras. Neste caso, a aveia é a espécie mais utilizada e as sementes são jogadas a lanço com posterior gradagem para a sua incorporação, num sistema que aqui será caracterizado com o nome de cultivo mínimo.

Além disso, alguns produtores, por entenderem que o solo apresenta problemas de compactação, ainda fazem uso da aração e gradagem de tempos em tempos, fato que pode prejudicar a consolidação do sistema plantio direto.

3.3 INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA SOBRE O RENDIMENTO DO MILHO

A utilização de plantas de cobertura de inverno é uma técnica bastante utilizada pelos agricultores para oferecer proteção ao solo, através da manutenção da palhada e, como consequência, reduzir os problemas com a erosão e perda de nutrientes.

A aveia preta tornou-se a principal planta de cobertura de inverno antecedendo as culturas comerciais de verão, como a soja e o milho. Dentre as suas vantagens destacam-se: a facilidade de aquisição de sementes, o elevado rendimento de massa seca de parte aérea, o controle da erosão do solo, o aumento da infiltração de água e do conteúdo de carbono orgânico do solo, a ciclagem de nutrientes e o controle de plantas daninhas (DEBARBA & AMADO, 1997; AMADO & MIELNICZUK, 2000; STRIEDER et al., 2006).

Para Strieder et al. (2006), o fato de a aveia preta apresentar elevada relação carbono/nitrogênio (C/N), faz com que ocorra imobilização do N do solo pela biomassa microbiana. Desta forma, ocorre a diminuição da disponibilidade de N, o que acarreta em deficiência deste nutriente nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho cultivado em sucessão.

O nabo forrageiro, uma das espécies mais utilizadas em rotação de culturas, tem demonstrado potencial de acúmulo de 42,8 a 150 kg ha⁻¹ de N (GIACOMINI et al., 2003; LIMA et al., 2007; CASSOL et al., 2010). O nabo, que é uma crucífera anual de elevada rusticidade, possui habilidade de extrair nitrogênio das camadas mais profundas do solo, podendo chegar a 220 kg ha⁻¹ de N reciclado (HEINZMANN, 1985; STRIEDER et al., 2006). Essa espécie apresenta estabelecimento e desenvolvimento na fase inicial rápido, com altos rendimentos de matéria seca, possuindo um ciclo curto propiciando a semeadura precoce do milho em sucessão (SILVA et al., 2007). Em função do sistema radicular agressivo, o nabo é uma planta excelente em aumentar a porosidade do solo e é muito importante para aqueles produtores que entendem (mesmo sem nenhuma quantificação) que a superfície do solo está dura e necessita de revolvimento mecânico. Infelizmente, pelo uso de sementes não fiscalizadas, o nabo também é uma planta hospedeira do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), fato que vem reduzindo o seu uso, especialmente quando a cultura em sucessão é a soja.

O uso de espécies leguminosas em cobertura de solo, como a ervilha e a ervilhaca, aumenta a disponibilidade de N no sistema e sua absorção pela planta e, conseqüentemente, a produtividade de grãos de milho. A quantidade de N fornecida pelas espécies leguminosas pode chegar a 220 kg ha⁻¹ (MONEGAT, 1991; BORTOLINI et al., 2000). Aita et al. (2001), num tratamento sem adubação nitrogenada obtiveram rendimentos de 4548 e 3635 kg ha⁻¹ para o milho cultivado em sucessão à ervilhaca e ervilha, respectivamente. Já, o rendimento do milho cultivado após aveia preta foi de apenas 2188 kg ha⁻¹, fato este que comprova que a utilização de leguminosas constitui uma fonte alternativa de N para o milho cultivado em sucessão.

