

4| Evidências: Qual o interesse dos parâmetros biológicos do solo para o agricultor?

Autores: Francisco Basílio, Teresa Dias, Juliana Melo, Inês Ferreira, Cristina Cruz

1 cE3c - Center for Ecology, Evolution and Environmental Changes & CHANGE - Global Change and Sustainability Instituto, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Edifício C2, Piso 5, Sala 2.5.03, Campo Grande, 749-016 Lisboa, Portugal.



Bioindicadores e Funcionalidade do Solo

Os indicadores biológicos do solo fornecem informações sobre a componente viva do solo. Tal como os indicadores físicos e químicos, os indicadores biológicos quantificam funções do solo e permitem avaliar a qualidade do solo. Esses indicadores avaliam propriedades dinâmicas do solo sensíveis ao modo de gestão da terra, perturbações naturais e presença de contaminantes químicos. Independentemente da sua natureza um indicador deve cumprir aos seguintes critérios (Doran e Safley 1997, e Pankhurst et al. 1997):

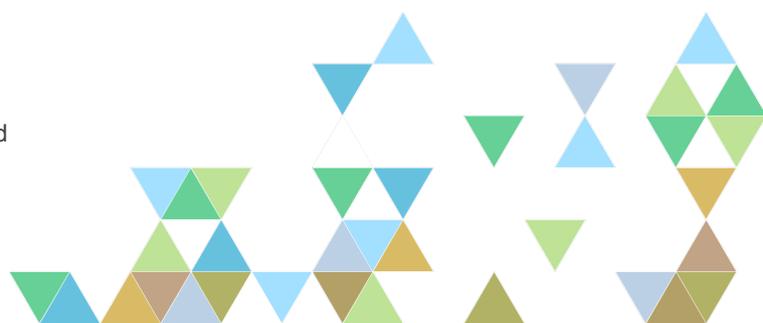
- 1) ser interpretável;
- 2) correlacionam-se bem com as funções e serviços do ecossistema;
- 3) integrar propriedades e processos físicos, químicos e biológicos do solo;
- 4) ser escalável; e
- 5) ser sensível a mudanças.

Além disso, um indicador deve ter reprodutibilidade, baixa variabilidade temporal e espacial, e ser baseado em amostragem e métodos analíticos simples.

Existem miríades de organismos na fina camada da superfície do solo, que desempenham papéis fundamentais na decomposição da matéria orgânica do solo, na reciclagem de nutrientes, na degradação de poluentes do solo e na formação e estabilidade da estrutura do solo. Estes organismos adaptam-se às mudanças de ambiente, como seca, inundações, escassez de substrato e contaminantes. A biota do solo também responde rapidamente ao modo de gestão do solo e às mudanças no uso da terra e pode ser candidata a indicadores de qualidade do solo.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 952051



Existem, no entanto, limitações na utilização direta de organismos do solo como indicadores de qualidade do solo.

Por isso, as propriedades dinâmicas biológicas (respiração, particulated organic carbon matter - POM, Particulated mineral nitrogen -PMN e enzimas) são frequentemente selecionadas como proxies para a medição de processos mediados pela biota do solo. Ácidos gordos fosfolipídicos e DNA também têm vindo a ganhar popularidade.

Os indicadores biológicos podem refletir o número geral, o tipo e a atividade dos microrganismos e a diversidade dos organismos vivos no solo, particularmente a população microbiana. Alguns indicadores biológicos estão ligados às frações da matéria orgânica (POM, β -glicosidase), reservatórios de nitrogénio (PMN) ou biota do solo (respiração).

Os efeitos da lavoura e gestão de resíduos vegetais no tamanho, atividade e estrutura da comunidade de populações da biota (bactérias, fungos, protozoários e nematóides) podem ser atribuídos a um ou mais dos seguintes fatores (Gupta e Yeates (1997):

1. Fornecimento de alimento, maiores populações de bactérias e fungos ocorrem onde os resíduos são devolvidos ao solo.
2. Mudanças nas populações de decompositores secundários, como microartrópodes, que são predadores de nematóides, e nematóides, que são predadores de protozoários.
3. Propriedades físicas do solo alteradas, por exemplo, melhor estabilidade dos agregados do solo por causa de sistemas de cultivo reduzidos e disponibilidade de humidade melhorada por causa da retenção de resíduos.
4. Mudanças na distribuição de resíduos de matéria orgânica ao longo do perfil do solo (por exemplo, uma distribuição mais uniforme da matéria orgânica em solos de cultivos intensivos em comparação com solos de cultivos menos intensivos, onde os resíduos estão concentrados na camada superficial do solo).
5. Aplicação de pesticidas, fungicidas e outros produtos químicos prejudiciais para a biota.
6. Sistemas de cultivo, incluindo rotações, plantas de cobertura, preparo convencional, fertilizantes, etc.

