

MACROFAUNA EDÁFICA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Neiva Knaak¹; Luiza Raupp Raulino Cardoso²; Júlio Kuhn da Trindade³

Palavras-chave: Bioindicadores, rotação de culturas, arroz irrigado, integração lavoura pecuária

INTRODUÇÃO

O solo é um sistema dinâmico devido à atividade química e biológica realizada pelos organismos que nele vivem e/ou se encontram temporariamente. Os fluxos de energia, bem como as etapas relevantes do ciclo do sistema, são controlados pela ação conjunta da biodiversidade. A distribuição dos organismos também pode ser bastante variável, pois, enquanto alguns encontram-se em atividade isolada, outros são sociais. Mediante atividade biológica, alguns organismos realizam a ação mecânica de fragmentação de materiais orgânicos, favorecendo a atividade enzimática de outros organismos, tais como bactérias e fungos, que se encarregam do processo de decomposição (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). A qualidade e a quantidade de nutrientes existentes na biomassa vegetal sobre o solo estabelecem, até certo ponto, os padrões de composição e densidade de espécies no agroecossistema (CARRILLO et al., 2011).

A macrofauna do solo é constituída por invertebrados com mais de 10 mm de comprimento e/ou 2 mm de diâmetro, que vivem no solo durante toda a vida ou em algum estágio do seu ciclo biológico. A macrofauna é importante no sistema, caracterida pela função de mineralizadores e decompositores e no papel ecológico de predadores, participam do controle biológico de populações e pragas e são bioindicadores de mudanças ambientais e da sustentabilidade dos sistemas de manejo (BROWN et al., 2011; LAVELLE; SPAIN, 2001). Com a rápida transformação dos sistemas naturais em sistemas agropecuários, a macrofauna edáfica pode sofrer perdas em sua abundância e diversidade. A compreensão da fauna de solo deriva também da análise dos demais componentes bióticos em seu respectivo ambiente. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de três sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas (SIPAtb) sobre a macrofauna edáfica e a sua relação com os atributos químicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Corticeiras, Cristal/RS em Planosolo Háplico Eutrófico (EMBRAPA, 2013), de textura franco-argilo-arenosa com 24, 23 e 53 % de argila, silte e areia, respectivamente, no horizonte de 0 a 20 cm (CARMONA et al., 2018). Na área experimental, foram implantados, em 2013, cinco sistemas de produção, dos quais foram testados três que envolvem o arroz irrigado como base produtiva: S1 - arroz todos os anos e pousio no inverno em cultivo mínimo; S2 - rotação arroz-soja no verão e azevém pastejado no inverno; e S3 - arroz no quarto ano de rotação com campo de sucessão pastejado, soja e milho no verão e pastejo no inverno em mistura de azevém+trevo-branco+cornichão, ambos em semeadura direta. O delineamento experimental é de blocos casualizados com três repetições. As repetições (i.e., unidade experimentais (UE)) apresentam área média de 1,13 ha. Todos os cultivos, à exceção do pousio, receberam adubação conforme descrito em Carmona et al. (2018)

A amostragem da macrofauna foi realizada em 24 de outubro de 2018 no cultivo de arroz nos três sistemas. Em cada UE, foram definidos três pontos de amostragem equidistantes (n=27). Em cada ponto, foi retirado um monólito de solo de 0,2 x 0,2 m de largura e 0,2 m de

¹ Bióloga, IRGA, Av. Bonifácio Carvalho Bernardes, 1494, Cachoeirinha, RS, 94130-130. E-mail: neivaknaak@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, IRGA, E-mail: julio-trindade@irga.rs.gov.br

³ Bolsista CNPq, Aluna de graduação, IRGA.

profundidade, conforme Anderson & Ingram (1993). A comunidade da fauna invertebrada nas amostras de solo foi triada manualmente e os organismos com mais de 10 mm de comprimento ou com diâmetro corporal superior a 2 mm, foram extraídos e armazenados em solução de álcool a 70 %. Com auxílio de lupa binocular, procedeu-se à contagem e a identificação dos organismos até o nível taxonômico de Ordem. A caracterização dos grupos foi realizada com base na densidade (número de indivíduos por metro quadrado), na riqueza (número de famílias) e na diversidade (índice de Shannon-Wiener). O índice de Shannon-Wiener foi calculado como:

$$H' = - \sum P_i \cdot \ln P_i$$

sendo, H' o índice de diversidade de Shannon-Wiener; N é o número de espécies; e P_i é n_i/n , em que n_i é o número de indivíduos da espécie i e n é o número total de indivíduos da amostra.