Ainda, segundo Bortolini et al. (2000), apesar destas vantagens, a utilização de leguminosas como espécies antecessoras ao milho é pequena. Isto porque, apresentam maior custo em relação às gramíneas, tem desenvolvimento inicial lento e, principalmente, apresentam rápida decomposição de seus resíduos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi implantado em 2011 na área experimental do curso de Agronomia da UTFPR – Câmpus Pato Branco; altitude de 730 m, latitude de 26°41'S e longitude 56°07'W. O solo do local é um Latossolo Vermelho distrófico, com 750 g kg⁻¹ de argila, 1,4 g kg⁻¹ de areia e 248,6 g kg⁻¹ de silte. O clima no local é do tipo Cfa, com temperatura no mês mais frio inferior a 18°C, e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, sendo que a precipitação anual varia de 1.400 a 1.800 mm.

No momento da implantação do experimento (maio/2011), o solo apresentava as seguintes características químicas: pH(CaCl₂) 5,4; M.O. (combustão úmida) 51,80 g dm⁻³; P disponível : 12,3 mg dm⁻³ e K trocável 0,44 cmol_c dm⁻³ (ambos extraídos por Mehlich-1); Ca trocável 5,6 cmol_c dm⁻³, Mg trocável 3,6 cmol_c dm⁻³ e Al trocável 0,0 cmol_c dm⁻³ (ambos extraídos por KCl 1M); CTC 14,3 cmol_c dm⁻³ e V 68,1%.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais (6m de largura x 40m de comprimento) são testados três sistemas de manejo do solo: plantio convencional, cultivo mínimo e plantio direto. Já, nas subparcelas (6m de largura x 10m de comprimento) são implantadas as quatro plantas de cobertura de inverno.

O sistema de preparo convencional (PC) é constituído por uma aração e duas gradagens com grade niveladora, tanto na semeadura da cultura do inverno como na semeadura da cultura do verão. Para o sistema de cultivo mínimo (CM) é realizada semeadura a lanço da cultura de inverno com uma gradagem para incorporação da semente e semeadura sob plantio direto no verão. Já no plantio direto (PD), a semeadura é realizada com revolvimento do solo apenas na linha de semeadura, tanto na cultura do inverno como na cultura do verão. Assim, os três sistemas de manejo do solo aplicados no inverno e no verão são, respectivamente, PC-PC, CM-PD e PD-PD.

As plantas de cobertura de inverno são aveia preta (*Avena strigosa*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), ervilhaca (*Vicia villosa*) e ervilha (*Pisum sativum*). No verão a cultura do milho é estabelecida sobre os resíduos destas quatro plantas de cobertura.

A semeadura do milho foi realizada no dia 09 de outubro de 2013, utilizando o híbrido Agrocere AG 8060 YG, material de alta produtividade e boa resposta à adubação nitrogenada. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,70m. Para a adubação de base da cultura do milho aplicou-se 375 kg ha⁻¹ de formulado 2-20-15 e a adubação de cobertura com 150 kg de N ha⁻¹, usando ureia como fonte e aplicada no estágio de 4-6 folhas, em todo o experimento.

4.3 CARACTERES AVALIADOS

Nesse trabalho foi avaliado apenas o desenvolvimento da cultura do milho em sucessão às plantas de cobertura. No dia 30 de janeiro de 2014, mediu-se a altura de inserção de espiga em 10 plantas de cada parcela utilizando uma régua. Nos dias 07 e 08 de fevereiro de 2014, foram realizadas medições do diâmetro de colmo, na altura do segundo nó, de 10 plantas de cada parcela. Para verificação deste componente, foi utilizado um paquímetro digital.

A colheita das plantas de milho foi realizada nos dias 10, 11 e 12 de março de 2014, coletando-se as 3 linhas centrais de cada parcela em 6m de comprimento, totalizando uma área de colheita de 16,8m². Após a colheita, foram retiradas aleatoriamente 10 espigas de cada parcela para determinação dos componentes de rendimento (número de fileiras por espiga, grãos por espiga e peso de mil grãos). As amostras colhidas foram trilhadas e pesadas para determinar o rendimento de grãos de cada parcela após correção de umidade a 13%, conforme metodologia citada por Weber (1995).