Efeitos da acidificação do solo. A acidificação do solo causada pelo cultivo intensivo ou aplicação de fertilizantes acidificantes (sulfato de amônio ou nitrato de amônio, enxofre) pode reduzir o pH do solo e dificultar o crescimento e a atividade da população bacteriana (exceto bactérias acidófilas). Ao contrário das bactérias, os fungos podem adaptar-se a uma ampla faixa de pH, sendo o seu pH ótimo cerca de 7.



Efeitos da irrigação e adição de sal. A água de irrigação com altos níveis de sal pode ser uma fonte de salinização do solo. Os fungos são menos sensíveis à salinização do que as bactérias e destas as halofitas seguidas dos actinomicetes são os menos sensíveis ao sal.

Efeitos das práticas de conservação. As rotações de plantas afetam particularmente os fungos micorrízicos porque algumas espécies de plantas são facilmente colonizadas pelos fungos e outras não. A inclusão de leguminosas na sequência de rotação estimula a bactéria rizóbio, mas pode ser uma fonte de acidificação do solo que suprime o crescimento de outras bactérias.

Efeitos de perturbações e tensões naturais. Perturbações naturais (incêndios, secas e inundações) e do modo de gestão (cultivos, fertilizantes, pesticidas e herbicidas) resultam em condições stressantes para a biota do solo. Essas tensões (ver Tabela 1) podem ser temporárias ou permanentes. Em resposta à perturbação de curto prazo, as comunidades biológicas de um solo saudável retornarão com relativa rapidez às condições iniciais. O stresse de longo prazo ou crônico resultará em sucessão de longo prazo, levando a um novo equilíbrio dinâmico entre os componentes do ecossistema (van Bruggen e Semenov, 2000).

3

Tabela 1. Fatores de stress para a biota do solo.

Físicos	Químicos	Biológicos
Temperaturas extremas	pH	Excesso ou deficiências de nutrientes
Potencial matricial (ciclos de seca e re-hidratação)	Excesso ou deficiência de nutrientes inorgânicos	Organismos exógenos com elevada capacidade competitiva
Potencial osmótico	Anóxia	Crescimento descontrolado de alguns organismos, principalmente patógenos e predadores
Elevada pressão (compactação devido a equipamento agrícola)	Salinidade	
	Biocidas (metais pesados, poluentes radioativos, pesticidas, derivados do petróleo)	

Muitos indicadores biológicos estão relacionados com a matéria orgânica e estão ligados à ciclagem de nutrientes e às funções de biodiversidade e produtividade. A Tabela 2 mostra os indicadores biológicos relacionados com as funções de qualidade do solo.



Tabela 2. Indicadores biológicos relacionados com as funções de qualidade do solo. (O número de asteriscos indica a força da relação entre o indicador e a função. Por exemplo, 3 asteriscos significam que o produto químico é um indicador importante e 1 ou 2 asteriscos significam que o produto químico é um indicador secundário.).

Indicador da qualidade do solo	Função biológica				
	Sustentar a biodiversidade, funcionalidade e produtividade "D"	Regulação do fluxo hidrológico "W"	Filtrar, tamponar, degradar, destoxificar compostos orgânicos e inorgânicos "F"	Armazenar e reciclar nutrientes e carbono "N"	Estabilidade física e suporte para plantas e outros fins (habitação) "S"
Minhocas (b,d)	xxx		xxx	xxx	xxx
Matéria orgânica particulada (a,c)	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Potencial de mineralização de azoto (a,c)	xxx			xxx	
Actividade enzimática a	xxx			xxx	
Respiração (a,b,c)	xxx		x	xxx	xx