Após a triagem dos organismos da fauna edáfica, as amostras dos monólitos de solo foram utilizadas para as análises físicas e químicas no Laboratório de Análises do Solo do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA). Os parâmetros químicos do solo foram analisados na EEA-IRGA, no Laboratório de Análise de solos: pH em água, Índice de análise e correção de acidez - SMP, Fósforo disponível – Mehlich 1 (mg/dm³), Potássio disponível – Mehlich 1 (mg/dm³L), Matéria orgânica por combustão úmida- MO (%), Al (mg/ dm³L), Cálcio (mg/dm³), Magnésio (mg/dm³), Hidrogênio + Alumínio trocáveis - KCl 1,0 mol/dm³ (mg/dm³L), Capacidade de troca de elétrons efetiva – CTCe (cmol_c/dm³), Capacidade de troca de elétrons pH 7 – CTC 7 (cmol_c/dm³), Saturação (Sat) Bases (%), Sat Al (%), Sat K (%), Relação (R) Ca/Mg R Ca/K e R Mg/K. Os procedimentos utilizados para estimar as variáveis químicas foram de acordo com Tedesco et al. (1995).

Os dados obtidos (x) para densidade foram transformados em $(x + 0,5)^{0,5}$ e comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas com uso do programa SigmaPlot. Utilizou-se o teste de coeficiente de correlação de Pearson para os dados referentes à composição da fauna invertebrada e aos atributos químicos do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados em média 1.904 indivíduos/m², sendo deste total, 84 % pertencentes à Subclasse Oligochaeta (Tabela 1). Nesta subclasse estão as minhocas, conhecidas pela produção de galerias que aeram e aumentam a infiltração de água no solo e pelo transporte e mistura de quantidade considerável de solo e matéria orgânica não decomposta, influenciando a estabilidade, produtividade e a fertilidade do solo (BRADY, 1989; FEIJOO, 2001).

Tabela 1. Número e densidade de indivíduos e Índice de Shannon-Wiener da fauna edáfica nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm em SIPAtb. Fazenda Corticeiras, Cristal/RS, 2018/19.

CLASSIFICAÇÃO	SISTEMAS / CAMADA DO SOLO						TOTAL
	S1		S2		S3		
	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	
Classe Oligochaeta	342	217	500	233	608	558	2458
Classe Hirudinae	17	0	0	0	8	0	25
Classe Arachnida							
Ordem Araneae	0	0	8	0	125	8	141
Ordem Opiliona	0	0	0	0	8	0	8
Classe Gastropoda	0	8	0	0	8	0	16
Classe Insecta							
Ordem Hemiptera	0	0	0	8	0	0	8
Ordem Diptera	0	0	8	0	0	0	8
Ordem Homoptera	0	0	0	0	17	0	17
Ordem Orthoptera	0	0	0	0	8	0	8
Ordem Hymenoptera	0	0	0	0	41	0	41
Ordem Coleoptera	25	0	83	8	58	0	174
DENSIDADE/m ²	384c	225d	599b	249d	881a	566bc	1904
ÍNDICE DE SHANNON (H')	0,3949	0,1674	0,4373	0,2913	11,037	0,073	

S1 - arroz todos os anos e pousio no inverno, S2 - rotação anual arroz-soja no verão e azevém pastejado no inverno; e S3 - arroz a cada quatro anos em rotação com campo pastejado de sucessão e pastejo no inverno em pastos de azevém+trevo-branco+cornichão introduzidos. Médias seguidas por letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os valores de densidade foram transformados em $(x + 0,5)^{0,5}$.

O S3 foi o que apresentou maior densidade/m² de organismos (50 %), seguido do S2 (29 %) e S1 (21 %). Verifica-se em todos os grupos que a densidade de indivíduos na camada de 0-10 cm é maior que na de 10-20 cm. Em relação à diversidade, baseado no Índice de Shannon-Wiener, o S3 na camada de 0-10 cm, foi a que apresentou o maior número de grupos taxonômicos, sendo mais representativa a Subclasse Oligochaeta, Classe Arachnida: Ordem Araneae e Classe Insecta: Ordem Coleoptera, respectivamente. Os sistemas caracterizados pela integração lavoura-pecuária (ILP), como o S2 e S3, podem ter favorecido as condições de microclima, disponibilidade de alimento (energia) proveniente dos resíduos vegetais e o habitat no solo para o estabelecimento de populações de invertebrados. Portanto, as espécies vegetais e os seus processos de acúmulo de resíduos, bem como a qualidade desses resíduos, influenciam diretamente a ocorrência de comunidades de organismos do solo (AQUINO et al., 2008).