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS

Após tabulados, os dados foram submetidos à análise de variância e testados pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Havendo significância, a média dos tratamentos foi comparada pelo teste de Tukey a 5% de significância. O programa estatístico utilizado foi o Genes (CRUZ, 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificaram-se diferenças estatísticas significativas ($p > 0,01$ e $p > 0,05$) para o número grãos por espiga e rendimento de grãos, respectivamente, e estas diferenças foram atribuídas às plantas de cobertura. Os coeficientes de variação para esse tratamento oscilaram entre 2,86 e 5,71%, indicando boa precisão das inferências testadas e correta condução experimental (Tabela 1).

Não houve efeito significativo dos sistemas de manejo de solo para os caracteres avaliados e também não houve interação entre os tratamentos (sistemas de manejo x plantas de cobertura).

Tabela 1 – Quadrados médios da análise de variância para os caracteres: altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), fileiras por espiga (F/E), grãos por espiga (G/E), peso de mil grãos (PMG) e rendimento de grãos (RG).

Causas de Variação	Variáveis					
	AIE	DC	F/E	G/E	PMG	RG
Blocos	0,002 ^{ns}	46,05 ^{ns}	0,091 ^{ns}	615,866 ^{ns}	97,879 ^{ns}	769.504,891 ^{ns}
Parcela (A)	0,001 ^{ns}	0,239 ^{ns}	0,617 ^{ns}	3.134,61 ^{ns}	233,161 ^{ns}	805.278,639 ^{ns}
Erro a	0,005 ^{ns}	19,618 ^{ns}	0,149 ^{ns}	2.182,937 ^{ns}	712,886 ^{ns}	428.527,779 ^{ns}
Subparcela (D)	0,004 ^{ns}	1,078 ^{ns}	0,371 ^{ns}	6.269,45**	273,549 ^{ns}	801.124,564*
Interação AxD	0,002 ^{ns}	1,926 ^{ns}	0,342 ^{ns}	583,369 ^{ns}	126,116 ^{ns}	180.800,414 ^{ns}
Erro b	0,002 ^{ns}	1,874 ^{ns}	0,247 ^{ns}	834,715 ^{ns}	412,554 ^{ns}	200.705,405 ^{ns}
CV Parcela	5,02	17,03	2,21	7,24	7,51	7,63
CV Subparcela	3,14	5,26	2,86	4,48	5,71	5,22

Valores seguidos de * e ** são respectivamente significativos a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns} não significativo.

Observou-se maior número de grãos por espiga para o milho cultivado sob ervilhaca (664,72); com diferenças estatísticas significativas com relação ao milho cultivado sob o nabo forrageiro e aveia preta que apresentaram 632,04 e 619,4 grãos por espiga, respectivamente (Figura 1).

