

**Manejo de plantas espontâneas e adubação nitrogenada com adubos verdes e consórcio: desafios para a transição agroecológica na produção de milho**

Management of spontaneous weeds and fertilization of nitrogen with green manure and consortium of plants: challenges of agroecological transition in corn production systems

CAPELLESSO, A. J.<sup>1</sup>. ; MARTINS, D. A. ; MÜLLER, J.<sup>2</sup> ; MUNIZ, J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor de produção vegetal agroecológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) Câmpus São Miguel do Oeste (SMO). adinor.capellesso@ifsc.edu.br; diego.martins@ifsc.edu.br; <sup>3</sup>Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus Bento Gonçalves. jonatan.muller@bento.ifrs.edu.br; <sup>4</sup>Técnica da Área de Recursos Naturais do IFSC - Câmpus Lages. janainamuniz@gmail.com

---

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de adubos verdes de inverno e de consórcios com leguminosas perenes e anuais de verão sobre a produtividade da cultura de milho. O experimento foi conduzido com semeadura direta sem o uso de agrotóxicos nas safras agrícolas 2012/13 e 2013/14. O delineamento experimental foi inteiramente causalizado e os tratamentos constituíram-se de *Avena strigosa* (a), *Avena strigosa* + *Vicia sativa* (b), *Trifolium rappens* perene (c), *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + capina (d), *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + *Mucuna deeringiana* (e), *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + *Crotalaria spectabilis* (f). O consórcio *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + capina proporcionou os maiores ganhos, com aumento de 64% na produção de milho em relação à *Avena strigosa* + *Vicia sativa*. Não houve diferença do consórcio *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + capina aos demais tratamentos com consórcios de verão (c, e, f). Isto demonstra que o manejo de plantas espontâneas por meio do consórcio com leguminosas é viável.

**PALAVRAS-CHAVE:** produção orgânica, controle mecânico, plantas de cobertura, fixação biológica de nitrogênio.

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the effect of winter green fertilizers and consortia with perennial and summer annual legumes on the productivity of maize crop in agroecological transition system. The experiment was conducted in tillage without the use of pesticides in the crop year 2012-2013 and 2013-2014. The experimental design was completely randomized with six treatments: *Avena strigosa* (a), *Avena strigosa* + *Vicia sativa* (b), *Trifolium rappens* perennial (c), *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + weeding (d), *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + *Mucuna deeringiana* (e), *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + *Crotalaria spectabilis* (f). The *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + weeding provided the highest gains, with a 64% increase in maize production compared to *Avena strigosa* + *Vicia sativa*. There was no difference of the consortium *Avena strigosa* + *Vicia sativa* + weeding to the other treatments with summer consortia (c, e, f). This demonstrates that management of spontaneous plants through the consortium with legumes is feasible.

**KEYWORDS:** organic production, mechanical control, cover crops, biological nitrogen fixation.

## Introdução

A intensificação dos sistemas de produção agropecuária no Brasil ocorreu, principalmente, a partir da segunda metade do Século XX (GRAZIANO DA SILVA, 1982). As mudanças nos sistemas de produção tiveram como principal objetivo o aumento da produtividade, justificada pela necessidade de aumentar a produção de alimentos diante da crescente demanda alimentar (ODUM, 1988; FOLEY et al., 2011), tornar a agricultura um espaço lucrativo para o capital (DELGADO, 1985), acabar com a pobreza rural (SCHULTZ, 1965), reduzir a insalubridade do trabalho e liberar mão de obra para os centros urbanos.

A modernização agrícola brasileira incorporou insumos e técnicas produtivas mais tarde consideradas degradantes da natureza e da saúde humana, a exemplo da erosão dos solos decorrente do preparo com revolvimento, usos de agrotóxicos, hormônios e antibióticos (CAPELLESSO et al., 2016). A preocupação com os impactos desse modelo alimentou o desejo de criar sistemas produtivos mais sustentáveis (PRIMAVESI, 1997). O surgimento de várias correntes alternativas de produção permitiu o aprimoramento de técnicas que atendem – ao menos em certos pontos – a preocupação ambiental e com a saúde humana (BONILLA, 1992). O diálogo das correntes de base ecológica com o meio científico contribuiu para o aprimoramento da agroecologia – ciência que lança olhares interconectados sobre o espaço rural (GLIESSMAN, 2000; CAPORAL e COSTABEBER, 2004).

