

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

BOLETIM INFORMATIVO

ISSN 1981-979X

Volume 45

Número 2

Maio/Agosto de 2019

www.sbcs.org.br

**AS NOTÍCIAS DO
XXXVII CONGRESSO
BRASILEIRO DE CIÊNCIA
DO SOLO, EM CUIABÁ**

**EM FOCO
OS NOVOS DESAFIOS
DA MICROBIOLOGIA
DO SOLO**





Publicação editada pela Secretaria Executiva da SBCS. Tem por objetivos esclarecer as principais atividades da Sociedade e difundir notícias de interesse dos associados. Os conceitos emitidos em artigos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores, não refletindo, necessariamente, a opinião da SBCS. Permite-se a reprodução, total ou parcial, dos artigos e reportagens, desde que seja, explicitamente indicada a sua origem.

O Boletim da SBCS é vendido, separadamente, a R\$20,00 mais o valor da postagem.

Disponível para download no site da SBCS.

BOLETIM INFORMATIVO SBCS

Editor-chefe: Raphael B.A. Fernandes (UFV)

Co-editor: Reinaldo Bertola Cantarutti (UFV)

Produção, jornalismo e edição: Léa Medeiros MTB 5084

Diagramação: Carlos Joaquim Einloft

Capa: Foto de Rita de Cássia Cerqueira Melo

PARTICIPE DO BOLETIM INFORMATIVO

Os artigos para o Boletim Informativo podem ser enviados para comunicacaosbcs@gmail.com ou para a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Caixa Postal 231, Viçosa, MG – 36570-900.

Entre em contato com a SBCS

Endereço: Caixa Postal 231, Viçosa, MG

Cep: 36570-900.

Telefone: (31) 3612-4542 / 3612-4543

E-mail da secretaria: sbcs@sbcs.org.br

E-mails da RBCS: autores@sbcs.org.br e revista@sbcs.org.br

www.sbcs.org.br

www.facebook.com/sbcs.solos

Ficha catalográfica

Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – vol. 1, n.1 (jan-abr 1976) – Campinas: SBCS, 1976.

V: il (algumas col.); 26cm.

Quadrimestral

A partir do vol. 22, n.3, publicado em Viçosa.

ISSN a partir do vol. 22, n.3.

ISSN 1981-979X

1. Solos – Periódicos. I. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

editorial

É fato que mais de 80% da pesquisa brasileira é produzida nos programas de pós-graduação, muitas delas em parceria com outras instituições de pesquisa. Também é fato que o Brasil, como consequência das políticas de apoio à pesquisa ao longo das duas últimas décadas, cresceu nos índices de produção científica e na formação de pessoal qualificado em nível de pós-graduação, sendo este aumento qualitativo e não apenas quantitativo. Ainda, que há espaço para melhorar e é necessário avançar nos temas de inovação e desenvolvimento tecnológico.

Mas é um erro imaginar que inovação e tecnologia são geradas a partir do nada, que as pesquisas básicas não são essenciais para o avanço tecnológico. Ou, ainda, que se possa categorizar uma ciência como mais importante que a outra. Acima de tudo, é um erro achar que se pode contruir um novo modelo de apoio à pesquisa elitizando algumas instituições consideradas merecedoras dos investimentos públicos e destruindo as demais.

Os modelos de avaliação dos programas de pós-graduação devem sim ser revisados, priorizando a formação de pessoal qualificado e de produtos (diversos) relevantes para o avanço científico do país como um todo. Esta demanda não é nova e vemos sinais interessantes na área da CAPES mais relacionada à Ciência do Solo: a da Ciências Agrárias I.

Neste momento em que as universidades públicas e o apoio à pesquisa são alvos de críticas e ações tão negativas para o país é preciso pensar na Ciência do Solo, como ela se desenvolveu e como tem contribuído para o cenário atual da produção agrícola que coloca o Brasil na terceira posição entre os maiores exportadores mundiais de alimentos. É sempre bom refletir o quanto a pesquisa básica gerou aplicações, inovações e tecnologias para o país.

Avaliando as nossas Divisões da SBCS, vemos na Divisão 1, a Classificação dos Solos brasileiros criando um sistema próprio que representa os solos tropicais, com suas limitações e potencialidades; as descobertas na gênese desses solos, os processos e a relação com a paisagem expressa nos levantamentos de solo; a Pedometria, que integrando áreas como a matemática e a estatística, permite a geração de modelos e produtos com identificação da incerteza associada. Na Divisão 2, a dinâmica de nutrientes, de carbono orgânico e fluxos de ar e água nos solos brasileiros, desvendadas pelas pesquisas pioneiras em Mineralogia, Química e Física do Solo, e, com destaque neste Boletim para a Biologia do Solo, que conduziram aos sistemas tecnológicos que hoje garantem ao Brasil a sua posição no cenário mundial de produtos agrícolas. Essas descobertas são integradas também pelas pesquisas relacionadas a Divisão 3, que, nos temas Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas e Corretivos e Fertilizantes, contribuem para uma engenharia de melhoramento de plantas visando as características dos solos tropicais, com economia de insumos e adaptação as suas limitações de ordem química.

A chamada agricultura intensiva e os sistemas orgânicos têm como base as descobertas também no tema Manejo e Conservação do Solo e da Água. Da mesma forma temos os desafios de controle da erosão, ainda a maior causa de degradação das terras brasileiras. Novos temas são destaques na Divisão 3, como o Planejamento do Uso da Terra e a Poluição, Remediação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas, que integram outras ciências e buscam soluções para questões geradas pelo aumento da população mundial e a maior demanda e impacto sobre os recursos naturais. Na Divisão 4 - Solo, Ambiente e Sociedade, temas como Educação e Percepção Pública, Segurança Alimentar, História, Epistemologia e Sociologia se integram as demais Ciências. É a nossa base e essência



Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

CONSELHO DIRETOR

Biênio 2019/2021

PRESIDENTE

Lúcia Anjos da Cunha (UFRRJ)

VICE-PRESIDENTE

Elisângela Beneti Silva (Epagri)

SECRETARIA EXECUTIVA (UFV)

Secretário Geral

Reinaldo Bertola Cantarutti (UFV)

Secretário Adjunto

Raphael B.A. Fernandes (UFV)

Tesoureiro

Igor Rodrigues de Assis (UFV)

EX-PRESIDENTES

Gonçalo Signorelli de Farias

Antonio Rodrigues Fernandes (UFRA)

EDITOR DA RBSCS

José Miguel Reichert (UFSM)

DIRETORES DAS DIVISÕES ESPECIALIZADAS

Divisão 1: Solo no Espaço e no Tempo

Ademir Fontana (Embrapa Solos)

Divisão 2: Processos e Propriedades do Solo

Arnaldo Colozzi Filho (IAPAR)

Divisão 3: Uso e Manejo do Solo

Alberto Carlos de Campos Bernardi (Embrapa Pecuária Sudeste)

Divisão 4: Solo, Ambiente e Sociedade

Cristine Carole Muggler (UFV)

DIRETORES DOS NÚCLEOS DA SBSCS

Núcleo Regional Amazônia Oriental (MA, TO, PA, AP)

Antonio Rodrigues Fernandes (UFRA)

Núcleo Regional Amazônia Ocidental (Amazonas e RR)

Hedinaldo Narciso Lima (UFAM)

Núcleo Regional Noroeste (AC e RO)

Paulo Guilherme Salvador Wadt (Embrapa-RO)

Núcleo Regional Nordeste (BA, SE, AL, PB, PE, CE, RN, PI)

Maria Eugênia Escobar (UFC)

Núcleo Regional Centro-Oeste (MT, MS, GO, DF)

Robério Leandro Marchão (Embrapa Cerrados)

Núcleo Regional Leste (MG, ES, RJ)

Beno Wendling (UFU)

Núcleo Estadual São Paulo (SP)

Rafael Otto (Esalq-USP)

Núcleo Estadual Paraná

Adriel Ferreira da Fonseca (UEPG)

Núcleo Regional Sul (RS e SC)

Tales Tiecher (UFRRGS)

SECRETARIA DA SBSCS

Cíntia Fontes

Denise Cardoso

Denise Machado

www.sbcs.org.br

Tel: (31) 3612-4542

como educadores, sem a qual a pesquisa não poderá alcançar ou atender as demandas da sociedade.