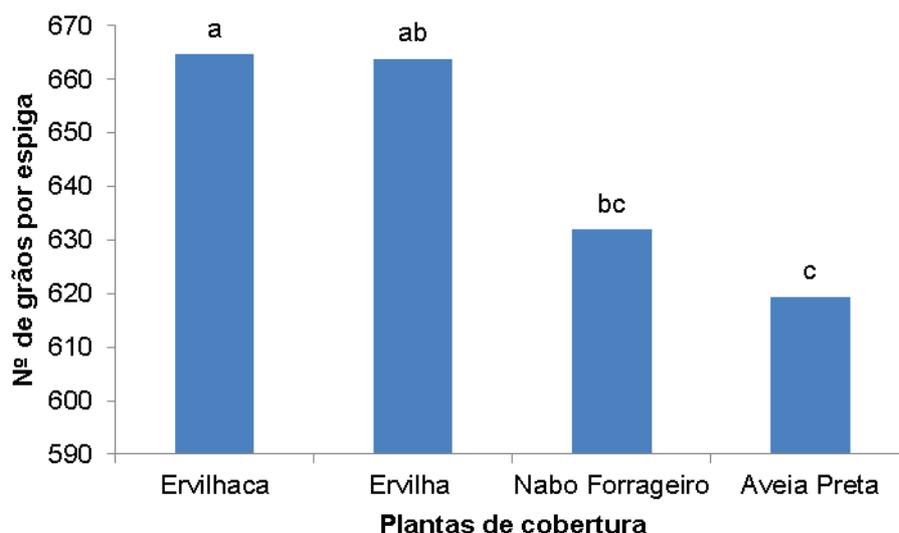


Figura 1: Número de grãos por espiga de milho cultivado em sucessão à plantas de cobertura de solo. ¹Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A utilização de leguminosas antecedendo a cultura do milho tende a maximizar a absorção de N pela planta e melhorar a expressão dos componentes de rendimento. Ohland et al. (2005) verificaram que o milho cultivado após a ervilhaca proporcionou incremento no diâmetro da espiga, diferindo significativamente da sucessão nabo forrageiro/milho. O diâmetro de espiga é amplamente relacionado ao número de fileiras por espiga e número de grãos por espiga que também são determinantes à produtividade do milho. Nesse trabalho não foi avaliado o diâmetro da espiga, no entanto é possível pressupor, pelo efeito sobre o número de grãos por espiga, de que as plantas leguminosas teriam contribuído para o aparecimento de espigas de milho com maior diâmetro.

Observou-se maior rendimento de grãos para o milho cultivado sobre resíduos de ervilhaca (8866,31 kg ha⁻¹), valor este 7,11% superior em relação ao milho cultivado sob aveia preta que teve rendimento de 8277,22 kg ha⁻¹, diferindo estatisticamente entre si (Figura 2).

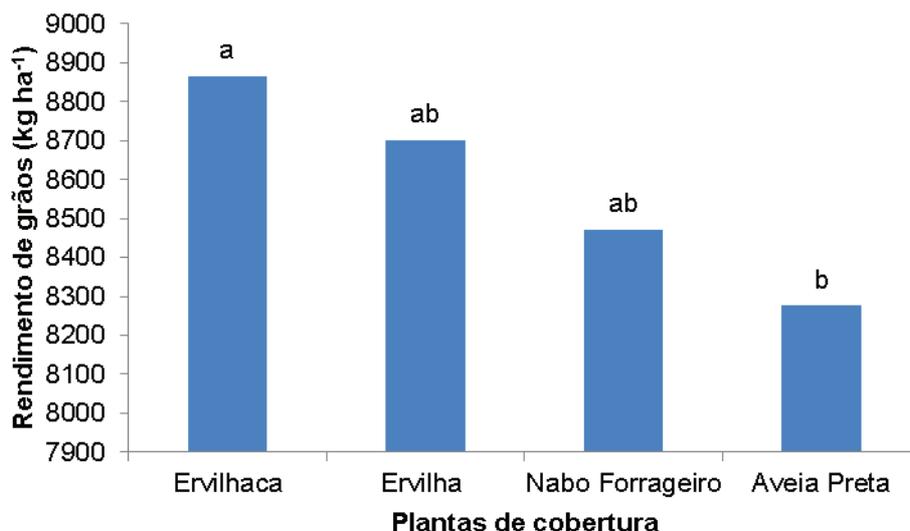


Figura 2: Rendimento de grãos do milho cultivado em sucessão à plantas de cobertura de solo. ¹Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O milho em sucessão à ervilhaca comum tende a apresentar um incremento de produtividade. Argenta et al. (2002) observaram rendimento de grãos 105 e 46% superior no milho em sucessão à ervilhaca em Eldorado do Sul e Veranópolis, respectivamente, em relação ao milho cultivado após aveia preta. Tal aumento de rendimento pode ser explicado pela maior disponibilidade de N através da utilização de leguminosas como culturas antecessoras (ARGENTA & SILVA, 1999).

O elevado rendimento de grãos do milho cultivado após a ervilhaca deve-se à baixa relação C/N e a alta velocidade de liberação de nitrogênio dos resíduos, uma vez que estima-se que aproximadamente 60% do N da matéria seca da ervilhaca seja liberado durante os primeiros 30 dias após seu manejo (SILVA et al., 2006).

Estes trabalhos evidenciam a importância da ervilhaca no aumento da disponibilidade de nitrogênio do solo e explicam o rendimento superior do milho cultivado em sucessão às leguminosas em relação ao milho cultivado após aveia preta.

