

Avaliação de Sistema Empurra-puxa para o
Manejo da Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera
frugiperda*) do Milho em Ambientes Biodiversos



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
303**

**Avaliação de Sistema Empurra-puxa para o
Manejo da Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera
frugiperda*) do Milho em Ambientes Biodiversos**

*Cristine da Fonseca
Leticia Hellwig
Gustavo Schiedeck
Éberson Dietrich Eicholz*

**Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2018**

Embrapa Clima Temperado 19
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente
Ana Cristina Richter Krolow

Vice-Presidente
Enio Egon Sosinski

Secretário-Executivo
Bárbara Chevallier Cosenza

Membros
*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson,
Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto
Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica
Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica
Nathália Santos Fick (estagiária)

Foto capa
Gustavo Schiedeck

1ª edição
Obra digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Clima Temperado

A945 Avaliação de sistema empurra-puxa para o manejo
da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) do
milho em ambientes biodiversos / Cristine da
Fonseca... [et al.]. – Pelotas: Embrapa Clima
Temperado, 2018.
17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento /
Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518 ; 303)

1. Milho. 2. Lagarta militar. 3. Praga de planta.
I. Fonseca, Cristine. II. Série.

CDD 633.15

Sumário

Resumo5

Abstract7

Introdução.....8

Material e Métodos9

Resultados e Discussão12

Conclusões.....16

Referências16

Avaliação de Sistema Empurra-puxa para o Manejo da Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) do Milho em Ambientes Biodiversos

Cristine da Fonseca¹

Letícia Hellwig²

Gustavo Schiedeck³

Éberson Dietrich Eicholz⁴

Resumo –A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) é um dos principais problemas do cultivo de milho. O sistema empurra-puxa é uma estratégia de manejo baseada no uso de plantas capazes de alterar a distribuição e a abundância de insetos dentro de um cultivo, pelo uso de plantas repelentes e atrativas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o arranjo espacial de um sistema empurra-puxa voltado para a redução do nível de dano da lagarta-do-cartucho do milho, bem como seu efeito sobre a diversidade de outros insetos. Como espécie repelente foi utilizada *Tagetes minuta* e como atrativa o sorgo forrageiro. Foram testadas as variedades de milho ‘Brasino’ e ‘Dente de Ouro’, cultivadas fora e dentro do sistema empurra-puxa, e comparadas suas respostas produtivas, nível de dano nas folhas e índices de diversidade. O sistema empurra-puxa não afetou o rendimento das variedades de milho. O nível de dano nas folhas foi menor nas plantas dentro do sistema empurra-puxa, devido, sobretudo, à abundância de *Doru* sp., principal predador da lagarta-do-cartucho. O cultivo de *T. minuta* entre as plantas de milho não afetou a eficiência de *Doru* sp. em localizar as larvas de *S. frugiperda*.

Termos para indexação: *Tagetes minuta* L.; plantas bioativas; *Doru* sp.; inimigos naturais.

¹ Engenheira-agrônoma, mestre em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, UFPel, Pelotas, RS.

² Engenheira-agrônoma, mestre em Entomologia, doutoranda em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, UFPel, Pelotas, RS.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Evaluation of the Push-pull System for the Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Management in Biodiverse Environments

Abstract – The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) is one of the main problems of corn cultivation. The push-pull system is a management strategy based on the use of plants able to change the distribution and abundance of insects within a crop by cultivating repellent and attractive plants. The purpose of this work was to evaluate the spatial arrangement of a push-pull system aimed at reducing the damage level of the fall armyworm, as well as its effect on the diversity of other insects. *Tagetes minuta* was used as the repellent species and forage sorghum as the attractive one. ‘Brasino’ and ‘Dente de Ouro’ maize varieties were cultivated outside and within the push-pull system and their productive responses, leaf damage level and diversity indexes were compared. The push-pull system did not affect the yield of the varieties. The leaf damage level was lower in plants within the push-pull system, mostly due to the abundance of *Doru* sp., the main predator of the fall armyworm. *T. minuta* cultivated among corn plants did not affect the efficiency of *Doru* sp. to locate the fall armyworm.

