

Agrossistema

Diversidade de microrganismos são fundamentais ao agroecossistema

Fatima Maria de Souza Moreira*



PRISCILA OLIVEIRA

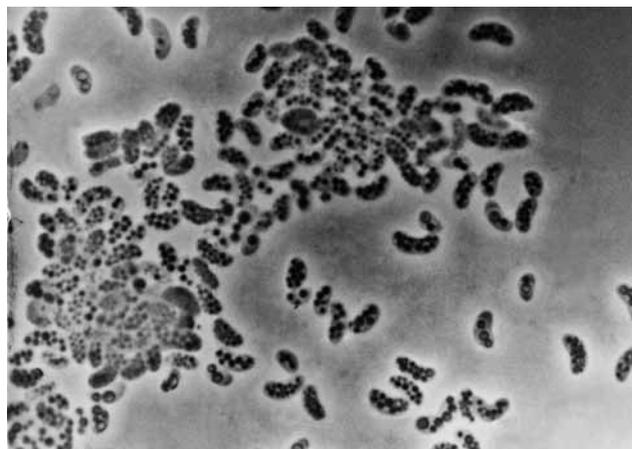
Milho e guandu em fase de crescimento; Goiânia, GO

O solo, como hábitat de organismos, é heterogêneo, complexo e dinâmico. As fases líquida, sólida e gasosa podem variar em proporção e em composição, dependendo não apenas do tipo de solo, como também do clima, dos organismos e de seu manejo. O arranjo das partículas do solo e o espaço poroso entre elas resulta em agregados, com forma e tamanho variáveis, que constituem as unidades básicas de sua estrutura. Os vários componentes edáficos, abióticos e bióticos – desde enzimas com diâmetro de 100 Å até macroagregados com diâmetro maior que 250 µm – estão arranjados de diferentes maneiras e em diferentes quantidades, acarretando em diversidade de microhabitats e de microambientes, proporcionando, conseqüentemente, nichos para alta diversidade microbiana.

Fatores físico-químicos – como fontes de carbono e energia, potencial redox, concentração de nutrientes e de elementos tóxicos, composição e força iônica da solução do solo, pH, difusão e pressão parcial de gases, potencial hídrico, temperatura e radiação solar – podem variar em distâncias, na escala de micrometros, mas estão em estado de equilíbrio dinâmico. A rizosfera é considerada o paraíso dos organismos, em função do contínuo aporte de matéria orgânica, que pode variar quantitativa e qualitativamente, dependendo da espécie vegetal, do tipo de solo e de fatores climáticos. O ambiente edáfico possibilita que organismos díspares possam conviver lado a lado, numa complexa rede de interações, na qual auxiliam uns aos outros e que também exerce controle sobre populações e atividades, mantendo o equilíbrio do ecossistema.

Existem trilhões de microrganismos por metro quadrado, que podem atingir toneladas por hectare. A diversidade, assim como as funções, da maior parte dos microrganismos é, ainda, uma “caixa preta” que, aos poucos, está sendo aberta e desvendada. Isso porque a maioria deles não pode ser cultivada

FIGURA 1 | FOTOMICROGRAFIA EM MICROSCÓPIO DE CONTRASTE DE FASE DE CÉLULAS DA BACTÉRIA FIXADORA DE NITROGÊNIO AZOSPIRILLUM LIPOFERUM EM MEIO SEMISSÓLIDO COM GLICOSE SEM NITROGÊNIO NA FORMA COMBINADA. VERIFICAR NO INTERIOR DAS CÉLULAS GRÂNULOS DE POLIBHIDROXIBUTIRATO



FOTOMÁRIA DE SOUZA MOREIRA

em condições controladas, em laboratório, onde podem ser manipulados e ter suas características estudadas. Os avanços da biologia molecular têm permitido revelar várias espécies, indicadas por novas sequências de fragmentos de DNA, em bancos de dados de livre acesso, nos quais milhões de sequências de DNA estão depositadas e podem ser comparadas. No entanto, são fragmentos relativamente pequenos de seus DNA, que pouco podem inferir sobre suas características, incluindo as funções e os processos que executam na natureza. Por meio da técnica de reassociação de DNA, Törsvik e seus colaboradores (1994) revelaram existir 10.000 espécies de procariotos em 100 gramas de solo, quase o número total de bactérias atualmente descritas no planeta. A diversidade estimada de fungos é também extraordinária: cerca de 1,5 milhão de espécies, muito maior que as cerca de 70.000 espécies atualmente conhecidas.