a - Método de laboratório/escritório

b - Método de campo

carbono – Método demorado

d - Observação visual simples

As minhocas são classificadas em três grupos com base no seu habitat. Os habitantes da folhada vivem na folhada, ingerem resíduos vegetais e podem estar ausentes em solo arado e sem folhada. Os habitantes do solo mineral vivem em solo rico em matéria orgânica onde cavam canais estreitos e se alimentam de uma mistura de solo e resíduos vegetais. Escavadores profundos do solo (rastejantes noturnos) cavam tocas longas e grandes em camadas profundas do solo, carregam consigo resíduos vegetais para consumo. Os excrementos de minhoca são formados de material digerido que é excretado para o solo. Os excrementos são enriquecidos com nutrientes (N, P, K e Ca) e microrganismos durante sua passagem pelo sistema digestivo do verme. As minhocas contribuem com nutrientes para o solo e melhoram a porosidade, o solo e o desenvolvimento das raízes. Eles também contribuem para a construção da estrutura do solo e estabilização de agregados.

As enzimas do solo aumentam a taxa de decompõem da matéria orgânica e libertam nutrientes para o solo (Tabatabai, 1994). A atividade enzimática do solo é dos indicadores que mais



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 952051

rapidamente responde a mudanças que ocorrem no solo (2 anos). A fração de matéria orgânica particulada (com dimensões entre 0,053 e 2 mm; Cambardella e Elliot, 1992) é biológica e quimicamente ativa e integra a fração lábil da matéria orgânica do solo, podendo representar 20% ou mais do carbono retido no solo dependendo dos ecossistemas e do tipo de gestão praticada. Havendo a tendência para maior percentagem de acumulação de carbono em solos menos intervencionados.

O azoto potencialmente mineralizável pode ser definido como a fração de azoto orgânico convertido em formas bio-disponíveis sob condições específicas de temperatura, humidade, arejamento e tempo. A determinação dos níveis de azoto potencialmente mineralizável fornece uma estimativa do N disponível no solo, já que está relacionado com a biomassa microbiana, vegetal e animal presente no solo; e é considerada uma medida indireta da disponibilidade de azoto durante a estação de crescimento (se medida durante esse período). Embora o potencial de mineralização anaeróbica de N possa ser um bom indicador do potencial do solo para fornecer N, ele não reflete necessariamente os níveis de N da biomassa microbiana. A proporção entre N mineralizado e N orgânico total pode servir como um indicador sensível de alterações na matéria orgânica do solo.

5

Referencias

Cambardella, C.A., and E.T. Elliot. 1992. Particulate soil organiccarbono matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal* 56:777-83.

Dick, R.P. 1994. Soil enzyme activity as an indicator of soil quality. *In* J.W. Doran et al. (eds.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, pp. 107-124. Madison, WI.

Doran, J.W., and M. Safley. 1997. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. *In* C.E. Pankhurst, B.M. Doube, and V.V.S.R. Gupta (eds.) *Biological Indicators of Soil Health*, pp. 1-28. CAB International.

Drinkwater, L.E., C.A. Cambardella, J. Reeder, and C. Rice. 1996. Potentially mineralizable nitrogen as an indicator of biologically active soil nitrogen. *In* J.W. Doran and A.J. Jones (eds.) *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Special Publication 49:217-229.

Gupta, V.V.S.R., and G.W. Yeates. 1997. Soil micro fauna as indicators of soil health. *In* C.E. Pankhurst, B.M. Doube, and V.V.S.R. Gupta (eds.) *Biological Indicators of Soil Health*, pp. 201-231. CAB International.

Pankhurst, CARBONO E., B.M. Doube, and V.V.S.R. Gupta. 1997. Biological indicators of soil health: Synthesis. *In* C.E. Pankhurst, B.M. Doube, and V.V.S.R. Gupta (eds.) *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International.

Smith, J.L., and J.W. Doran. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. *In* J.W. Doran and A.J. Jones (eds.) *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Special Publication 49:169-185.

Tabatabai, M.A. 1994. Soil enzymes. *In* R.W. Weaver et al. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*, pp. 775-833.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 952051

Van Bruggen, A.H.C., and A.M. Semenov. 2000. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology* 15:13–24.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 952051