O cultivo convencional de milho, em propriedades familiares do Extremo Oeste Catarinense, utiliza insumos de forma intensiva, com destaque para herbicidas e adubação nitrogenada solúvel de síntese industrial. Com maior eficiência energética e rentabilidade equiparável aos sistemas convencionais mais intensivos, a produção de milho em sistemas de base ecológica vem alcançando produtividade intermediária e sendo cultivada em áreas de tamanho reduzido (CAPELLESSO et al., 2016). As duas principais limitações para a expansão da produção orgânica do milho são: (a) carência de fertilizantes nitrogenados e (b) falta de mão de obra para o controle mecânico de plantas espontâneas em maior escala. Além disso, o uso da aração e gradagem aumenta a erodibilidade do solo, o que contraria os pressupostos de sustentabilidade da produção orgânica (CAPELLESSO e CAZELLA, 2013).

A adoção do sistema de plantio direto, na agricultura convencional, vem contribuindo com a redução na

erosão dos solos (SILVA e MARIA, 2011). Contudo, o uso intensivo de agrotóxicos e de fertilizantes altamente solúveis eleva o custo de produção e os riscos diante da escassez hídrica recorrente, condição que afeta a viabilidade dos cultivos (CAPELLESSO et al., 2016).

As perdas de produção de origem climática são parcialmente contornadas mediante o acesso ao seguro agrícola, criado em 2003. Enquanto os agricultores familiares pagam 2% de prêmio ao seguro, as indenizações nacionais representaram em média 10,9% do valor enquadrado entre 2004 e 2013 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2014). Logo, o impacto nas finanças do Estado representou 8,9% do valor segurado, o que poderia ser menor com ajustes preventivos nos sistemas de produção (ZUKOUSKI, 2015). Já nos casos de perda de cobertura, o não recebimento da indenização pode comprometer as finanças da família e limitar sua reprodução social na atividade (VASCONCELOS, 2012). Além disso, ambientalmente, a sustentabilidade desse sistema produtivo depara-se com a baixa eficiência energética (CAPELLESSO e CAZELLA, 2013) e as contaminações de solo, água e alimentos com agrotóxicos, nitratos e nitritos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013).

O cultivo de plantas de cobertura de inverno e o consórcio com leguminosas, que ficaram em segundo plano no sistema convencional, são retomados pela agroecologia como alternativas para aperfeiçoar processos de fixação biológica de nitrogênio, manejar plantas espontâneas e aumentar o armazenamento de água no solo (CAPELLESSO et al., 2016). O uso de plantas de cobertura como a ervilhaca, *Vicia sativa*, permite suprir aproximadamente 50% da necessidade de N no cultivo do milho (BEUTLER et al., 1997).

O consórcio de milho com leguminosas anuais de verão permite ampliar a fixação de N, mas não gera aumento de produtividade durante o consórcio (MOURÃO et al., 2010). As leguminosas assimilam o N em seus constituintes orgânicos, sendo disponibilizado em maior quantidade pela decomposição e mineralização após a morte da planta (ACOSTA et al., 2014). Nesse caso, o consórcio pode contribuir com o aumento de produtividade da cultura subsequente pelo aumento da fertilidade do solo. Pereira et al. (2011) verificaram que houve competição da cultura de milho com *Crotalaria juncea*, o que exige avaliação dos efeitos dos consórcios sobre a cultura principal.

É recorrente, na literatura, avaliações demonstrando que a cobertura morta ou o consórcio com plantas de cobertura gera benefícios no controle de plantas

espontâneas (MONQUEIRO et al. 2009; CORREA et al., 2014). Estudos sobre o emprego de cobertura de verão com diferentes espécies evidenciaram que o controle de plantas espontâneas e a produtividade do milho são afetados por vários fatores, como a espécie de cobertura de maior importância (GOMES et al., 2014).

Estudando os efeitos dos resíduos de cobertura de leguminosas no manejo da cultura do milho, Rosa (2009) verificou que os resíduos de estilósantes propiciaram maior redução sobre as plantas espontâneas, enquanto os resíduos de mucuna anã, *Mucuna deeringiana*, permitem obter maior produtividade no milho. Almeida e Camara (2011) destacam que o consórcio de leguminosas com gramíneas permite ampliar o tempo de manutenção da palha sobre o solo e sincronizar a liberação de N com a cultura subsequente, o que pode ampliar seu potencial de controle sobre as plantas espontâneas e reduzir a lixiviação de N.