Nesse trabalho, as diferenças no rendimento de grãos de milho só não foram maiores entre as espécies, especialmente entre ervilhaca e aveia, pelo fato de ter sido feita uma adubação nitrogenada usando 150 kg de N ha⁻¹, no estágio de 4-6 folhas recém-expandidas. Tal adubação foi realizada com o intuito de representar uma situação de campo mais usual, uma vez que todos os agricultores da região fazem a adubação

nitrogenada do milho. Mesmo assim, a ervilhaca se sobressaiu produzindo cerca de 10 sacas de milho por hectare a mais que quando cultivado sobre aveia.

Uma alternativa para reduzir a imobilização de N por plantas de aveia seria utilizá-la em consórcio com leguminosas. De acordo com Ceretta et al. (2002), é importante a presença de ervilhaca na consorciação com aveia preta, uma vez que isto permite um aumento na disponibilidade de nitrogênio no solo e benefícios à nutrição de gramíneas em sucessão. Heinrichs et al. (2001), avaliando o rendimento de grãos do milho cultivado em sucessão ao consórcio de ervilhaca e aveia, encontraram decréscimos no rendimento do milho conforme o aumento da participação de sementes de aveia no consórcio. A produtividade do milho para o tratamento com 100% de aveia foi de 2380 kg ha⁻¹, valor este muito inferior ao de 5440 kg ha⁻¹ para o tratamento com 100% de ervilhaca.

Com relação à proporção de sementes das espécies nestes sistemas de consórcio, Bortolini et al. (2000) verificaram que, à medida que se aumenta a proporção de sementes de ervilhaca no consórcio com aveia preta, aumenta o rendimento de grãos de milho e a quantidade de nitrogênio acumulada pela planta, principalmente quando cultivado sem aplicação nitrogenada.

Os diferentes sistemas de manejo de solo (plantio direto, cultivo mínimo e plantio convencional) não tiveram efeito sobre os componentes de rendimento e rendimento de grãos da cultura do milho. Isto pode ser explicado pelo fato da área utilizada para realização do experimento apresentar baixa declividade, o que reduz os problemas com erosão, mesmo com o revolvimento do solo. O período de ciclo da cultura, que foi de outubro de 2013 a março de 2014, foi caracterizado por um elevado regime pluviométrico, fato este que garantiu boa manutenção da umidade do solo em todos os sistemas de manejo e foi determinante para não haver diferenças de produtividade entre os mesmos. Esses resultados são semelhantes aos observados por Bayer et al. (1998) onde os métodos de preparo do solo não afetaram o rendimento do milho.

Além disso, a condição nutricional do solo ainda é altamente favorável, especialmente pelo elevado teor de matéria orgânica. Associado a mineralogia caulínica e oxídica deste solo, isto significa uma elevada proteção física à matéria orgânica, retardando a sua degradação mesmo que sob efeito de sucessivas arações e gradagens. Espera-se algum efeito dos sistemas de manejo do solo mais a longo prazo.

6 CONCLUSÃO

Os diferentes sistemas de manejo do solo não influenciaram os componentes de rendimento e rendimento de grãos da cultura do milho. O milho em sucessão à ervilhaca apresentou maior número de grãos por espiga e maior rendimento de grãos em relação às outras plantas de cobertura utilizadas, especialmente em relação à aveia preta que proporcionou o menor rendimento de grãos.