Index terms: *Tagetes minuta* L.; bioactive plants; *Doru* sp.; natural enemies.

Introdução

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é um dos principais insetos causadores de danos no milho, afetando a cultura em todos os estádios de desenvolvimento (Araújo et al., 2011). Uma das estratégias de manejo ecológico, ainda pouco estudadas para o problema no Brasil, é o sistema empurra-puxa (SEP).

O SEP se baseia na manipulação da distribuição e abundância tanto de insetos prejudiciais quanto de seus inimigos naturais por meio de um arranjo espacial de plantas, afetando a localização da planta hospedeira e a alimentação ou oviposição, mediante diferentes estímulos, principalmente visuais e compostos semioquímicos voláteis liberados por plantas funcionais (Zhang et al., 2013). No Quênia, onde o SEP é estudado há mais tempo, a broca-do-colmo do milho é repelida pelo cultivo nas entrelinhas de espécies como *Desmodium* sp. ou capim-gordura, enquanto a atratividade aos insetos é realizada com o cultivo de capim-elefante ou sorgo, nas bordas (Pickett et al., 2014)

Apesar de ser um conceito relativamente simples, na prática, há muitos desafios a serem superados antes de se implantar um SEP, tais como identificar espécies com atividade atrativa e repelente sobre um inseto específico, sincronizar essas espécies com o cultivo de interesse e determinar um arranjo espacial eficiente e exequível. Nesse sentido, diversas possibilidades podem ser exploradas, conforme as necessidades e os recursos disponíveis (Eigenbrode et al., 2016). Além da redução de perdas causadas pelos insetos prejudiciais, o sistema empurra-puxa também pode prover outros benefícios, como a melhoria da fertilidade do solo pela adição de matéria orgânica ou, quando utilizadas espécies funcionais fixadoras de nitrogênio, redução do potencial erosivo, supressão de invasoras e produção de forragem para alimentação animal (Kassie et al., 2018).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o arranjo espacial de um sistema empurra-puxa proposto para a redução do nível de dano da lagarta-do-cartucho do milho, bem como seu efeito sobre a diversidade de outros insetos.

Material e Métodos

Escolha e arranjo espacial das espécies

O SEP foi planejado para manejar a lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)), utilizando-se as variedades 'Dente de Ouro' e 'Brasino'. Como espécie repelente ('empurra'), foi utilizada *Tagetes minuta* L., conhecida na região como chinchilho. As mudas de *T. minuta* foram produzidas em casa de vegetação, em bandejas com substrato formado por húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada (2:1, v/v), cuja semeadura foi realizada em 31 de outubro de 2016 e o transplante em 13 de dezembro, aos 43 dias. Para atuar como espécie atrativa ('puxa'), foi escolhido o sorgo forrageiro [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivar Fepagro RS 11.

O experimento foi instalado nas entrelinhas de um sistema agroflorestal com dois anos de implantação, na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado (31°31'15" S, 52°31'2" O). O sistema agroflorestal não foi usado como variável de estudo. O arranjo espacial de estudo foi composto por quatro repetições, com faixas de 30 m de comprimento e 12 m largura. Cada repetição foi constituída por uma fileira arbórea superior e outra inferior, além de uma terceira fileira na região central, todas espaçadas 6 m entre si (Figura 1).

Nas repetições, foram semeadas dez linhas de milho, com 0,8 m entre linhas e 0,3 m entre plantas, de forma que ficaram cinco linhas de cada lado da fileira arbórea central. Nas faixas de cultivo foram deixadas margens externas de milho com 10 m de comprimento em ambos os lados, entre as quais foi montado o SEP propriamente dito. O SEP foi delimitado externamente nas cabeceiras por duas bordas de sorgo com 1 m de largura e nos lados superior e inferior por uma linha de sorgo. No interior, foram mantidas oito linhas de milho que seguiam o mesmo alinhamento externo. Nesse espaço, foi transplantada uma muda de *T. minuta* a cada metro linear, representando a proporção de uma muda a cada 3,34 plantas de milho.