A cobertura verde de inverno pode consorciar plantas para fixar biologicamente N e oferecer alta produção de palha, a exemplo do que pode ser obtido com de aveia, *Avena sativa* + ervilhaca (BEUTLER, 1997). As espécies mais citadas para consórcio com o milho são a crotalária (*Crotalaria spectabilis*), mucuna anã, trevo branco (*Trifolium repens*) e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*).

O presente estudo objetivou avaliar os efeitos da adubação verde de inverno e do cultivo consorciado com leguminosas perenes e anuais de verão no manejo de plantas espontâneas e na produtividade de milho "Pixurum 05" na região Extremo Oeste Catarinense.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus São Miguel do Oeste, nas safras agrícolas 2012/13 e 2013/14. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico com 56% de argila e baixa fertilidade no início do experimento, conforme descrita na Tabela 1. A elevada acidez e presença de alumínio trocável exigiu correção do solo com aplicação de calcário para atingir pH em água 6,0. O experimento foi conduzido sem uso de agrotóxicos e com a substituição gradativa de

fertilizantes solúveis de síntese industrial por fontes orgânicas.

Na safra 2012/13, utilizou-se fertilizante solúvel de síntese industrial segundo recomendação da Comissão de Química e Fertilidade de Solo para expectativa de rendimento de milho de 8 t ha<sup>-1</sup> (TEDESCO et al., 2004). A aplicação de nutrientes e corretivos ocorreu a lanço utilizando como fontes super fosfato triplo, ureia, cloreto de potássio e calcário, os quais foram incorporados no sistema em duas etapas de preparo do solo e durante o desenvolvimento das plantas de cobertura: a) aplicação a lanço de 50% do calcário, 40% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 33% do K<sub>2</sub>O; b) preparo primário com aração profunda; c) 50% do calcário, 40% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 33% do K<sub>2</sub>O e 25% do N; d) preparo secundário com gradagem pesada. A opção pela aplicação de fertilizantes nas plantas de cobertura objetivou reduzir os efeitos negativos da elevada solubilidade dos fertilizantes nitrogenados de síntese industrial sobre o milho e ampliar a produção de biomassa.

Após o preparo primário e secundário do solo, as semeaduras de aveia preta e ervilhaca foram realizadas a lanço, sendo incorporadas superficialmente com grade leve. Durante o desenvolvimento das plantas de cobertura na safra 2012/13, aplicou-se, sem incorporação, 20% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 33% do K<sub>2</sub>O e 25% do nitrogênio. Como a ervilhaca não alcançou o desenvolvimento esperado, em virtude da escassez hídrica (37 dias) durante o inverno, aplicou-se mais 37,5% da recomendação de N aos 30 dias após a emergência do milho, totalizando 87,5% da recomendação de N (TEDESCO et al., 2004). Em complemento utilizou-se na linha de semeadura 330 kg ha<sup>-1</sup> de esterco de aves de postura peletizado da marca FERTICEL®, com 10% de umidade e N-P-K: 2 – 4,5 – 2,5.

Na safra 2013/14, utilizou-se somente fertilizante orgânico. A cama de aviário, com 25% de umidade e N-P-K: 3,8 – 4,0 – 3,5, foi espalhada a lanço e sem incorporação durante o desenvolvimento das plantas de cobertura de inverno, 70 dias antes do acamamento, constituindo-se em adubação do sistema. A dosagem seguiu a recomendação de 100% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para expectativa de rendimento de 8 t ha<sup>-1</sup> de milho, o que atendeu ainda 165% do K<sub>2</sub>O e 59% do N (TEDESCO et

Tabela 1 - Análise de solo, antes de instalar o experimento no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus São Miguel do Oeste, 2012.

pH-água 1:1	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	M. O. %	Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
4,5	1,5	35,0	3,0	2,0	1,1	0,7

Fonte: análise de solo (2012).

al., 2004). A subdosagem de N deveu-se à expectativa de aportes provenientes da fixação biológica de N advindas das leguminosas. Em complemento, utilizou-se, na linha de semeadura, 300 kg ha<sup>-1</sup> do esterco de aves de postura peletizado FERTICEL®.