O solo está na essência da agricultura, na produção de alimentos, de biocombustíveis, de fibras e muito mais. O solo, como será visto nesse número do Boletim, está cheio de vida. Os organismos do solo fazem o enlace de todos os componentes do solo, desde a alteração de minerais das rochas (litosfera), iniciando assim a gênese do solo, a liberação de elementos que são utilizados pelas plantas e animais, as transformações que conduzem a produção de colóides (orgânicos e minerais) que serão a base na estruturação da fração mineral, criando assim os espaços para fluxos e armazenamento de ar e água e para a ciclagem de nutrientes, até a sua conexão com outros sistemas na biosfera, atmosfera e hidrosfera. E, apesar de ser menos compreendido ou quantificado que outros componentes do solo, a biodiversidade dos solos brasileiros é a nossa riqueza mais importante para alcançar as metas de sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Nós, cientistas do solo, sabemos disso! Mas, e a sociedade brasileira, sabe para que serve a ciência que produzimos? Como dizia Carl Sagan, “vivemos numa sociedade dependente da ciência e da tecnologia, mas que não sabe quase nada disso”. Nós precisamos nos comunicar melhor com a sociedade, mostrando a ela que a Ciência do Solo contribuiu e contribui muito para o agronegócio, segurança alimentar e qualidade de vida no Brasil. Essa falta de comunicação com a sociedade, que muito pouco sabe sobre a nossa ciência, está na origem da crise de financiamento da pesquisa. Se as pessoas não conhecem a nossa importância, não irão valorizar nossos esforços para financiamento da pesquisa brasileira. Precisamos falar sobre isso!

Abraço a todos

Lúcia Anjos
Presidente da SBSCS



Desde o início do ano, a SBSCS está apoiando as campanhas realizadas pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) em defesa da manutenção das bolsas e de pesquisa e ao CNPq. A campanha acima estimula o envio de vídeos para divulgação científica

NOTÍCIAS

- 4** Conselho Diretor da SBCS reúne-se em Cuiabá para definir biênio 2019/2021
- 6** Próximo CBCS será realizado em Florianópolis
- 7** Núcleos Regionais e Divisões Especializadas definem novas diretorias
- 8** Lúcia Anjos é a nova presidente da SBCS
- 10** Cuiabá sedia o XXXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo
- 15** Um espaço para a Educação em Solos
- 18** Mariângela Hungria recebe o Prêmio Antonio Carlos Moniz de Ciência do Solo

EM FOCO

- As contribuições dos microrganismos do solo **21**
- Diversidade e estrutura da comunidade microbiana do solo **22**
- O papel dos microrganismos do solo na restauração ambiental **26**
- O papel dos microrganismos do solo no aumento da produtividade agrícola **32**
- Microrganismos: ajuda invisível na melhoria da qualidade dos alimentos **36**
- O entendimento atual da interação entre plantas e microrganismos e a necessidade de traduzir conhecimento em ação **40**



notícias

CONSELHO DIRETOR DA SBCS REÚNE-SE EM CUIABÁ PARA DEFINIR BIÊNIO 2019/2021

Os membros do Conselho Diretor da SBCS reuniram-se, em Cuiabá, durante os dois dias que antecederam o CBCS

O Conselho Diretor da SBCS - formado pela presidência, vice-presidência, secretaria executiva, os dois últimos ex-presidentes e diretores dos Núcleos Regionais/Estaduais e Divisões Especializadas reuniu-se, em Cuiabá, durante os dois dias que antecederam o XXXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Na pauta, a renovação do Conselho, a eleição da presidência e as deliberações para o biênio 2019/2021.

Os conselheiros aprovaram o nome da professora Lúcia Anjos (UFRRJ) como a nova presidente da SBCS, agradecendo e reconhecendo o trabalho realizado pela ex-presidente Fatima Moreira (UFLA). Apenas a professora Lúcia Anjos registrou candidatura, apoiada formalmente por diversos sócios e instituições. A nova presidente lamentou a candidatura única, dizendo que é preciso despertar novas lideranças na SBCS.

O Conselho Diretor também aprovou a continuidade da sede da SBCS na Universidade Federal de Viçosa (UFV). No entanto, os membros da secretaria executiva, Rei-

naldo Cantarutti (secretário geral), Raphael Fernandes (secretário-adjunto) e Igor Assis (tesoureiro), solicitaram que o Conselho avalie a possibilidade de transferência da



A professora Fatima Moreira despediu-se da presidência, destacando sua participação nos eventos promovidos pela SBCS, quando pôde conhecer ainda mais a Sociedade e valorizar o trabalho dos Núcleos e das Comissões organizadoras dos eventos

histórico da memória da SBCS. Ele destacou ainda as dificuldades em encontrar autores dispostos a escrever artigos sobre os temas contemporâneos da Ciência do Solo. “Com as edições semestrais, o Boletim irá refletir melhor a evolução dos temas de grande interesse para os sócios”, disse.

Mudanças no portfólio de eventos da SBCS

Os membros da Secretaria Executiva manifestaram, mais uma vez, a preocupação com o número excessivo de eventos promovidos pela SBCS. Para eles, há competição pelas mesmas empresas e agências financiadoras. Dessa

forma, a redução no número de eventos de âmbito nacional fortalecerá os regionais, cumprindo o propósito de descentralização da Sociedade. Para Reinaldo Cantarutti, as programações científicas da FertBio e da Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água (RBMCSA) poderão ser contempladas nos congressos, a cada dois anos. “Com essas mudanças, vamos nos aproximar ainda mais da estrutura do Congresso Mundial, que costuma focar em conferências de interesse geral, nas partes da manhã, e em temas específicos das divisões especializadas, durante as tardes”, disse. Cantarutti explicou ainda que,

com essa mudança, oficialmente, a programação científica dos congressos brasileiros de Ciência do Solo contará com a efetiva participação dos diretores das quatro divisões da SBCS.

Assim, a partir de 2021, a SBCS promoverá apenas o CBCS, a Reunião Brasileira de Correlação e Classificação de Solos (RCC) e o Simpósio Brasileiro de Educação em Solos (SBES). Eventos temáticos, como a FertBio e a RBMCSA, poderão existir apenas quando uma instituição se propuser a organizá-los. Nesses casos, terão a SBCS somente como apoiadora.