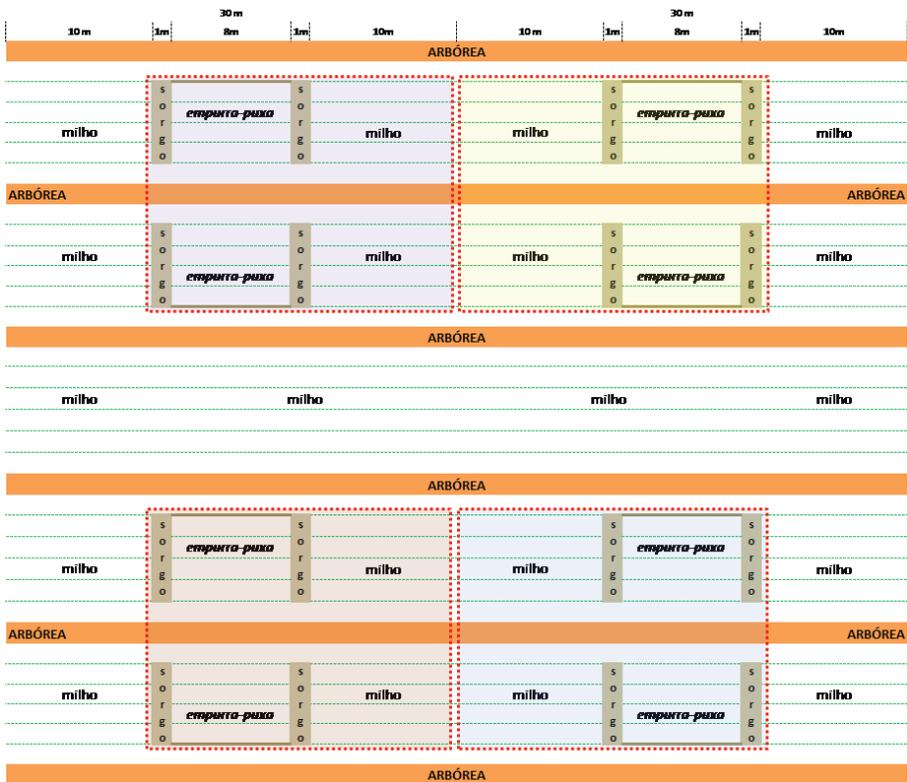


Figura 1. Arranjo espacial do sistema empurra-puxa instalado no interior de um sistema agroflorestal. Estação Experimental Cascata, Pelotas, dez./2016.

Avaliação da biodiversidade e do nível de dano no milho

A diversidade de insetos foi monitorada em cada repetição selecionando-se 20 plantas de forma aleatória, sendo 10 no interior do SEP e 10 na respectiva margem interna de cultivo de milho e para cada variedade de milho. As coletas ocorreram entre as 8h e as 10h da manhã, sempre alternando-se a área de início. Ao total, foram realizadas cinco coletas, uma por semana, entre 17 de janeiro e 14 de fevereiro de 2017.

Para captura dos insetos presentes nas plantas, foi utilizado um sugador bucal e realizado um esforço amostral de um minuto por planta. As amostras

foram então preservadas em álcool 70% e levadas para o laboratório até o momento da identificação, com auxílio de microscópio estereoscópio (80x). Os táxons foram identificados por meio de chaves dicotômicas para os insetos das ordens Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera e Neuroptera.

Foi contabilizada a abundância de insetos (N , número de indivíduos coletados), a riqueza (S , número de táxons coletados), o Índice de Simpson ($1-D$) e o Índice de Shannon (Hammer et al., 2001). O nível de dano nas plantas de milho causado por *Spodoptera frugiperda* foi estimado por meio da escala visual de Davis, usando-se uma amostra de 10 plantas por unidade experimental e considerando-se o percentual de plantas com nota de dano igual ou superior a 3.

Avaliação agrônômica do milho

As plantas de milho foram colhidas entre 22 e 23 de maio e avaliadas quanto à altura (cm), número de grãos por espiga, peso de mil sementes (kg) e produtividade média (kg ha⁻¹). Para tanto, foram utilizadas 10 plantas escolhidas aleatoriamente em cada unidade experimental.