Em síntese, como pode ser observado na linha do tempo (Tabela 2), o manejo do solo foi dividido em três momentos ao longo das duas safras: a) recuperação da área com manejo convencional do solo, com aração e gradagem, antes do início do experimento; b) semeadura a lanço das plantas de cobertura de inverno com incorporação superficial das sementes mediante grade leve acoplada a trator; c) acamamento da massa verde com rolo faca, seguindo-se a semeadura direta de milho.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente causalizado, com seis tratamentos e três repetições e parcelas de 6,0 m x 5,0 m. Entre as dezoito parcelas mantiveram-se 1,0 m de intervalo, com bordadura de 3,0 m no entorno. Os tratamentos constituíram em: T1: aveia; T2: aveia + ervilhaca; T3: trevo branco perene; T4: aveia + ervilhaca + capina no milho; T5: aveia + ervilhaca + mucuna anã em consórcio; e T6: aveia + ervilhaca + *Crotalaria spectabilis* em consórcio. Ocorreram alterações nos tratamentos ao longo dos dois anos de cultivo, destacando-se alterações nos tratamentos em virtude de ocorrências que atrasaram ou impediram o estabelecimento de plantas de cobertura (Tabela 3).

A implantação do amendoim forrageiro por meio de mudas ficou inviabilizada na safra 2012/13 em virtude da escassez hídrica. Após as duas tentativas frustradas, o consórcio foi substituído pela capina na safra 2013/14. O trevo branco, inoculado com *Rizobium leguminosarum*

bv *trifolii*, estabeleceu-se após a segunda semeadura, ao final do ciclo do milho da safra 2012/13. Logo, seus efeitos de consórcio aparecem somente na safra 2013/14 – ano agrícola em que o seu rápido rebrote suprimiu a aveia e ervilhaca, permanecendo como monocultivo no inverno.

A mucuna anã e a crotalária desenvolveram-se plenamente na safra 2012/13, mas não emergiram na safra 2013/14. Portanto, foi possível avaliar os efeitos dos consórcios anuais somente na safra 2012/13 e seus efeitos residuais na safra 2013/14.

Em ambas as safras o tratamento aveia utilizou 100 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. O consórcio utilizou-se 50 kg ha<sup>-1</sup> dessa gramínea combinada com 80 kg ha<sup>-1</sup> de ervilhaca. Cabe destacar que o desenvolvimento das plantas de cobertura de inverno ficou comprometido na safra 2012/13 em virtude da escassez hídrica, com 37 dias sem chuvas, ao longo do inverno, período iniciado dez (10) dias após a semeadura.

No final do inverno da safra 2012/13, ocorreu o ataque de lagarta *Pseudaletia* spp., no cultivo de aveia, realizando-se o controle biológico com vírus entomopatogênico do grupo baculovírus proveniente de lagartas mortas da própria área. A aplicação de óleo de neem *Azadiractha indica* com concentração de 1% foi utilizada na emergência do milho para controlar o restante das lagartas e garantir a uniformidade do estande. Para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e da lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*) utilizou-se como estratégia integrada de manejo uma cultivar de milho de polinização aberta Pixurum 05 e a liberação massal de *Trichogramma pretiosum*, na dosagem de 100.000 indivíduos ha<sup>-1</sup>. Na safra 2013/14 não foi necessário o controle de pragas.

Tabela 2 - Principais práticas realizadas durante a condução do experimento de manejo de plantas de cobertura nas safras agrícolas 2012/13 e 2013/14, São Miguel do Oeste, SC.

safra	data	Atividade desenvolvida
2012/13	15/06/2012	Calagem e adubação solúvel; aração e gradagem pesada; semeadura de aveia, ervilhaca e trevo banco; gradagem leve.
	11/09/2012	Plantio de mudas de amendoim forrageiro.
	22/09/2012	Acamamento das plantas de cobertura de inverno com grade.
	26/09/2012	Semeadura direta do milho e da mucuna anã e crotalária <i>spectabilis</i> nas entrelinhas.
	02/10/2012	Replante das mudas de amendoim forrageiro.
	31/10/2012	Segunda semeadura de trevo banco.
	10/02/2013	Colheita do milho safra 2012/13.
2013/14	26/04/2013	Semeadura de aveia e ervilhaca seguida de gradagem leve.
	09/10/2013	Acamamento da cobertura de inverno com rolo faca e semeadura direta do milho.
	14/10/2013	Semeadura de mucuna anã e crotalária <i>spectabilis</i> nas entrelinhas.
	11/11/2013	Capina no tratamento 4.
	25/02/2014	Colheita do milho safra 2013/14.