PRÓXIMO CBCS SERÁ REALIZADO EM FLORIANÓPOLIS SBCS PODERÁ SEDIAR TAMBÉM O CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) aceitou o desafio de realizar o XXXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CBCS) concomitantemente ao XXIII Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo (CLACS), em Florianópolis, em 2021. A proposta, aceita por unanimidade pela Assembleia Geral da SBCS, em Cuia-

bá, será apresentada, em outubro, ao Conselho Diretor e à assembleia geral da Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo (SLCS), que vai se reunir no XXII CLACS, em Montevidéu, no Uruguai.

O evento será presidido pela pesquisadora Elisângela Benedet da Silva, que passa a ser vice-presidente da SBCS. Para ela, a realiza-

ção do CBCS “amplia ainda mais a divulgação do trabalho da Epagri e possibilita estabelecer novas redes de cooperação com instituições e profissionais da América Latina e outros continentes”. Ela afirma ainda que espera a participação de congressistas de pelo menos 17 países da América Latina e dois da Europa (Espanha e Portugal) que fazem parte da SLCS.



Da esquerda para direita: Elisângela Benedet da Silva, pesquisadora da Epagri/CIRAM; Edilene Steinwandter, diretora-presidente da Epagri, e Ivan Bacic, diretor de desenvolvimento institucional da Epagri/CIRAM

NÚCLEOS REGIONAIS E DIVISÕES ESPECIALIZADAS DEFINEM NOVAS DIRETORIAS

Seguindo as orientações estatutárias e regimentais da SBCS, as diretorias dos Núcleos Regionais e Estaduais e das Divisões e Comissões Especializadas também foram renovadas este ano.

É importante que todos os sócios conheçam bem a estrutura interna da SBCS e procurem se relacionar com os membros da região e da área de conhecimento que têm em comum para que

haja, de fato, uma participação ativa na Sociedade. Confira os nomes das atuais diretorias, entre em contato e participe! Os e-mails para contatos com a presidente, membros da Secretaria Executiva e diretores dos Núcleos e Divisões podem ser conferidos no site da SBCS.

Veja como ficou o atual Conselho Diretor da SBCS e confira os nomes que compõem as divisões e comissões especializadas.

CONSELHO DIRETOR BIÊNIO 2019/2021

PRESIDENTE

Lúcia Anjos da Cunha (UFRRJ)

VICE-PRESIDENTE

Elisângela Benedet da Silva (Epagri)

SECRETARIA EXECUTIVA

Secretário-geral

Reinaldo Bertola Cantarutti (UFV)

Secretário-adjunto

Raphael B.A. Fernandes (UFV)

Tesoureiro

Igor Rodrigues de Assis (UFV)

Ex-presidentes

Gonçalo Signorelli de Farias

Antonio R. Fernandes (UFRA)

Editor da RBCS

José Miguel Reichert (UFSM)

DIRETORES DOS NÚCLEOS SBCS

Núcleo Reg. Amazônia Oriental (MA, TO, PA, AP)

Antonio Rodrigues Fernandes (UFRA)

Núcleo Reg. Amazônia Ocidental (AM e RR)

Hedinaldo Narciso Lima (UFAM)

Núcleo Regional Noroeste (AC e RO)

Paulo G. S. Wadt (Embrapa RO)

Núcleo Regional Nordeste

Maria Eugênia Escobar (UFC)

Núcleo Regional Centro-Oeste

(MT, MS, GO, DF)

Robélio Leandro Marchão

(Embrapa Cerrados)

Núcleo Regional Leste (MG, RJ, SP)

Beno Wendling (UFU)

Núcleo Estadual São Paulo

Rafael Otto (ESALQ/USP)

Núcleo Estadual Paraná

Adriel Ferreira da Fonseca (UEPG)

Núcleo Regional Sul (RS, SC)

Tales Tiecher (UFRGS)

DIVISÕES E COMISSÕES ESPECIALIZADAS

DIVISÃO I. SOLO NO ESPAÇO E NO TEMPO

Ademir Fontana (diretor)

Milton Cesar Costa Campos (vice-diretor)

Comissão 1.1. Gênese e Morfologia do Solo
Ademir Fontana (Coord.); **Marcos Gervásio Pereira** (vice-coord.); **Ingrid Horák Terra** e **Antônio Carlos de Azevedo** (membros titulares); **Virlei Alvaro de Oliveira**, **José Coelho Araújo Filho** e **Fabício Pedron** (membros Suplentes)

Comissão 1.2. Levantamento e Classificação do Solo

Milton Cesar Costa Campos (coord.), **José Coelho de Araújo Filho** (vice-coord.); **Pablo**

Miguel e José Francisco Lumbreras (membros titulares); **Arcangelo Loss** e **Elilson Gomes de Brito Filho** (membros suplentes)

Comissão 1.3. Pedometria

Waldir de Carvalho Junior (coord.); **Fabício da Silva Terra** (vice-coord.); **Alessandro Samuel Rosa** e **Ricardo Simão Diniz Dalmolin** (membros titulares); **Márcio Rocha Francelino** e **Gustavo Souza Valladares** (membros suplentes).

DIVISÃO 2. PROCESSOS E PROPRIEDADES DO SOLO

Araldo Colozzi Filho (diretor)
Quirijn de Jong van Lier (vice-diretor)

Comissão 2.1. Biologia do Solo
Araldo Colozzi Filho (coord.); **George Gardner Brown** (vice-coord.); **Dilmar Baretta** e **Siu Mui Tsai** (membros titulares); **Fátima Maria de Souza Moreira** e **Maria Catarina Megumi Kasuya** (membros suplentes)

Comissão 2.2. Física do Solo

Quirijn de Jong van Lier (coord.); **Marta Vasconcelos Ottoni** (vice-coord.); **Hugo Alberto Ruiz** e **Paulo Leonel Libardi** (membros titulares); **José Miguel Reichert** e **Wenceslau Geraldes Teixeira** (membros suplentes)

Comissão 2.3. Mineralogia do Solo
Eloise Mello Viana (coord.); **Valdomiro Souza Junior** (vice-coord.); **Vander de Freitas Melo** e **Antônio Carlos Saraiva da Costa** (membros titulares); **Sebastião Barreiros Calderano** e **Antônio Carlos Azevedo** (membros suplentes)

Comissão 2.4. Química do Solo:
Tales Tiecher (coord.); **Vânia da Silva Fraga** (vice-coord.); **Leonidas Carrijo Azevedo Melo** e **André Guarconi Martins** (membros titulares); **Nairam Felix de Barros** e **Cassio Hamilton Abreu Junior** (membro suplente)

DIVISÃO 3. USO E MANEJO DO SOLO

Alberto Carlos de Campos Bernardi (diretor)
Heitor Cantarella (vice-diretor)

Comissão 3.1. Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas
Alberto Carlos de Campos Bernardi (coord.); **Rilner Alves Flores** (vice-coord.); **Ciro Antônio Rosolem** e **Volnei Pauletti** (membros titulares); **Heitor Cantarella** e **Leônidas Carrijo Azevedo Melo** (membros suplentes)

Comissão 3.2. Corretivos e Fertilizantes:
Heitor Cantarella (coord.); **Paulo Sergio Pavina-**

to (vice-coord.); **Milton Ferreira de Moraes** e **Samuel Vasconcelos Valadares** (membros titulares); **Maurício Vicente Alves** e **Luís Cesar Cassol** (membros suplentes)

Comissão 3.3. Manejo e Conservação do Solo e da Água

Arcangelo Loss (coord.); **Teógenes Senna de Oliveira** (vice-coord.); **Alceu Pedrotti** e **Cristiano André Pott** (membros titulares); **Ildegardis Bertol** e **Yuri Jacques Agra Bezerra da Silva** (membros suplentes)

Comissão 3.4. Planejamento do Uso da Terra
Viviane Cristina Modesto (coord.); **Valdinar Ferreira Melo** (vice-coord.); **Kamylla Gonçalves Oliveira Assis** e **Oldair Del'Arco Vinhas Costa** (membros titulares); **Leonardo Santos Collier** e **Adriana Monteiro da Costa** (membros suplentes)

Comissão 3.5. Poluição, Remediação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas
Antônio Rodrigues Fernandes (coord.); **Thiago Assis Rodrigues Nogueira** (vice-coord.); **Carolina Riviera D. Maluche Baretta** e **Tadeu Luis Tiecher** (membros titulares); **Clistenes Williams do Nascimento** e **Dilmar Baretta** (membros suplentes).