Procedimento estatístico

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial com quatro repetições, dois sistemas de cultivo e duas variedades de milho, totalizando 16 unidades experimentais. Os dados relativos à avaliação agrônômica do milho foram testados quanto aos pressupostos da Anova, usando-se o teste de Anderson-Darling para normalidade, o teste de Bartlett e o gráfico dos resíduos pelos valores ajustados para a uniformidade das variâncias, o gráfico de resíduos pela ordem de coleta para testar a independência, e o gráfico de Box-plot para detectar a presença de dados anormais. Todas variáveis atenderam aos pressupostos.

Os índices de diversidade e o nível de dano em cada coleta foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) e à análise canônica de redundância (ACR). As três espécies de insetos mais frequentes e a data da coleta foram usadas como variáveis explanatórias e os blocos como covariável. Para construção do gráfico, foi utilizada a técnica do centroide.

Resultados e Discussão

Efeito do sistema de cultivo sobre as variedades de milho

Não houve interação entre as variedades de milho e os sistemas de cultivo quanto à altura de plantas ($p=0,2677$), número de grãos por espiga ($p=0,7768$), peso de mil grãos ($p=0,6289$) e produtividade ($p=0,4954$), indicando que ambas se comportaram de forma similar fora e dentro do SEP. A variedade 'Brasino' foi superior à 'Dente de Ouro' para todas as variáveis, exceto no peso de mil sementes (Tabela 1).

Tabela 1. Altura média de planta (cm), número médio de grãos por espiga, peso médio de mil sementes (PMS) (kg) e produtividade média (kg ha^{-1}) de duas variedades de milho cultivadas fora (MI) e dentro de sistema empurra-puxa (SEP). Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, maio/2017.

Variáveis		Altura de planta (cm)		Grãos espiga ⁻¹		PMG (kg)		kg ha ⁻¹	
		Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
Variedades	Brasino	241,56	9,87	327,45	17,94	0,40	0,01	4506,28	363,70
	Dente de Ouro	206,88	6,33	244,83	21,30	0,37	0,01	1745,01	325,86
	<i>Estat. F</i>	30,3676		14,9029		2,1356		33,8292	
	<i>p-valor</i>	0,0004		0,0038		0,1779		0,0003	
Sistema	SEP	229,06	10,44	281,24	28,71	0,38	0,01	2880,53	595,25
	MI	219,38	10,38	291,04	20,78	0,39	0,02	3370,75	641,55
	<i>Estat. F</i>	2,3686		0,2097		0,4333		1,0663	
	<i>p-valor</i>	0,1582		0,6578		0,5268		0,3287	

Eicholz et al. (2016) avaliaram a produtividade dessas duas variedades de milho durante cinco safras consecutivas e verificaram que a média de ambas ficou ao redor de 5.300 kg ha^{-1} , variando entre 3.100 e 6.500 kg ha^{-1} , conforme o ano. A baixa produtividade constatada nesse experimento, em especial na Dente de Ouro, pode ser atribuída à dificuldade na realização de capinas no período inicial do estabelecimento da cultura. Da mesma forma, *T. minuta* possui uma arquitetura que também não favorece o abafamento de plantas

invasoras, fator esse que pode ter contribuído para o baixo rendimento do milho. No SEP desenvolvido no Quênia, o efeito de repelência para a broca-do-colmo do milho foi obtido com o uso de *Desmodium* sp., uma espécie rasteira que, além de fixar nitrogênio no solo, libera flavonoides alelopáticos no solo, que atuam na supressão da invasora *Striga hermonthica* (Pickett et al., 2014). De acordo com Kassie et al. (2018), o SEP conduzido nessas condições, com redução do dano pela broca-do-colmo e supressão de invasoras, pode elevar a produtividade do milho em até 62%.

Embora o SEP testado não tenha refletido melhorias no desempenho produtivo das variedades de milho utilizadas, pelas análises multivariadas do conjunto de dados relativos à diversidade e nível de dano, foi possível verificar algumas tendências que indicam que há ainda margem para correções e ajustes do SEP proposto.