Tabela 3 – Plantas de cobertura e consórcio utilizados no sistema de manejo da cultura do milho “Pixurum 05”, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus São Miguel do Oeste

	safra 2012/13		safra 2013/14	
	inverno	verão	inverno	verão
T1	A	M	A	M
T2	A + E	M	A + E	M
T3	A + E	M + TB*	TB***	M + TB
T4	A + E	M + AF**	A + E	M + CP
T5	A + E	M + MA	A + E	M****
T6	A + E	M + CR	A + E	M****

A = aveia; E = ervilhaca; M = milho; TB = trevo branco; AF = amendoim forrageiro; CP = capina; MA = mucuna anã; CR = *Crotalaria spectabilis*. \* implantação efetiva só ao final do ciclo do milho; \*\* cultivo não estabelecido; \*\*\* rápido rebrote de TB, o que impediu o estabelecimento de A+E. \*\*\*\* MA e CR não emergiram.

Em ambas as safras, o milho de cultivar “Pixurum 05” foi implantado em semeadura direta após o acamamento das plantas de cobertura com grade ou rolo faca. Em virtude da adequação às máquinas disponíveis, na safra 2012/13 utilizou-se espaçamento entre linhas de 0,75 m, reduzido para 0,45 m na safra 2013/14. A densidade de semeadura em ambos os anos foi de 71.000 sementes ha<sup>-1</sup>.

Na safra de milho 2012/13 colheu-se duas linhas centrais com 4 m de comprimento, totalizando 6 m<sup>2</sup>. Na safra 2013/14 selecionaram-se seis linhas centrais com 5 m de comprimento, totalizando 13,5 m<sup>2</sup>. Em ambos os casos foram contabilizados o número de plantas e de espigas, seguindo-se a debulha com bateadeira mecanizada, pesagem e determinação de umidade para correção a 13%.

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade com o programa estatístico Winstat 2.0.

### Resultados e Discussões

A avaliação das duas safras não resultou em diferenças entre os tratamentos para o número de plantas por hectare (Tabela 4). Esse resultado pode ter relação com a uniformização do estande com raleio após a emergência.

O maior número de espigas no tratamento aveia (T1) em relação aos demais tratamentos na safra 2012/13 possivelmente tenha relação com o rebrote da ervilhaca

após o acamamento. Considerando que nessa safra foi aplicado ureia e ocorreu escassez hídrica na fase inicial de desenvolvimento, estima-se que o fator limitante para o milho tenha sido a escassez hídrica. A competição com a ervilhaca adulta ocorreu durante o período crítico de controle das plantas espontâneas. Com a morte tardia da ervilhaca, a decomposição liberou N em um momento diverso daquele de maior necessidade e eficiência para uso da cultura do milho, o que culminou em impactos diretos na produtividade (COELHO e FRANÇA, 1995).

Os efeitos do rebrote da ervilhaca demonstram a necessidade de ajustes para que o acamamento ocorra quando a planta se encontra na fase de formação dos grãos, pois sua competição com o milho gera efeitos negativos sobre o número de espigas e a produtividade. Na safra 2013/14, quando o acamamento resultou em morte efetiva dessa leguminosa, essa diferença desaparece em relação ao número de espigas e inverte-se para produtividade. Nessa segunda safra, o maior número de espigas passa a ser observado no tratamento de trevo branco (T3), possivelmente pela maior disponibilidade de N fixado biologicamente pelo trevo branco e ausência de palha de aveia imobilizando N na decomposição - pois essa gramínea não se estabeleceu no inverno devido ao rápido rebrote do trevo.

A crotalaria e a mucuna anã desenvolveram-se satisfatoriamente nas entrelinhas da cultura do milho na safra 2012/13. A mucuna anã (T5) não afetou a

Tabela 4 – Número de plantas, de espigas e produtividade da cultura do milho cv. Pixurum 05, conduzida sob seis diferentes sistemas de cobertura de solo e consórcio nas safras 2012/13 e 2013/14, São Miguel do Oeste, SC.

	safra 2012/13			safra 2013/14		
	Nº de plantas ha <sup>-1</sup>	Nº de espigas ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	Nº de plantas ha <sup>-1</sup>	Nº de espigas ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
T1	65.000 a	70.556 a	7.280 a	56.049 a	44.444 ab	2.746 c
T2	51.667 a	57.778 b	5.553 ab	50.856 a	40.000 b	3.395 bc
T3	58.333 a	59.445 ab	5.273 ab	60.000 a	53.827 a	4.310 abc
T4*	53.333 a	57.778 b	6.376 ab	55.062 a	47.654 ab	5.570 a
T5**	57.778 a	62.778 ab	5.262 ab	52.099 a	45.926 ab	4.704 ab
T6**	51.667 a	58.333 b	5.053 b	55.309 a	46.914 ab	4.310 abc
CV%	13,14	11,75	22,05	12,99	11,30	23,38