DIVISÃO 4. SOLO, AMBIENTE E SOCIEDADE

Cristine Muggler (diretor)

Fabiane Vezzani Cristine (vice-diretor).

Comissão 4.1. Educação em Solos e Percepção Pública do Solo
Cristine Carole Muggler (coord.); **Déborah de Oliveira** (vice-coord.); **Fátima Maria de Souza Moreira** e **Ricardo Simão Diniz Dalmolin** (membros titulares); **Adriana de Fátima Meira Vital** e **Francisco Sergio Bernardes Ladeira** (membros suplentes)

Comissão 4.2. Solos e Segurança Alimentar
Thiago Assis Rodrigues Nogueira (coord.); **Cassio Hamilton Abreu Junior** (vice-coord.); **Adrielle Rodrigues Prates** e **Maria Aparecida Pereira Pierangeli** (membros titulares); **Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer** e **Eleamar Antônio Cassol** (membros suplentes)

Comissão 4.3. História, Epistemologia e Sociologia da Ciência
Fabiane Machado Vezzani (coord.); **Vagner Lopes da Silva** (vice-coord.); **Cristine Carole Muggler** e **Tiago Santos Telles** (membros titulares); **Gonçalo Signorelli Farias** e **Julierme Zimmer Barbosa** (membros suplentes).

LÚCIA ANJOS É A NOVA PRESIDENTE DA SBCS

A professora Lúcia Helena Cunha dos Anjos, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), é a nova presidente da SBCS para um mandato de dois anos. Ela foi eleita por unanimidade pelo Conselho Diretor da SBCS e confirmada por aclamação pela Assembleia ordinária de sócios, durante o XXXVII CBCS, em Cuiabá. Ela é engenheira agrônoma, com mestrado e doutorado em Ciência do Solo.

Lúcia Anjos, como prefere ser chamada, foi diretora da Divisão I – Solo no Espaço e no Tempo da SBCS de 2015 até ser eleita presidente. “A minha vida profissional mescla as atividades de ensino, pesquisa e gestão acadêmica. Em todas, sempre estimei e procurei trabalhar em parceria com professores e pesquisadores da área de Gênese, Morfologia e Classificação de Solos, mas também com temas desafiadores, em especial os de etnopedologia, pedometria e, sempre que possível, educação em solos. Sempre participei de eventos e realizei visitas técnicas em quase todos os estados brasileiros, com destaque para as Reuniões de Classificação e Correlação de Solos (RCCs), o que me levou a um aprofundamento do contato com professores e pesquisadores de várias regiões do Brasil”, disse ela.

A nova presidente ressalta que é sócia da SBCS desde antes de



concluir sua formação acadêmica, é editora associada da RBCS e representante da SBCS e da América do Sul e Caribe para o *Intergovernmental Technical Panel on Soils - FAO/ Global Soil Partnership (GSP)*. Lúcia também teve uma participação fundamental na comissão organizadora do Congresso Mundial de Solos, realizado em 2018, no Rio de Janeiro.

Em seu discurso aos conselheiros e sócios da SBCS e no seu plano de trabalho, Lúcia Anjos destacou que pretende priorizar a integração dos Núcleos Estaduais e Regionais; fortalecer a criação de

grupos de trabalho e tornar mais efetiva a atuação das Divisões e Comissões Especializadas; estruturar o Comitê Editorial, além de retomar esforços junto aos Núcleos Regionais/Estaduais buscando aumentar o número de associados. Ela também destacou que pretende ampliar a ação da SBCS junto às instâncias governamentais para promover a educação e percepção pública da Ciência do Solo e fortalecer o papel da Sociedade como interlocutora em programas e ações para uso sustentável dos solos brasileiros, além de aumentar a visibilidade e alcance de materiais publicados pela SBCS.

Também pretende aperfeiçoar os meios de comunicação com os sócios para dar maior dinamicidade e atrair novos talentos.

No âmbito internacional, a nova presidente quer interagir sistematicamente com a IUSS e com a Aliança Sul Americana pelo Solo para apoiar a implementação da Aliança Brasileira pelo Solo e fortalecer o intercâmbio com as Sociedades congêneres da América Latina e Caribe consolidando o papel de liderança do Brasil. “ Nossa meta é conduzir a SBCS, com apoio da Secretaria Executiva e do Conselho Diretor, Diretores das Divisões e Comissões Especializadas, Núcleos Regionais ou Estaduais e dos sócios, para que seja levada a um patamar de relevância nacional nas decisões sobre governança e gestão do recurso solo, bem como junto a organizações e fóruns internacionais”, disse Lúcia Anjos.

ENTREVISTA LÚCIA ANJOS

Como você avalia a SBCS que você irá presidir?

A SBCS mudou sua estrutura interna de Divisões e Comissões Especializadas na última década para se adaptar a IUSS, o que viabilizou, inclusive, a realização do Congresso Mundial aqui no Brasil (2018). Mas as Divisões e Comissões ainda estão sem atuação definida e, em geral, não foram adequadamente valorizadas no que têm de essencial que é a capacidade de articular e reunir pessoas da mesma área e propor grupos de trabalho ou eventos específicos, como faz a IUSS. Internacionalmente, os contatos, as demandas dos sócios na organização dos eventos e as publicações devem passar pelas Divisões e Comissões para que, desta maneira, todas as áreas da ciência do solo sejam refletidas nas ações da SBCS. Este é o passo que precisa ser dado agora, no que diz respeito as Divisões e Comissões.

Quanto aos Núcleos Regionais da SBCS, alguns são exemplos de sucesso em termos de organização e mobilização dos sócios, mas há outros que ainda não conseguiram se articular e, por causa disso, há regiões que ainda não estão efetivamente contempladas no interior da SBCS. É como se os profissionais que atuam em ciência do solo estivessem dissociados da Sociedade e, por isso, não atuam ou não se sentem pertencidos efetivamente a ela.

Como conquistar esta mobilização?

Tivemos um avanço nos últimos anos com a presença constante de nossos ex- presidentes, conselheiros e membros da Secretaria Executiva nos eventos dos Núcleos Regionais e Estaduais, mas e depois, no dia a dia, como tem sido este acompanhamento? Que estímulo eles têm recebido da direção da SBCS? O que se passou nestes eventos e o que precisa ser apoiado ou modificado? A estrutura de Núcleos, Divisões e Comissões é efetiva ou precisamos encontrar um novo modelo de representação? Seria importante haver uma nova reforma em nossos documentos como Estatuto e Regimento para incentivar o fortalecimento interno da SBCS? Responder a essas questões irá apontar o caminho para a mobilização necessária e para estabelecer as metas para estes dois próximos anos.