Nas cinco coletas realizadas, foram identificados 16 táxons de insetos, tanto indesejáveis quanto inimigos naturais, num total de 576 indivíduos. As três espécies com maior frequência foram: *Doru* sp. (89%), um dos principais inimigos naturais da *S. frugiperda*; *Harmonia axyridis* (5%), que é predador de pulgões; e *Diabrotica speciosa* (2%), um inseto-praga cujas larvas afetam o sistema radicular do milho.

Na análise de componentes principais, os quatro índices de diversidade utilizados e o nível de dano nas folhas de milho causado por *S. frugiperda* explicaram 84,9% da variabilidade entre as amostras coletadas no milho cultivado fora e dentro do SEP (Figura 2).

O nível de dano foi negativamente correlacionado com a abundância de insetos, indicando que o nível de dano foi menor nas amostras que tiveram maior número de insetos capturados. Em média, o nível de dano no interior do SEP foi de 15%, variando entre 9% e 21%, enquanto na área externa foi 25%, variando entre 19% e 30%. Os demais índices de diversidade tiveram correlação positiva entre si, porém não mostraram tendência muito clara quanto ao local da coleta.

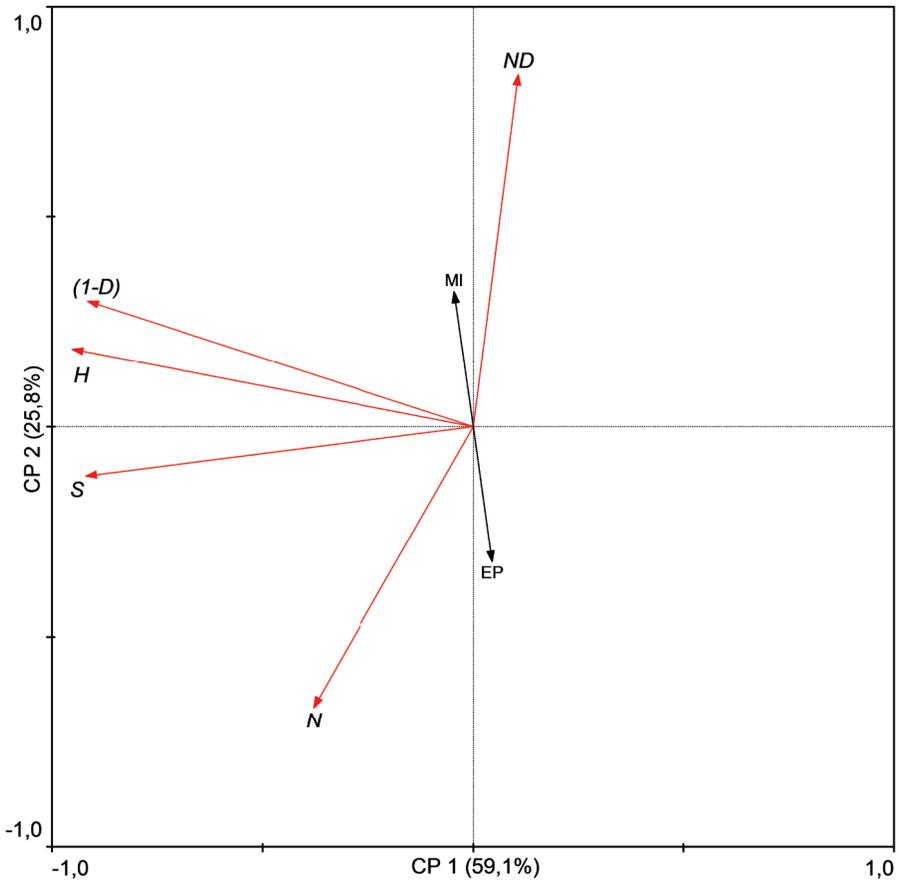


Figura 2. Análise de componentes principais para a riqueza (S), abundância (N), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H) e nível de ano (ND) em milho cultivado fora (MI) e dentro do sistema empurra-puxa (EP), instalado em um sistema agroflorestal. Os blocos foram usados como covariável. Estação Experimental Cascata, Pelotas, jan. a fev. de 2017.