A menor diversidade da fauna apresentado nos sistemas S1 e S2 pode estar associado à menor estruturação do solo e à menor quantidade de resíduos culturais, que afetam o equilíbrio dos organismos do solo, com redução de inúmeros indivíduos e espécies (BARETTA et al., 2006).

Os valores dos atributos químicos do solo apresentaram variação em relação aos sistemas avaliados (Tabela 2), sendo indicadores sensíveis às mudanças de uso e manejo do solo no ambiente.

Tabela 2. Atributos químicos do solo nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm em SIPAtb. Fazenda Corticeiras, Cristal/RS, 2018/19.

ATRIBUTOS DO SOLO	SISTEMAS / CAMADAS DO SOLO						
	S1		S2		S3		
	0_10cm	10_20cm	0_10cm	10_20cm	0_10cm	10_20cm	
pH H ₂ O	5,2a	5,3a	5,2a	5,2a	5,2a	5,2a	
SMP	6,1a	6,0a	5,8a	5,9a	5,7a	5,8a	
P disponível (mg/dm ³)	11,9a	9,4a	45,7b	6,8a	41,9b	19,7a	
K disponível(mg/dm ³)	99,2a	50,2a	91,8ab	47,1b	73,2ab	50,8a	
Matéria orgânica (%)	2,4ab	2,1ab	2,8a	1,5b	3,8a	3,0ab	
Al trocável(cmolc /dm ³)	0,2a	0,2a	0,4a	0,6b	0,3a	0,4a	
Ca trocável (cmolc /dm ³)	3,7a	3,4a	4,3b	3,3a	5,9b	5,0b	
Mg trocável (cmolc /dm ³)	1,3b	1,4b	2,1ab	2,0a	2,7a	2,5ab	
H + Al trocáveis (cmolc /dm ³)	4,3a	4,6a	5,6a	5,2a	6,6a	6,3a	
CTC (cmolc /dm ³)	Efetiva	5,5b	5,1b	7,0ab	6,0b	9,1a	8,0ab
	pH 7,0	9,6b	9,5b	12,2ab	10,6b	15,4a	13,9ab
Relação Ca/Mg	3,0a	2,5ab	2,3ab	1,9b	2,2a	2,0a	
Relação Ca/K	16,1a	32,3ab	23,8ab	35,8b	35,5b	41,5b	
Relação Mg/K	5,8a	14,4ab	10,8ab	19,8ab	16,5ab	21,5b	
Saturação (%)	Al	3,7a	3,9a	6,2a	11,0a	3,8a	4,8a
	Bases	55,0a	50,9a	54,5a	50,4a	57,9a	56,9a
	K	2,7a	1,3ab	1,9ab	1,1b	1,2b	1,0b

S1 - arroz no verão e pousio no inverno em cultivo mínimo, S2: rotação arroz-soja no verão e pastejado em azevém no inverno; e S3- arroz no quarto ano precedido de campo de sucessão pastejado, soja milho e arroz no verão e pastejado no inverno em mistura de azevém+trevo-branco+cornichão. Médias seguidas por letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Houve mudanças ($p < 0,05$) das condições químicas do solo dos sistemas avaliados. O S3 foi o que apresentou o maior teor de matéria orgânica, nas duas camadas avaliadas quando comparado aos demais sistemas. Os S1 (0-10 cm) e o S2 (0-10 cm) apresentaram altos teores de potássio disponível, indicando sua maior retenção pelo solo nesse sistema. No S3 (0-20 cm) e nos S1 e S2 (10-20 cm) o teor desse nutriente foi mais baixo, indicando sua menor retenção pelo solo. No caso de P disponível, no S2 e S3 (0-10cm) apresentaram teores mais altos em relação aos demais sistemas e camadas de solo.

A Classe Gastropoda apresentou uma correlação positiva com o pH da água (Tabela 3). As correlações entre fósforo disponível e a ordem Coleoptera e entre matéria orgânica e a ordem Araneae também foram positivas. Já, a classe Oligochaeta apresentou correlação negativa com alumínio e relação magnésio/potássio, e positiva com a relação cálcio/magnésio. Alterações nos parâmetros biológicos, químicos e físicos do solo podem indicar distúrbios ou equilíbrios no ambiente solo (MERCANTE et al., 2008).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os atributos químicos e a macrofauna edáfica do solo em SIPAtb. Fazenda Corticeiras, Cristal/RS, 2018/19.