Mas há uma crise geral de representação na sociedade brasileira, tanto em entidades científicas como em outras organizações como sindicatos, condomínios e grupos. Como superar este desafio?

Nós temos o desafio de atrair um imenso número de jovens que estão chegando à ciência do solo e precisam se sentir representados pela SBCS, não como uma entidade de maneira geral, como uma sociedade científica, mas interna-

mente, nas Divisões e Comissões temáticas e nos Núcleos Regionais e Estaduais. Se não for assim, por que se associar? Como alcançar estes jovens? Temos que encontrar maneiras de atrair novos sócios para a necessária renovação da SBCS. A faixa etária dos sócios que atuam nas Divisões e Núcleos é superior aos 40 anos, quase não há jovens. Por que eles não se sentem atraídos ou acreditam que possam se candidatar e serem eleitos para cargos na SBCS? Nós precisamos mostrar a eles que sim, que eles podem representar a Sociedade já desde o início de suas carreiras e a SBCS precisa valorizá-los. Por outro lado, os antigos sócios precisam dar mais espaço, acolher as renovações, as idéias, as formas de trabalhar das novas gerações que estão chegando. Há pessoas que tentam se aproximar, mas não encontram espaço, não se sentem reconhecidas. Os benefícios da associação à SBCS vão muito além de descontos em livros, publicação de artigos e inscrição em eventos. Para abraçar essa ideia, a nova geração precisa ter espaço e reconhecimento e a SBCS irá se beneficiar deste rejuvenecimento.

Por fim, penso que precisamos também nos aproximar de outros profissionais, além dos agrônomos, incluindo outros ramos da ciência, além de ciências agrárias. A ciência do solo está sob holofotes, como nunca esteve. Temas diversos relacionados a importância do solo na segurança alimentar, conservação de ecossistemas etc, têm sido reportados pela mídia. Nós participamos em um painel internacional de solos (ONU - FAO/ITPS - <http://www.fao.org/global-soil-partnership/intergovernmental-technical-panel-soils/en/>). Existem muitos profissionais em áreas afins que precisam vir conosco para a SBCS. Precisamos descobrir como se aproximar deles também.

O XXXVII CBCS destacou-se pelo caráter multidisciplinar das palestras e conferências. O objetivo da comissão organizadora foi discutir a sustentabilidade dos sistemas de produção e o que precisa ser modificado



CUIABÁ SEDIA O XXXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO

O Núcleo Regional Centro-Oeste da SBCS promoveu, entre os dias 21 e 26 de julho, o XXXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, em Cuiabá-MT. O evento foi realizado pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em parceria com a Universidade Federal de Goiás (UFG), Embrapa, Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT) e Universidade Estadual do Mato Grosso (UNEMAT).

O Congresso reuniu 1.187 pessoas entre professores, pesquisadores, estudantes e produtores rurais. O tema central -Intensificação sustentável em sistemas de produção- propôs uma ampla discussão sobre o papel central das práticas de manejo do solo visando assegurar a

sustentabilidade da produção agrícola, principalmente nos solos que compõe a maior parte das áreas em produção no Centro-Oeste e novas fronteiras agrícolas do Matopiba e Sealba.

A SBCS reconhece e agradece o empenho da Comissão Organizadora do XXXVII CBCS.

A AVALIAÇÃO DO PRESIDENTE DO CBCS

Milton Moraes, que é professor da UFMT, lembra que a promoção do Congresso na região central partiu de uma provocação do secretário-geral da SBCS, Reinaldo Cantarutti ao Núcleo Regional Centro-Oeste. Desde 1999, em Brasília, a região, que é considerada o coração do

agronegócio do país não realizava um evento de grande porte na ciência do solo, embora a FertBio de 2016 tenha sido promovida em Goiânia. “Nós aceitamos o desafio porque um congresso brasileiro tem outro peso e valoriza a ciência do solo na região mais importante para o agronegócio hoje em dia”, disse ele.

Para Milton, o maior desafio desta edição do Congresso foi contornar a crise financeira que assola o Brasil nos últimos anos. “A captação de recursos gerou momentos muito tensos, mas nós sabemos transformá-los em oportunidades”.

Milton Moraes lamenta ainda que o atual momento financeiro e po-



Na abertura do Congresso, o presidente Milton Morais destacou os desafios de promover um evento de grande porte em um momento de crise nacional

lítico do país tenha prejudicado a participação mais expressiva de estudantes de pós-graduação. “Nós tivemos uma participação 40% menor de pós-graduandos que em outros eventos”, calculou. Ao refletir sobre os próximos eventos, o presidente aconselha os seus promotores a pensarem em uma programação cada vez mais multidisciplinar e transversal às áreas correlatas da Ciência do Solo. “Nós contamos com o apoio fundamental das Divisões Especializadas da SBCS e de colegas das instituições que apoiaram o nosso evento no Centro-Oeste e percebemos a demanda por áreas transversais tem se acentuado. Ele cita como exemplo um painel sobre nematóides num congresso de ciência do solo. “A iniciativa foi muito concorrida e bastantes elogiada”, disse ele.

Além dos patrocinadores, Milton Morais agradeceu o apoio dos

professores, estudantes e pesquisadores das instituições parceiras na promoção do XXXVII CBCS. “Tra-

balhamos muito para fazermos o nosso melhor e acredito que deu certo”, concluiu ele.

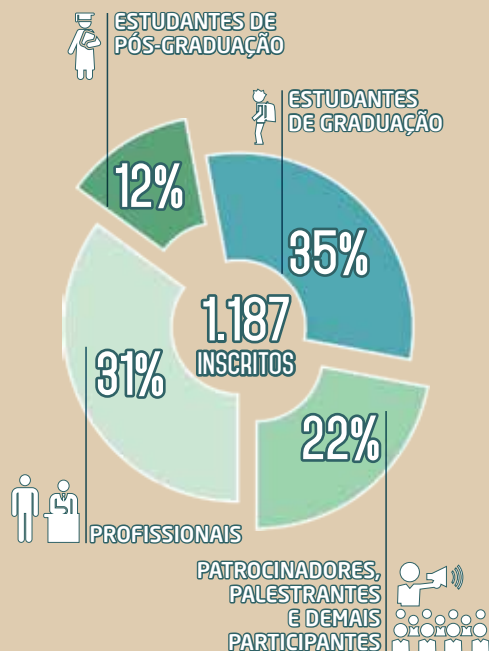


O Congresso foi presidido pelo professor da UFMT, Milton Ferreira de Moraes (ao centro) tendo como vice-presidente Rílner Flores (UFG) (à esquerda) e como coordenador técnico-científico o diretor do Núcleo Centro-Oeste e pesquisador da Embrapa Cerrados, Robélío Marchão (à direita)



Membros da comissão organizadora: Rilner Flores (vice-presidente), Suzana Pereira (tesoureira), Josilaine Gonçalves (coordenadora do comitê local) e Milton Moraes (presidente)

PARTICIPANTES DO XXXVII CBCS



Em nome de todos os participantes, a SBCS agradece o apoio de professores, pesquisadores e estudantes que colaboraram para o sucesso do XXXVII CBCS





Foram apresentados 474 trabalhos científicos. Destes, 429 em forma de pôsteres e 45 apresentações orais. A comissão organizadora aceitou apenas um trabalho por inscrição



A programação do evento foi feita com apoio das Divisões Especializadas da SBCS. Foram 88 palestrantes que se apresentavam e participavam de mesas redondas para responder às perguntas do público