Na análise canônica de redundância, os três insetos mais frequentes em todas as coletas e a data da coleta explicaram 62,5% de toda variabilidade ocorrida nos índices de diversidade e no nível de dano, sendo 81,1% dessa explicação já no primeiro eixo de ordenação ($p=0,002$) (Figura 3).

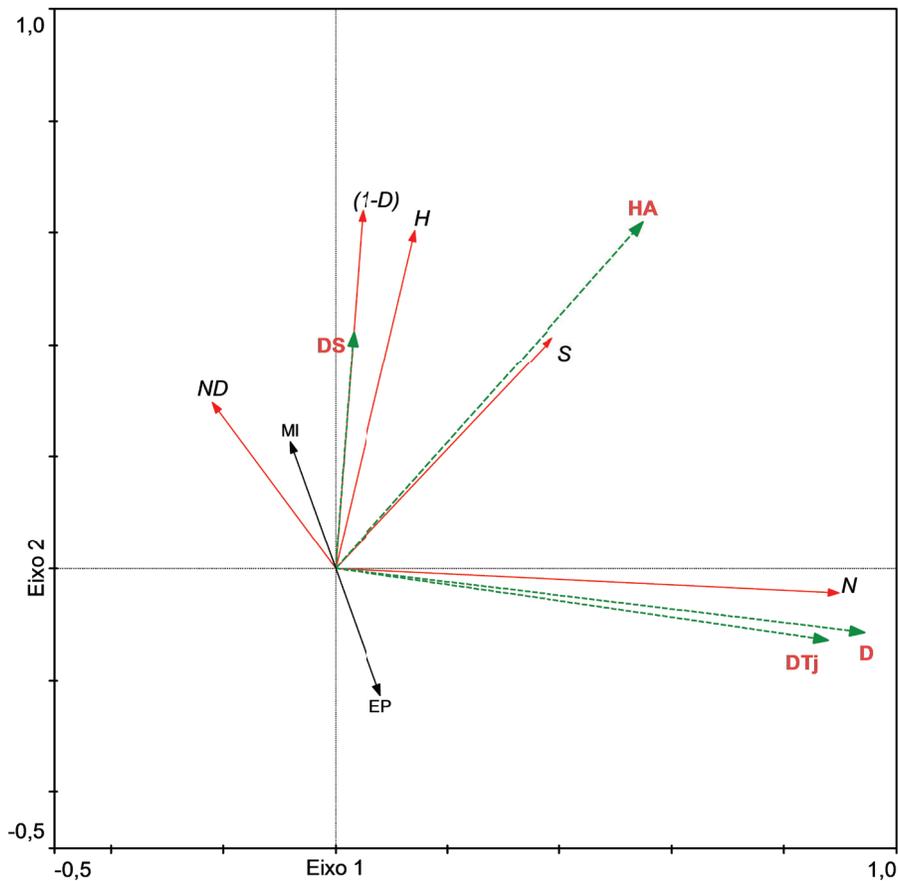


Figura 3. Análise canônica de redundância para a riqueza (S), abundância (N), índice de Shannon (H), índice de Simpson (1-D) e nível de dano (ND) em folhas de milho cultivado fora (MI) e dentro do sistema empurra-puxa (EP), instalado em um sistema agroflorestal. As variáveis ambientais explicativas utilizadas foram as populações amostradas de *Doru* sp. (D), *Harmonia axyridis* (HA), *Diabrotica speciosa* (DS) e a data de coleta (DTJ). Os blocos foram utilizados como covariável. Estação Experimental Cascata, Pelotas, jan. a fev. de 2017.

Doru sp. foi a variável ambiental mais importante, representando 45% ($p=0,002$) na partição da variabilidade total. Esse fato pode ser atribuído à forte correlação positiva com a abundância, o que se explica pelo elevado número coletado de indivíduos dessa espécie em relação aos demais. Além disso, *Doru* sp. também se mostrou fortemente correlacionado de forma po-

sitiva com as datas de coleta. Isso significa que sua população aumentou a cada coleta, ao mesmo passo em que o nível de dano diminuiu, indicando ação efetiva sobre as larvas de *S. frugiperda*. Nota-se também que, em média, sua população foi maior no interior do SEP do que nas plantas cultivadas fora do sistema.