GRUPOS DE ORGANISMOS

Os organismos podem ser divididos em dois grandes grupos: os procariotos e os eucariotos. Os procariotos são todas as bactérias e os eucariotos, os demais organismos. Microrganismos compreendem

dem todas as bactérias e os organismos microscópicos existentes nos Reinos Protoctista (também denominado Protista ou dividido em algumas classificações em Chromista e Protozoa), Fungi, Plantae e Animalia. Assim como os seres macroscópicos – como as plantas superiores e animais, que todos conhecem –, os microrganismos necessitam de água, energia, nutrientes e fontes de carbono para sua sobrevivência, crescimento e atividade. A diversidade de tipos metabólicos, notadamente entre as bactérias, permite maior versatilidade na utilização desses recursos e, conseqüentemente, propicia sua adaptação e proliferação em condições ambientais muito mais diversas.

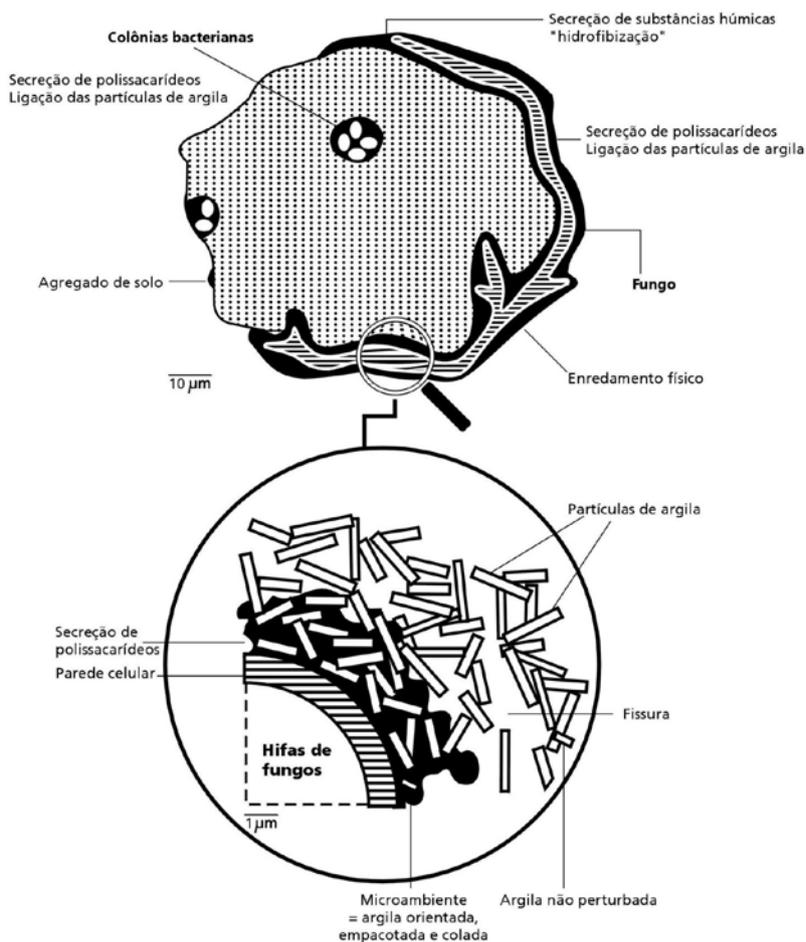
Entre as bactérias, podemos encontrar grupos que utilizam CO₂ ou substâncias orgânicas como fonte de carbono, energia química ou luminosa, e água, compostos orgânicos ou inorgânicos, como fonte de elétrons. Alguns grupos bacterianos são tão versáteis que podem mesmo utilizar mais de um tipo de recurso, ou seja, apresentar diferentes tipos de metabolismo, dependendo da condição ambiental. Os animais e fungos tem, predominantemente, o tipo de metabolismo quimio-organotrófico, ou seja, utilizam apenas energia química e