O superintendente do Senar de Mato Grosso, Otávio Celedônio fez a conferência de abertura. Ele falou sobre agrotecnologia, agricultura de precisão, big data e nanotecnologia como ferramentas necessárias para que o agronegócio enfrente os desafios de crescer com sustentabilidade



Os participantes do CBCS foram recepcionados em Cuiabá com um show da Orquestra de Voz e Violão e uma mostra da cultura pantaneira, com danças típicas da região de Cuiabá, como o Siriri Cuiabano





Como faz em todos os Congressos, a SBCS manteve um estande durante todo o evento para promover aproximação com os sócios e apresentar livros e produtos da sua Loja Virtual. Este ano foram lançados os livros “Fundamentos de Micromorfologia de Solos” e Tópicos em Ciência do Solo Volume X” e “Manejo e Conservação do Solo e da Água”

UM ESPAÇO PARA A EDUCAÇÃO EM SOLOS

A Divisão 4 da SBCS “Solos, Ambiente e Sociedade” marcou presença no CBCS com o “Espaço de Educação em Solos”. O estande, montado no saguão principal do Espaço de Eventos,

divulgou ações desenvolvidas por algumas instituições brasileiras. Participaram do estande os seguintes projetos: Solo na Escola/ UFG, Educação em Solos para Todos/UEG, Saberes Sobre Solos /

UFG e o Museu de Solos Alex Doroefeeff da UFV, coordenados pelas professoras Adriana Meira, Adriana Ribon, Andrelisa de Jesus e Cristine Muggler, respectivamente.

As professoras mostraram ao público personagens dos solos do Brasil, tais como os pedons didáticos; jogos de solos; teatrinho do solo e seus fantoches; colorteca e as telas pintadas com geotintas; poemas do Projeto Perfis: Solos e Poesias; amostras de diferentes solos e adubos; os mascotes Ana Terra, Ribonita, Tâta, Orujá, Rita e Tâniajura; adesivos, materiais didáticos e livros para o ensino de solos.

Além do Espaço de Educação em Solos, o Congresso destacou ainda a importância e o avanço do ensino do solo no Brasil promovendo um simpósio dedicado ao tema, coordenado pelas palestrantes Adriana Ribon, Adriana Meira e Carmem Sueze.



Adriane Vital, Adriana Ribon e Andrelisa de Jesus com as pedons didáticos

Nos dois últimos dias, os organizadores do CBCS promoveram quatro mini-cursos, três tours técnicos e uma Mini Reunião de Correlação e Classificação de Solos (RCC). Foi uma boa oportunidade para os participantes conhecerem de perto os solos e a produção agrícola do Mato Grosso. A região é considerada o coração do agronegócio brasileiro.



Josiel Doriguete

MINI RCC SOLOS NA TRANSIÇÃO CERRADO/PANTANAL

Cerca de 60 pessoas participaram da Mini RCC, organizada especialmente para o XXXVII CBCS. As minireuniões de Classificação e Correlação de Solos já estão tornando-se uma tradição no encerramento dos Congressos Brasileiros de Ciência do Solo e são uma oportunidade para reunir pesquisadores de gênese e classificação de solos, além de pessoas interessadas em conhecer melhor os solos regionais.

Segundo Virlei Oliveira (IBGE), coordenador geral da Mini RCC “Solos na Transição Cerrado-Pantanal”, a excursão nos dias 26 e 27 de julho, foi uma oportunidade para conhecer os solos representativos de Cuiabá, incluindo o norte matogrossense e o Planalto dos Guimarães. Os participantes terminaram visitando um latossolo vermelho acre, situado dentro de uma lavoura de algodão e típi-

co dos solos que sustentam toda a agricultura de grãos do Brasil atualmente.

O CBCS também promoveu mini-cursos nas áreas de Bioanálise de solo, Fertirrigação, Micro-organismos - do isolamento à utilização nos cultivos agrícolas e Métodos moleculares e enzimáticos de avaliação da qualidade do solo.

Participantes da Mini RCC Pantanal



Sérgio Shimizu

As mulheres da ciência do solo
na Mini RCC Pantanal

Sérgio Shimizu

Os participantes também puderam optar
por visitas técnicas em áreas de produção
de calcário, algodão no Cerrado e Integração
Lavoura-Pecuária-Floresta

Sérgio Shimizu



O prêmio ACM foi entregue a Mariangela Hungria durante a abertura do XXXVII CBCS, em Cuiabá, dia 21 de julho

MARIANGELA HUNGRIA RECEBE O PRÊMIO ANTONIO CARLOS MONIZ DE CIÊNCIA DO SOLO

PELA PRIMEIRA VEZ A PREMIAÇÃO FOI CONCEDIDA A UMA MULHER

A pesquisadora da Embrapa Soja, Mariangela Hungria da Cunha, foi agraciada com o Prêmio Antonio Carlos Moniz de Ciência do Solo (ACM). Trata-se da maior honraria concedida pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, que, a cada dois anos, homenageia um único profissional que tenha, ao longo de sua vida científica, contribuído extraordinariamente para o avanço da ciência ou da tecnologia na Ciência do Solo brasileira. Além de ser uma das pesquisadoras brasileiras mais produtivas do país na área de Biotecnologia do Solo, ela é membro titular da Academia Brasileira de Ciências, desde 2008, e acumula

uma série de premiações de grande relevância nacional e internacional ao longo de sua carreira, entre elas, o título de Comendadora da Ordem Nacional do Mérito Científico da Presidência da República pela contribuição nas Ciências Agrárias.

A indicação do nome de Mariangela Hungria ao prêmio ACM de Ciência do Solo foi feita pela diretoria do Núcleo Estadual Paraná da SBCS (Nepar). Segundo a documentação enviada à SBCS para subsidiar a candidatura, a pesquisadora está entre os grandes nomes da Ciência do Solo no Brasil, com importantes contribuições científicas e tecnoló-

gicas no tema “fixação biológica do nitrogênio”. Esta tecnologia sustentável traz grandes benefícios econômicos ao país, uma vez que, somente na cultura da soja, os ganhos são estimados em cerca de US\$ 15 bilhões anuais por dispensar a necessidade de uso de fertilizantes nitrogenados, além das vantagens ao meio ambiente. “O principal diferencial do seu trabalho está em unir a pesquisa básica, como genômica e proteômica, à pesquisa aplicada, como desenvolvimento de inoculantes microbianos. Como resultado, ela tem mais de 700 publicações, que vão desde artigos científicos publicados em periódicos de

alto impacto, a livros didáticos para alunos e cartilhas para agricultores. Além disso, é uma das pesquisadoras brasileiras mais citadas na área de Ciências Agrárias no Brasil, com fator H 40, conforme consta da base de dados Web of Science”, informou o documento de indicação da pesquisadora.

A homenageada é membro da SBCS desde o início da década de 1980 e participa ativamente da Comissão de Biologia do Solo da Divisão 1 – “Processos e Propriedades do Solo”. Foi a primeira mulher a presidir a SBCS, ocupando o posto entre 2001 e 2003, além de ter tido participação ativa na criação do Nepar, do qual participa como membro efetivo na comissão “Biologia do Solo”. Ela também organizou e presidiu o XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Londrina, em 2001. Além das inúmeras contribuições da pesquisadora aos avanços científicos e tecnológicos na Ciência do Solo brasileira, o Nepar também ressaltou o papel de Mariangela Hungria na valorização do papel da mulher na SBCS.