Correlação	Oli	Hir	Ara	Hym	Col	Gas	Hem	Dip	Hom	Ort	Opi
pH H ₂ O	0.576	-0.125	0.321	0.371	0.176	0.858*	0.0286	0.0286	0.371	0.371	0.371
Índice SMP	0.458	0.384	-0.708	-0.634	-0.402	-0.213	-0.211	-0.211	-0.634	-0.634	-0.634
P mg/dm ³	0.189	-0.028	0.631	0.555	0.911*	0.139	0.665	0.665	0.555	0.555	0.555
K mg/dm ³	0.636	0.685	0.111	0.0965	0.742	-0.237	0.494	0.494	0.0965	0.0965	0.0965
M.O. %	0.0491	0.236	0.808*	0.747	0.588	0.339	0.138	0.138	0.747	0.747	0.747
Al cmol _c /dm ³	-0.801*	-0.524	-0.017	-0.051	-0.059	-0.475	0.140	0.140	-0.0511	-0.051	-0.051
Ca cmol _c /dm ³	-0.223	0.120	0.845	0.781	0.470	0.278	0.0351	0.0351	0.781	0.781	0.781
Mg cmol _c /dm ³	-0.625	-0.298	0.687	0.618	0.261	0.101	0.0446	0.0446	0.618	0.618	0.618
H + Al cmol _c /dm ³	-0.533	-0.273	0.711	0.635	0.333	0.142	0.102	0.102	0.635	0.635	0.635
CTC Efetiva	-0.416	-0.035	0.802*	0.732	0.427	0.158	0.0687	0.0687	0.732	0.732	0.732
CTC pH 7,0	-0.426	-0.101	0.788	0.716	0.403	0.185	0.0751	0.0751	0.716	0.716	0.716
Sat Al	-0.547	-0.469	-0.326	-0.313	-0.210	-0.470	0.105	0.105	-0.313	-0.313	-0.313
Sat Bases	-0.0947	0.396	0.645	0.580	0.462	0.0330	0.0423	0.0423	0.580	0.580	0.580
Sat K	0.690	0.744	-0.251	-0.229	0.376	-0.316	0.265	0.265	-0.229	-0.229	-0.229
R Ca/Mg	0.816*	0.727	-0.198	-0.156	0.132	0.0813	-0.022	-0.022	-0.156	-0.156	-0.156
R Ca/K	-0.771	-0.641	0.273	0.246	-0.435	0.255	-0.370	-0.370	0.246	0.246	0.246
R Mg/K	-0.866*	-0.667	0.171	0.144	-0.463	0.0847	-0.337	-0.337	0.144	0.144	0.144

*significância a 5% de probabilidade. Oli=Oligochaeta; Hir=Hirudinae; Ara=Araneae; Hym=Hymenoptera; Col=Coleoptera; Gas=Gastropoda; Hem=Hemiptera; Dip=Diptera; Hom=Homoptera; Ort=Orthoptera; Opi=Opiliniidae; Sat=saturação; R=relação.

CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo com integração agropecuária em terras baixas alteram a estrutura da comunidade da macrofauna edáfica e dos atributos químicos do solo, destacando-se como melhor o S3. A macrofauna edáfica é influenciada pelos atributos químicos do solo, sendo esses fatores limitantes para a dispersão e o estabelecimento desses organismos, o que pode explicar variações nos grupos de organismos entre os sistemas de uso do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica PIBIC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CABI, 1993.
- AQUINO, A.M. et al. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, 2008.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; BERTOL, I.; ALVES, M.V.; MANFOI, A.F.; BARETTA, C.R.D.M. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **R. de Ciências Agroveterinárias**, 2006,108-117.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.
- BROWN, G.G.; JAMES, S.W. **Biodiversidade, biogeografia e ecologia das minhocas no Brasil**. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007.
- CARRILLO, Y.; BALL, B.A.; BRADFORD, M.A.; JORDAN, C.F.; MOLINA, M. Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen mineral soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.43, p.1440-1449, 2011. DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.03.011.
- CARMONA, F. C. et al. **Sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas: a integração lavoura-pecuária como o caminho da intensificação sustentável da lavoura arrozeira**. Porto Alegre: edição dos autores, 2018. 160 p. il.
- CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. de. **Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes**. In: AQUINO, A.M. de; ASSIS, R.L. de (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2005. p.77-99.
- FEIJOO, A.M. **Impacto del uso de la tierra en áreas de laderas sobre comunidades de macrofauna del suelo** (Caldono, Cauca, Colombia). Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Colombia, 2001. 196 p.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic. 2001. 654p. BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.
- MERCANTE, F.M.; SILVA, R.F.; FRANCELINO, C.S.F.; CAVALHEIRO, J.C.T.; OTSUBO, A.A. Biomassa microbiana em Argissolo Vermelho, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.34, p.479-485, 2008.