substâncias orgânicas como fonte de carbono e elétrons. Já as plantas superiores e as algas são fotoaquatróficas, ou seja, utilizam água como fonte de elétrons, CO₂ e energia luminosa. Outra característica importante das bactérias é a adaptação de certos grupos a condições ambientais de salinidade, pH, temperatura e pressão extremas, o que amplia sua capacidade de sobrevivência e atividade, em condições que não permitem a sobrevivência de eucariotos. Embora a anaerobiose ocorra em algumas poucas espécies de eucariotos, a maioria dos anaeróbios são bactérias.

Além disso, vários processos essenciais para a vida no planeta, como a fixação biológica de nitrogênio e a quimiolitotrofia, são restritos a determinadas espécies de bactérias (Figura 1). Embora os solos agrícolas não apresentem, como um todo, condições extremas, microssítios resultantes de atividade microbiana localizada podem apresentá-las, permitindo a presença de espécies anaeróbias ou termófilas, por exemplo. As bactérias foram as primeiras formas de vida a surgir no planeta, há cerca de 4 bilhões de anos, ou seja, 3 bilhões de anos antes que os primeiros eucariotos surgissem, o que certamente lhes conferiu uma vantagem adaptativa em relação a outros organismos. A capacidade de colonizar diversos habitats e de se adaptar a diversas condições ambientais são características marcantes das bactérias, que, em função disso, podem ser encontradas em qualquer lugar do planeta, inclusive no interior de animais, como o próprio homem.

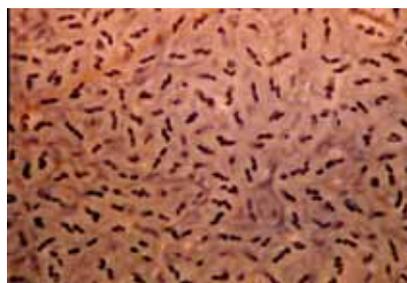
A convivência dos animais com elas possibilita, em muitos casos, a aquisição de imunização, seja naturalmente ou por meio de sua manipulação por vacinas. Os cloroplastos das plantas, responsáveis pela conversão de energia luminosa em energia química, são comprovadamente resultado evolutivo da inserção de bactérias em outro organismo, há milhões de anos. Bactérias e outros organismos

FIGURA 2 | AÇÃO DE MICRORGANISMOS NA DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO



Fonte: Moreira; Siqueira, 2006a

FIGURA 3 | BACTÉRIA FIXADORA DE NITRÓGENO DA ESPÉCIE DERXIA GUMOSA, ISOLADA DE ORYZA PERENNE EM SOLO DE VÁRZEA DA REGIÃO AMAZÔNICA. (A) CÉLULAS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO COM CONTRASTE DE FASE, NOTAR EXOPOLISSACARÍDEO EM TORNO DAS CÉLULAS. (B) COLÔNIAS EM MEIO SÓLIDO, NOTAR ASPECTO EXTREMAMENTE GOMOSO, CUJA CONSISTÊNCIA É BASTANTE ELÁSTICA



A



B

PATYAN MARIÁ DE SOUZA MOREIRA

microscópicos, como fungos e protozoários, também desenvolveram estratégias de sobrevivência a condições ambientais adversas, como estruturas denominadas esporos e cistos, resistentes, por exemplo, a condições de temperaturas elevadas e de seca prolongada. Apesar disso, a evolução é considerada em termos de maior complexidade, estando o homem no ápice da escala evolutiva. No entanto, muitos eucariotos já estão extintos e o homem, existindo relativamente há pouco tempo no planeta, tem demonstrado ser a maior ameaça para a natureza e para si mesmo.