T1 – Aveia; T2 – Aveia + Ervilhaca; T3 – Trevo branco perene; T4 – Aveia + Ervilhaca + Capina na safra 2013/14; T5: Aveia + Ervilhaca + Mucuna anã; T6: Aveia + Ervilhaca + Crotalária. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferiram entre si no teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro. \* sem capina na safra 2012/13. \*\* consórcio somente na safra 2012/13, ficando resíduos das leguminosas para safra 2013/14.

a produção de grãos de forma significativa em relação a aveia + ervilhaca (T2), apresentando-se como um consórcio em potencial para fixar N no período de verão sem prejudicar a colheita mecanizada do milho. O elevado grau de umidade decorrente das chuvas, o ambiente sombreado e a proximidade do solo inviabilizaram a colheita de sementes dessa espécie, devido ao elevado grau de decomposição.

O consórcio com crotalária (T6) afetou, negativamente, a produtividade do milho na safra 2012/13. Esse resultado assemelha-se ao encontrado por Pereira et al. (2011), os quais verificaram que o consórcio com crotalária afetou negativamente a produtividade do milho. Como a competição não gerou diferença em relação a aveia + ervilhaca (T2), pode-se afirmar que essa diferença em relação ao tratamento aveia (T1) decorre da interação da crotalária com o rebrote da ervilhaca. A presença desse consórcio pode gerar prejuízos na colheita mecanizada, pois a sua altura dificulta a separação da palha pela colheitadeira.

Na safra 2013/14, deve-se considerar que o milho sofreu escassez hídrica no período de enchimento de grãos. A diferença de produtividade entre as safras não reflete somente os efeitos da mudança de fertilizantes de alta solubilidade para os orgânicos. Com diferenças entre tratamentos nessa safra, verificou-se que o uso da capina (T4) gerou 64% de aumento de produtividade de

milho. Considerando que sua diferença em relação a T2 foi somente a realização de capina, o desempenho obtido em T4 indica a importância dessa prática de manejo, ou de outros meios que garantam a redução da competição entre plantas espontâneas e a cultura durante o período crítico de controle.

Como não houve diferença de produtividade do tratamento aveia+ervilhaca+capina (T4) em relação aos tratamentos trevo banco (T3), aveia + ervilhaca + mucuna (T5) e aveia + ervilhaca + crotalária (T6) na safra 2013/14, pode-se indicar que a disponibilidade de N fixado, biologicamente, pelas leguminosas de verão, trevo branco, crotalária e mucuna, contribuiu com a produtividade da safra seguinte. Tais dados indicam ainda que a melhoria na fertilidade do sistema pode compensar parte da competição por plantas espontâneas. Como verificaram Beutler et al. (1997), o consórcio com leguminosas não gera contribuições para a produtividade de milho no mesmo ano de cultivo. A explicação provável é que as leguminosas fixam o N em seus constituintes orgânicos, o qual só é disponibilizado pela decomposição e mineralização após a morte da planta (ACOSTA et al., 2014). Corroborando esse estudo, o consórcio com mucuna anã e crotalária não geraram contribuições à cultura do milho no primeiro ano de consórcio (safra 2012/13), mas seus resultados apareceram no ano seguinte.

Beutler et al. (1997) citam que a ervilhaca atende 50% das exigências do N na cultura do milho. Embora a produtividade do consórcio aveia + ervilhaca (T2) tenha médias 23,5% superior a aveia solteira (T1) na safra 2013/14, o mesmo não resultou em diferença significativa. Tal resultado é corroborado por Silva et al. (2007), que não encontraram diferenças na produtividade do milho cultivado sobre as coberturas de aveia e do consórcio aveia + ervilhaca.

Em aplicação de N solúvel, Silva et al. (2007) verificaram que o uso solteiro da ervilhaca como cobertura de solo no inverno propiciou 15% de aumento na produtividade do milho quando comparado ao tratamento aveia. Esse resultado é semelhante ao observado neste trabalho na safra 2013/14. Já, para a safra 2012/13, deve-se considerar que ocorreu competição do milho com o rebrote da ervilhaca no período crítico de controle de plantas espontâneas, condição que alterou os resultados. Não havendo decomposição da ervilhaca, também não ocorreu a liberação do N fixado biologicamente no momento de maior exigência do milho.