CONHEÇA A HOMENAGEADA

Mariangela Hungria é agrônoma formada pela Esalq/USP, em 1979, com mestrado na mesma instituição, em 1981, doutorado na UFRRJ, em 1985 e pós-doutorado na Cornell University, em 1989 e na University of California – Davis, em 1991, e também na Universidade de Sevilla (1998). Ela é pesquisadora da Embrapa desde 1982 e está lotada na Embrapa Soja desde 1991. É professora e orientadora do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia e em Biotecnologia na Universidade Estadual de Londrina e no curso de Bioinformática na UFTPR. Colaborou com a formação de mais de 200 profissionais, entre pós-doutores, pós-graduados e graduados.

Vários trabalhos da pesquisadora foram transformados em produtos de grande utilidade para a agricultura brasileira. Foram mais de 20 novas tecnologias lançadas, incluindo rizóbios para a cultura do feijoeiro; Azospirillum para milho, trigo; braquiárias; coinoculação de rizóbios e Azospirillum para soja e feijoeiro. Mariângela Hungria trabalha em várias parcerias com a iniciativa privada no desenvolvimento de novos inoculantes microbianos, com diversos produtos já registrados e comercializados. Recentemente, a pesquisadora assumiu a curadoria do Banco de Germoplasma de Microrganismos para a Produção de Inoculantes Microbianos, homologado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Ela também coordena a única estação quarentenária homologada pelo Mapa para inoculantes microbianos do Brasil.

Mariangela Hungria é revisora de mais de 20 revistas indexadas nacionais e internacionais, representante brasileira na Rede de Biofertilizantes Ibero-Americana Biofag e foi vice-presidente e presidente da RELARE (Reunião da Rede de Laboratórios para a Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola), entre 2010-2016. É consultora da Fundação Bill & Melinda Gates para projetos de fixação biológica do nitrogênio na África, bem como de projetos com a Argentina, México e Peru, além de atuar em projetos em colaboração com a Espanha, Austrália e França. Ela é pesquisadora do CNPq desde 1992 e, desde 1998, está no nível 1. Em 2010, recebeu o troféu “Glaci Zancan Mulheres de Ciência do Paraná” e o prêmio “Honorary Scientist & Advisor on Agricultural Green Technology”, do Rural Development Administration (Coreia do Sul). Em 2012 recebeu o prêmio Frederico

de Menezes Veiga, da Embrapa, sobre o tema “A Agricultura na Economia de Baixa Emissão de Carbono”. Em 2015, foi agraciada com o Prêmio Cláudia, na categoria ciências e, em 2018, com a Medalha de Mérito pelo CREA-PR e Medalha de Mérito Nacional CONFEA/CREA, além de outras premiações.

Em seu discurso durante a homenagem, Mariangela Hungria se emocionou ao lembrar sua relação de amizade com Johanna Döbereinere Antonio Carlos Moniz. “Esta homenagem, tão emocionante e importante para mim, carrega o nome do meu velho amigo. Nesta etapa da vida em que eu deveria estar “dando mais do que recebendo”, venho ao Congresso com a mesma vontade de aprender coisas novas, assim como eu tinha lá em 1981, quando participei do meu primeiro CBCS, em Salvador, e conheci Johanna Döbereiner. Esse entusiasmo não envelheceu dentro de mim. Venho a este congresso, em Cuiabá, com a mesma alegria de reencontrar os amigos. E, em meio a toda essa alegria, resta agradecer muito, dizer que continuarei a tentar fazer o melhor que posso pela microbiologia do solo no Brasil e pela SBCS”.







em foco

AS CONTRIBUIÇÕES DOS MICRORGANISMOS DO SOLO

A microbiologia do solo é o ramo da Ciência do Solo que estuda microrganismos que vivem nesse ambiente. Focaliza principalmente a atividade biológica desses microrganismos e o papel que têm no fluxo de energia e na ciclagem de nutrientes associada à produtividade primária. Além disso, ocupa-se dos impactos ambientais, favoráveis ou não, dos microrganismos do solo e dos processos que estes participam.

Por serem geralmente de tamanho muito reduzido, com exceção de alguns cogumelos, não é possível visualizar a olho desarmado, isto é, necessita de lupas e microscópios para sua observação. Entretanto, o número de microrganismos no solo varia muito, desde algumas centenas de protozoários a até mais de um bilhão de bactérias ou um trilhão de vírus em apenas um grama de solo, correspondendo a menos de 1% da massa total do solo. Constituem-se, porém, o elo entre os processos do solo e os demais que ocorrem nos diversos ambientes.

Por não serem facilmente visualizados, os microrganismos sempre foram muito negligenciados, mas podemos observar os seus efeitos quando causam doenças em plantas, degradando matéria orgânica, por exemplo, ou quando prepara-

mos o composto e todos os resíduos vegetais e animais que são transformados em húmus. Podem ainda associar-se simbioticamente às plantas, formando as associações micorrízicas, ou nódulos que auxiliam a fixação biológica de nitrogênio, isto é, consegue captar o nitrogênio que está no ar e transferir para as plantas. Muitas vezes, mesmo sem formar qualquer estrutura com planta auxiliam o crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

Assim, os microrganismos são muito importantes para a manutenção do ecossistema a partir das diferentes interações, positivas ou negativas, ajudando a manter o equilíbrio e a resiliência do solo, isto é, auxiliando o solo a voltar ao seu estado natural, principalmente após qualquer intervenção.

Outros papéis dos microrganismos são abordados nesta edição mostrando como eles vêm sendo estudados e auxiliado na compreensão das funções dos microrganismos no solo e manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Aos autores que aceitaram o desafio de contribuir para esta edição, a gratidão da SBCS.

MARIA CATARINA KASUYA
Editora temática



DIVERSIDADE E ESTRUTURA DA COMUNIDADE MICROBIANA DO SOLO

Marliane de Cássia Soares da Silva
Daniela Tiago da Silva Campos
Paulo Prates Junior

O solo é um bem natural que garante o desenvolvimento das plantas, portanto viabiliza a produção de alimentos e sustenta as economias agropecuárias e florestais em nível mundial. Além disso, o solo é o componente da biosfera que abriga a maior biodiversidade microbiana do planeta. São os microrganismos que desempenham importantes transformações bioquímicas que ocorrem no solo, por exemplo, na degradação do material vegetal, culminando com o aumento nos teores da matéria orgânica do solo, além de atuarem nos ciclos biogeoquímicos e fluxo de energia, na nutrição e saúde vegetal como simbioses ou

microrganismos de vida livre que fixam nitrogênio, solubilizam fosfato e suprimem doenças de plantas.

A comunidade microbiana do solo é composta por bactérias, fungos, arqueias, protozoários, algas unicelulares, e vírus (Figura 1). No entanto ainda se conhece muito pouco dessa diversidade. Alguns microrganismos do solo são capazes de formar estruturas macroscópicas a exemplo dos cogumelos que são a estrutura reprodutiva de fungos filamentosos, no entanto a maioria é microscópica. Apesar do tamanho diminuto o papel que exercem no ambiente é muito visível e extremamente importante. Atuam

diretamente na fertilidade do solo, uma vez que ao transformarem os resíduos orgânicos promovem a formação de substâncias húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina), que ao interagir principalmente com a fração argila, altera algumas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo, por exemplo, na formação de agregados.