Naranjo-Guevara et al. (2017) verificaram que *Doru* sp. localizam as larvas de *S. frugiperda* no período noturno, seguindo pistas olfativas liberadas pelas folhas danificadas de milho. Por sua vez, Silva et al. (2016) observaram que o consórcio de *Tagetes erecta* com couve aumentou em mais de três vezes a abundância de diversos inimigos naturais, quando comparado com o cultivo solteiro, embora sem afetar *Doru* sp. Esses fatos, juntamente com os dados coletados, corroboram a ideia de que a espécie *T. minuta* utilizada como repelente também não interfere na localização das larvas por *Doru* sp., o que a torna uma planta interessante para o SEP.

Por outro lado, a riqueza de espécies e os índices de Shannon e Simpson estiveram mais associados ao milho cultivado fora do SEP e se correlacionaram positivamente, de forma contraditória, com o nível de dano. Essa informação deve ser vista com cuidado, pois esses dois índices são construídos com base na abundância e riqueza de espécies. Dos 16 táxons identificados, três tiveram apenas duas ocorrências e sete apenas uma, enquanto que *Doru* sp. teve 510 indivíduos coletados.

Conclusões

O SEP planejado para redução do nível de dano de *S. frugiperda* não afeta a produtividade das variedades de milho avaliadas. Contudo, o nível de dano nas plantas cultivadas dentro do SEP tende a ser menor em comparação com as cultivadas na área externa. A introdução de *T. minuta* não afeta a capacidade de *Doru* sp. em localizar as larvas de *S. frugiperda*.

Referências

ARAÚJO, L. F. de; SILVA, A. G. da; CRUZ, I.; CARMO, E. L. do; HORVATH NETO, A.; GOULART, M. M. P.; RATTES, J. F. Flutuação populacional de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *Diatraea saccharalis* (Fabricius) e *Doru luteipes* (Scudder) em milho convencional e transgênico Bt. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 205-214, 2011.

EICHOLZ, E. D.; GRIEP, L.; AIRES, R. F.; EICHOLZ, M. **Avaliação agrônômica de variedades de milho de polinização aberta no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 24 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 246)

EIGENBRODE, S. D.; BIRCH, A. N. D.; LINDZEY, S.; MEADOW, R.; SNYDER, W. E. A mechanistic framework to improve understanding and applications of push-pull systems in pest management. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 202-212, 2016.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

KASSIE, M.; STAGE, J.; DIIRO, G.; MURIITHI, B.; MURICHO, G.; LEDERMANN, S.T.; PITCHAR, J.; MIDEGA, C.; KHAN, K. Push-pull farming system in Kenya: implications for economic and social welfare. **Land Use Policy**, v. 77, p. 186-198, 2018.

NARANJO-GUEVARA, N.; PEÑAFLORES, M. F. G. V.; CABEZAS-GUERRERO, M. F.; BENTO, J. M. S. Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. **The Science of Nature**, v. 104, n. 77, 2017.

PICKETT, J. A.; WOODCOCK, C. M.; MIDEGA, C. A. O.; KHAN, Z. R. Push-pull farming systems. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 26, p. 125-132, 2014.

SILVA, V. F. D. A.; SILVEIRA, L. C. P.; SANTOS, A. DOS; SANTOS, A. J. N. DOS; TOMAZELLA, V. B. Companion plants associated with kale increase the abundance and species richness of the natural-enemies of *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) (Hemiptera: Aphididae). **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 29, p. 2630-2639, 2016.

ZHANG, Z.; SUN, X.; LUO, Z.; GAO, Y.; CHEN, Z. The manipulation mechanism of "push-pull" habitat management strategy and advances in its application. **Acta Ecologica Sinica**, v. 33, p. 94-101, 2013.



Clima Temperado