Em experimento sem uso de fertilizantes nitrogenados solúveis, Silva et al. (2007) verificou diferenças na produtividade do milho associadas aos tratamentos de cobertura de solo. O emprego de ervilhaca resultou em produtividade de milho 49% superior ao tratamento em que essa espécie de cobertura foi consorciada com a aveia preta e 105% superior ao tratamento de aveia solteira. Segundo os autores, essas diferenças de produtividade não correspondiam ao N presente na parte aérea das plantas de cobertura. A ervilhaca apresentava 68 kg ha<sup>-1</sup> de N na parte aérea, enquanto o consórcio aveia + ervilhaca e apenas aveia possuíam, ambas, 50 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Acosta et al. (2014) demonstram que não basta considerar a quantidade de N na matéria seca, devendo-se analisar a sua liberação. Após 45 dias do manejo da adubação verde restava 50% da matéria seca de ervilhaca, sendo mineralizado 50% do total de N adicionado. Ou seja, houve liberação de 50% do N durante o período de maior exigência desse nutriente para o milho.

No caso da decomposição da palha de aveia, Acosta et al. (2014) verificaram imobilização de N após o manejo, mantendo-se níveis negativos pelo período de 60 dias. Assim, a palha de aveia gera prejuízos na disponibilidade de N para o milho durante o período de maior exigência da cultura. Somado aos estudos de Beutler et al. (1997) e Silva et al. (2007), pode-se apontar que quando o objetivo principal do consórcio for

o aporte de N para o cultivo, a ervilhaca deve ser utilizada solteira, sem o consórcio com aveia. No entanto, como evidenciado por Rizzardi e Silva (2006), o consórcio com aveia persiste como estratégia mais vantajosa quando o principal objetivo for a redução da infestação por plantas espontâneas. Além de ampliar o tempo de permanência de palhada sobre o solo, tal consórcio contribui para o controle de processos erosivos, favorece a biodiversidade edáfica e as complexas interações no sistema solo, as quais são de vital importância no cultivo agroecológico (PADOVAN et al., 2013).

O uso de trevo branco (T3) suprimiu a cobertura de aveia e ervilhaca no inverno, restando só essa leguminosa como cobertura de inverno. O seu resultado em relação a aveia (T1) e aveia + ervilhaca (T2) parece estar relacionada à fixação biológica de N durante seu desenvolvimento no inverno, bem como à ausência de palha de aveia imobilizando N na decomposição (ACOSTA et al., 2014).

O consórcio de trevo branco com milho não gerou prejuízos à cultura. Contudo, como o trevo tem rápido rebrote na primavera, esse pode comprometer o estabelecimento do estande do milho pelo abafamento. De acordo com Fonseca e Hanisch (2009), estima-se que o ajuste no manejo para evitar a competição inicial pode tornar esse consórcio promissor, pois essa leguminosa gera aporte de nitrogênio e promove a atividade biológica na rizosfera. Na perspectiva de integração agricultura e pecuária, no fim da safra de milho, existe ainda a possibilidade dessa planta de cobertura ser utilizada como pastagem com alto teor de proteína.

### Conclusões

O cultivo de milho sobre palha de aveia gera aumento de produtividade quando há aplicação de N via fertilizante solúvel, mas a palha sem aplicação de N o imobiliza gerando perda de produtividade. A falha no acamamento da ervilhaca pode resultar em rebrote que compete com o cultivo de milho e interfere negativamente na produtividade. Em ausência de rebrote dessa leguminosa, seu emprego gera aumento de produtividade pela rápida liberação de N. O controle mecânico de plantas espontâneas permite aumentar a produtividade na cultura do milho. O efeito da palha das coberturas de inverno e dos consórcios com leguminosas, por liberar N e reduzir a emergência de invasoras, reduzem os efeitos negativos das plantas espontâneas. A liberação do N do consórcio é efetiva no cultivo seguinte, após a decomposição da palha. O trevo

das plantas espontâneas. A liberação do N do consórcio é efetiva no cultivo seguinte, após a decomposição da palha. O trevo banco não prejudica a produtividade do milho, o que o torna um possível consórcio.

### Agradecimentos

Agradecemos à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação do IFSC pelo apoio financeiro à execução do projeto.