MICROORGANISMOS

Apesar de não se conhecer as características específicas da maior parte dos microrganismos, sua atividade global no solo pode ser avaliada por parâmetros simples, como a respiração (produção de CO₂ ou consumo de O₂), que é a oxidação da matéria orgânica por organismos aeróbios, que, associada à avaliação da biomassa microbiana, fornece um índice bastante utilizado na avaliação da qualidade ambiental: o quociente metabólico – qCO_2 . Atividades enzimáticas específicas também têm se revelado ferramentas úteis nessa avaliação global. Resta ainda o desafio de identificar a contribuição de cada grupo microbiano nos processos globais e os fatores que controlam sua atividade, pois, quanto mais relevante é o processo na natureza, maior é sua redundância funcional, ou seja, mais espécies estão aptas a executá-lo como forma de garantir sua resiliência (poder de recuperação) e continuidade no ambiente.

A decomposição de matéria orgânica é, sem dúvida, um processo com alta redundância funcional. Fungos, bactérias e outros microrganismos, além da macro e da mesofauna – que atuam principalmente nos estágios iniciais – formam um consórcio complexo e diverso, que decompõe desde compostos orgânicos mais simples (como glicose), até os mais complexos (como celulose e ácidos hú-

micos). Se assim não fosse, estaríamos atolados em nossos próprios detritos e sem nutrientes reciclando-se em novos organismos e no ecossistema (Figura 2). Os ciclos dos nutrientes não são “rodas” que se movem sozinhas, como parecem indicar muitos textos que negligenciam o papel de microrganismos em cada passo. Cada uma das diferentes transformações na ciclagem de nutrientes também tem alta redundância funcional. Do contrário, as “rodas” da ciclagem não continuariam a “girar”.

A agregação do solo pode ser considerada um serviço dos ecossistemas que abrange vários processos. A agregação do solo é feita pela ação mecânica das raízes e das hifas fúngicas – que se enovelam e agregam partículas do solo – e também por diversos tipos de exopolissacarídeos, excretados por vários microrganismos, principalmente fungos e bactérias, que funcionam como agentes “colantes”, unindo as partículas e conferindo maior estabilidade aos agregados (Figura 3). As micorrizas – simbioses mutualísticas de fungos com raízes – têm papel relevante na agregação do solo, pois o contínuo fornecimento de substratos de carbono pelas plantas permite crescimento contínuo das hifas fúngicas. A ação mecânica do cultivo convencional causa ruptura das hifas e o revolvimento do solo, o que aumenta a concentração de O₂ e estimula a degradação da matéria orgânica, inclusive dos agentes colantes excretados pelos microrganismos.

Sistemas agrícolas mais estáveis, como o plantio direto, permitem o estabelecimento das hifas e de bactérias, não apenas pela menor perturbação do ambiente, mas também pelo maior aporte de matéria orgânica, substrato importante para o crescimento e atividade microbiana. O efeito indireto da matéria orgânica na agregação do solo, por meio de estímulo da atividade microbiana, é comprovado, já que a adição de matéria orgânica estéril em solo também estéril não exerce efeito algum na agregação deste.

Portanto, a biodiversidade edáfica está intimamente relacionada à redundância funcional e à resiliência dos processos edáficos e serviços dos ecossistemas (Moreira et al., 2006a,b; 2008). Sistemas agrícolas que visem à maximização dos processos biológicos, como alternativa para garantir a sustentabilidade e qualidade ambiental, devem considerar o papel relevante da biodiversidade como indicador da qualidade do solo. 

* **Fatima Maria de Souza Moreira** é professora associada do Departamento de Ciência do solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (fmoreira@ufla.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: Editora UFLA, 2006a.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). *Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems*. Wallingford: CABI Publishing, 2006b.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Lavras: Editora UFLA, 2008.
- ROBERT, M.; CHENU, C. Interactions between soil minerals and microorganisms. In STOTZKY, G.; BOLLAG, J.M. (Ed.). *Soil Biochemistry*. New York: Marcel Dekker, 1992. v. 7, p. 307-404.
- TÖRSVIK, V. Diversity of microbial communities determined by DNA analysis. In RITZ, K.; DIGHTON, J.; GILLER, K. (Ed.). *Beyond biomass*. Nova York: Wiley Exeter, 1994. p. 39-48.