7 REFERÊNCIAS

- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. **Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho.** R. Bras. Ci. Solo, 25:157-165, 2001.
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; PACHECO, E. B. **Preparo do solo.** Informe Agropecuário, v, 13, n, 147, p, 40-45, março, 1987.
- AMADO, T. J. C. & MIELNICZUK, J. **Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo.** R. Bras. Ci. Solo, 24:179-189, 2000.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BARNI, N. A.; SUHRE, E.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M.L.; TEICHMANN, L.; ANJOS, C. S. **Sistemas de cobertura de solo e seus efeitos sobre o rendimento de grãos de milho, em dois ambientes contrastantes.** Porto Alegre. 2002.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. **Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta.** Ciência Rural, Santa Maria, v.29, n.4, p.745-754. 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. **Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho.** Ciência Rural, v. 28, n. 1, 1998.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão.** R. Bras. Ci. Solo, 24:897-903, 2000.
- CASSOL, L. C.; SILVA, L. H. R.; BORTOLINI, D.; ROCHA, K. F. **Utilização do nabo forrageiro e da aveia preta intercalares ao cultivo do milho e do trigo no sudoeste do Paraná.** In: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Guarapari – ES, Brasil, 2010.
- 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, v. 32, n. 1, 2002.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Brasília: Conab. v.1, n.1, p. 63-69. 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 20 de abr. 2014.
- COSTA, S. E. V. G. A.; SOUZA, E. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; CAO, E. G.; HOLZSCHUC, M. J. **Phosphorus and Root Distribution and Corn Growth as Related to Long-Term Tillage systems and Fertilizer Placement.** R. Bras. Ci. Solo, 33: 1237-1247, 2009.
- CRUZ, C.D. **GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics.** Acta Scientiarum. v.35, n.3, p.271-276, 2013.

DEBARBA, L. & AMADO, T. J. C. **Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no sul do Brasil com características de sustentabilidade.** R. Bras. Ci. Solo. p. 473-480. 1997.

DEMARCHI, M. **Análise da Conjuntura Agropecuária – Safra 2011/12 – Milho.** Curitiba – PR. SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. 2011. Disponível em:

<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/milho_2011_12.pdf>. Acesso em: 21 de abr. 2014.

DUARTE, J. O. **Introdução e Importância Econômica do Milho.** São Paulo: Embrapa. 2000. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>>. Acesso em 21 de abr. 2014.

FEBRAPDP, Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. 2013. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.jpg>. Acesso em: 23 de abr. 2014.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; NETO, A. E. F.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. A. **Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.9, p.1691-1698. 1999.

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A. S.; STROHHAECKER, L.; HELMICH, J. J. **Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta.** Ciência Rural, v, 30, n, 6, 2000.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. **Matéria Seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo.** Revista Brasileira Ciência do Solo, 27:325-334, 2003.

HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. **Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão.** R. Bras. Ci. Solo, 25:331-340, 2001.

HEINZMANN, F. X. **Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno.** Pesq Agropec Bras. 20:1021-1030, 1985.

IDO, O. T.; OLIVEIRA, R. A. **Sistemas de Cultivo.** Setor de Ciências Agrárias, UFPR. 2013.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ALVES, B. J. R.; CABALLERO, S. S. U.; SANTANA, D. G. **Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado.** Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.

LIMA, J. D.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, R. K.; SOLIMAN, E. P.; MORAES, W. S. **Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum*) como adubo verde.** *Pesq Agropec Trop.* v.37, p. 60-63, 2007.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado.** Dissertação de Mestrado, UFSM. Santa Maria, RS, Brasil. 2006.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura de solo: características e manejo em pequenas propriedades.** Chapecó, Edição do Autor, 337 p. 1991.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. **Culturas de cobertura de solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto.** *Ciênc. agrotec., Lavras,* v. 29, n. 3, p. 538-544, maio/jun., 2005.

PAVAN JÚNIOR, A. **Sistema plantio direto: avaliação de semeadora em função do manejo da palhada e velocidade de trabalho na cultura da soja.** Dissertação de Mestrado. Jaboticabal: Unesp. 2006.

SILVA, L. G. **Uso e monitoramento de indicadores microbiológicos para avaliação da qualidade dos solos de cerrado sob diferentes agroecossistemas.** Dissertação de Mestrado. Brasília: UNB. 2008.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. L. **Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* v. 42, n.12, 1755-1761, 2007.

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, mai-jun, 2006.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; RAMBO, L.; ENDRIGO, P. C. **Época de aplicação da primeira dose de nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno.** *R. Bras. Ci. Solo,* 30:879-890, 2006.

USDA - United States Department of Agriculture. 2011. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 21 de abr. 2014.

WEBER, E. A. **Armazenagem Agrícola.** Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Croqui da área experimental.