### Referências Bibliográficas

- ACOSTA, J. A. A. et al. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.44, n.5, p.801-809, 2014.
- ALMEIDA, K.; CAMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.6, n.2, p. 55-62, 2011.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Informações extraídas do Sistema de operação do crédito rural e do Proagro (Sicor)**. Novembro de 2014.
- BEUTLER, A. N. et al. Fornecimento de nitrogênio por plantas de cobertura de inverno e de verão para o milho em sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.27, n.4, p.555-560, 1997.
- BONILLA, J. A. **Fundamentos da Agricultura Ecológica**. São Paulo: Nobel. 1992. 260p.
- CAPELLEZZO, A. J. et al. Economic and environmental impacts of production intensification in agriculture: comparing transgenic, conventional and agroecological maize crops. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v.40, n.3, p.215-236, 2016.
- CAPELLEZZO, A. J.; CAZELLA, A. A. Indicador de sustentabilidade dos agroecossistemas: estudo de caso em áreas de cultivo de milho. **Ciência Rural**, v.43, n.12, p.2297-2303, 2013.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e Extensão Rural: contribuições para a promoção do Desenvolvimento Rural Sustentável**. Brasília: MDA/SAF/DATER/IICA, 2004, v.1, 166p.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Nutrição e Adubação: Seja o doutor do seu milho**. Piracicaba, SP, 1995. (Arquivo do Agrônomo Potafos, 2)
- CORREA, M. L. P. et al. da. Interferência do feijão-deporco na dinâmica de plantas espontâneas no cultivo do milho orgânico em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de agroecologia**, v.9, n.2, p.160-172, 2014.
- DELGADO, G. C. **Capital financeiro e agricultura no Brasil: 1965-1985**. São Paulo: Editora da Unicamp, 1985, 232p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical Yearbook 2013: World food and agriculture**. Rome: FAO, 2013, 289p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e.PDF>>. Acesso em: 20 nov. 2015.
- FOLEY, J. A. et al. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology**, v.5, n.1, p.25-32, 2007.
- FONSECA, J. A.; HANISCH, A. L. Uso de diferentes fontes de nutrientes de base agroecológica no desempenho produtivo do milho no consórcio milho x trevo branco. **Cadernos de Agroecologia**, v.4. n.1, p.593-596, 2009.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 656p.
- GOMES, D. S. et al. Supressão de plantas espontâneas pelo uso de cobertura vegetal de crotalária e sorgo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.9, n.2, p.206-213, 2014.
- GRAZIANO DA SILVA, J. A **modernização dolorosa: estrutura agrária, fronteira agrícola e trabalhadores rurais no Brasil**. Rio de Janeiro: Zahar, 1982. 192p.
- MONQUERO, P. A. et al. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta daninha**, v.27, n.1, p. 85-95, 2009.
- MOURÃO, S. A.; KARAM, D.; SILVA, J. A. A. Potencial de leguminosas utilizadas como adubo verde no manejo de plantas daninhas na cultura do milho, no Norte de Minas Gerais. In.: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p.3319-3326.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Tradução de Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1988. 434p.
- PADOVAN, M. P. et al. Pré-cultivo de adubos verdes ao milho em agroecossistema submetido a manejo ecológico no Cone Sul de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.3, p3-11, 2013.
- PEREIRA, L. C. et al. Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalaria juncea*: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.6,



n.3, p.191-200, 2011.

PRIMAVESI, A. **Agroecologia: ecosfera, tecnosfera e agricultura**. São Paulo: Nobel, 1997. 199p.

RIZZARDI, M. A.; SILVA, L. F. Influência das coberturas vegetais antecessoras de aveia-preta e nabo forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. **Planta daninha**, v.24, n.4, p.669-675, 2006.

ROSA, D. M. **Supressão de plantas invasoras e características agrônômicas da cultura do milho sob resíduos culturais e leguminosas em sistema de plantio direto**. 2009. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas- Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2009.

SCHULTZ, T. W. **A transformação da agricultura tradicional**. tradução de J. C. Teixeira Rocha. Rio de Janeiro: Zahar, 1965. 207p.

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

SILVA, R. L.; MARIA, I. C. de. Erosão em sistema plantio direto: Influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.554-561, 2011

TEDESCO, M. J. et al. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed., Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004.

VASCONCELOS, J. M. M. **Seguro da agricultura familiar (SEAF): História, implementação e desafios em Francisco Beltrão (PR)**, 2012. 136p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília. Brasília, 2012.

ZUKOWSKI, J. C. Seguro agrícola e desenvolvimento rural – contribuições e desafios do SEAF. In.: GRISA, C.; SCHNEIDER, S. (Org.). **Políticas públicas de desenvolvimento rural no Brasil**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2015. p.83-106. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/pgdr/publicacoes/livros/outras-publicacoes/politicas-publicas-de-desenvolvimento-rural-no-brasil>>. Acesso em: 10 jun. 2016.