Os microrganismos têm funções e nichos ecológicos específicos que permitem inferir sobre a sustentabilidade dos sistemas naturais e agrícolas (Figura 2). Os estudos realizados pela microbiologia do solo possibilita a descoberta da compo-

sição e dinâmica da comunidade microbiana de solos sobre determinado tipo de manejo. É comum mensurar a diversidade e estrutura da comunidade microbiana de grupos funcionalmente importantes. Por exemplo, alguns grupos podem estabelecer relações simbióticas mutualistas, a exemplo dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) que se associam com as raízes das plantas fornecendo nutrientes pouco móveis no solo, como o fósforo e zinco, bem como aumentam a tolerância ao estresse ambiental. As bactérias fixadoras de nitrogênio são capazes de se associarem com as leguminosas, disponibilizando o nitrogênio (N), contribuindo para aumentar a disponibilidade de N e promover o crescimento vegetal. Outros processos que ocorrem no solo e que são mediados pelos microrganismos são a degradação de xenobióticos e a produção de compostos que promovem o crescimento das plantas, a exemplos de hormônios vegetais como o AIA, que são produzidos pelas bactérias fixadoras de N, como o *Azospirillum brasilense* (Figura 2). A diversidade da microbiota do solo é de fundamental importância para o sistema Terra funcionar e para obter um melhor aproveitamento dos restos vegetais e favorecer a nutrição das plantas.

A diversidade e a estrutura da comunidade microbiana do solo é um tema muito atual e em evidência. Porém, o conhecimento sobre os microrganismos existentes no solo e a diversidade dos mesmos ainda é muito incipiente quando são utilizadas as técnicas clássicas da microbiologia. Com a descoberta do DNA e o avanço das técnicas moleculares, os estudos da comunidade microbiana tornaram-se mais fáceis e têm possibilitado avançar um pouco mais na imensidão da diversidade ainda desconhecida. Entretanto, lançou desafios com-

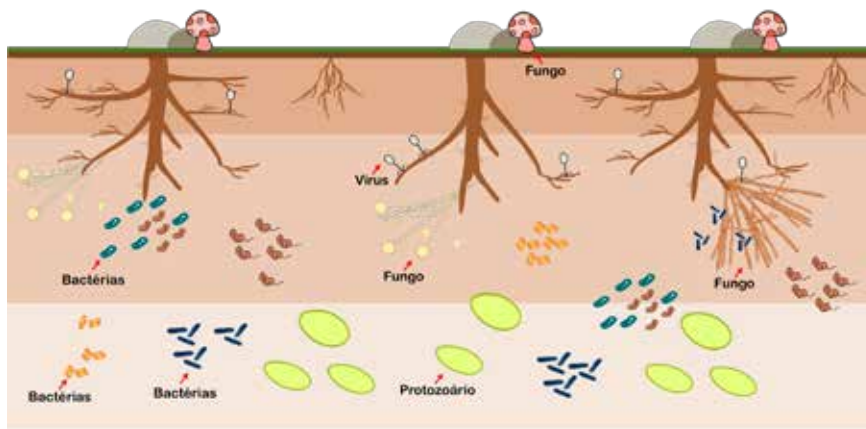


Figura 1. Diversidade da comunidade de microrganismos encontrados no solo, representados por bactérias, fungos, protozoários e vírus. Arte: Everaldo da Silva Cruz

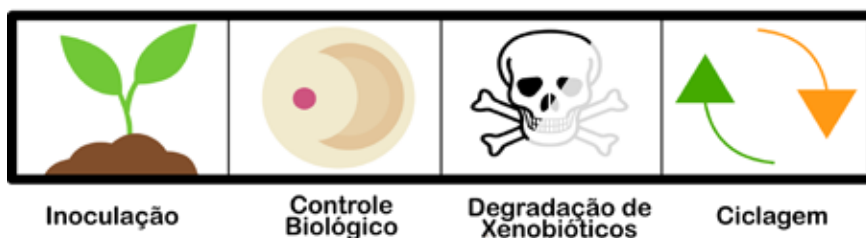


Figura 2. Diversidade de funções desempenhadas pela comunidade de microrganismos encontrados no solo, a exemplo da utilização como inoculantes microbianos, no controle biológico, na degradação de compostos xenobióticos e na ciclagem de nutrientes do solo. Arte: Everaldo da Silva Cruz

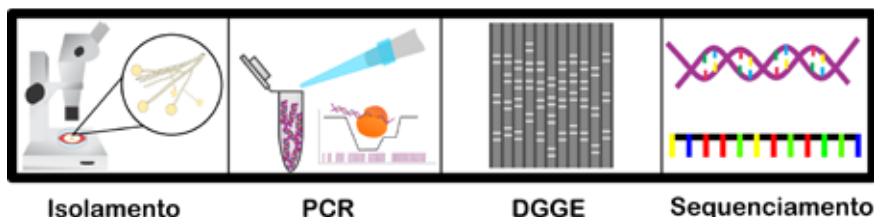


Figura 3. Técnicas utilizadas no estudo da diversidade da comunidade de microrganismos do solo, a exemplo do isolamento de microrganismos cultiváveis e técnicas moleculares independentes de cultivo como PCR, DGGE e sequenciamento de nova geração. Arte: Everaldo da Silva Cruz

plexos de interpretação de dados que requerem ampliar a multidisciplinaridade e o diálogo entre profissionais de diferentes áreas: biologia, agronomia, informática, bioquímica, dentre outras.

Técnicas de *finger print* como DGGE e TGGE são muito utilizadas na comparação do perfil das comunidades microbianas de diferentes ambientes e são capazes de demonstrar a redução da diversidade causada por alterações no solo. Estudos realizados com técnicas de *fingerprint* demonstraram diferenças na estrutura e diversidade da comunidade

FMA em plantações de eucalipto e sistemas de produção de café. E as técnicas de sequenciamento de nova geração, como o sequenciamento de *amplicons* que utilizam por exemplo a plataforma Illumina e o sequenciamento de DNA metagenômico total ou “shotgun”, são técnicas que tem crescido numa velocidade espetacular e ganhado destaque na análise de diversidade, permitindo o sequenciamento de bilhões de moléculas de DNA, aumentando consideravelmente a escala e a resolução das análises (Figura 3). Assim, é possível realizar inferências sobre o efeito do uso do



Catarina Kasuya

solo (Cerqueira et al., 2017), bem como o biomonitoramento de áreas impactadas pela mineração (Prado et al., 2019).

O uso crescente destas metodologias de forma ampla e rotineira tornou-se uma ferramenta importante na compreensão da diversidade microbiana do solo, permitindo o acesso à comunidade de microrganismos ainda não descritos e/ou não cultiváveis. As técnicas clássicas de isolamento e cultivo são usadas para conhecer a estrutura da comunidade microbiana do solo, principalmente quando o foco é a prospecção de microrganismos visando o uso biotecnológico, incluindo a produção e uso de inoculantes microbianos, a base de rizóbios ou biocontroladores de fitopatógenos (Figura 2).

Diversos cientistas, que trabalham com a microbiologia do solo, têm se dedicado a esclarecer os im-

pactos causados por atividades agrícolas ou mesmo por desastres ambientais, por meio de avaliações da diversidade e estrutura das comunidades microbianas do solo. Isto porque as alterações na comunidade microbiana são mais perceptíveis do que as mudanças nas propriedades físico-químicas do solo, tornando-se um parâmetro mais sensível para avaliar a sustentabilidade e a detecção do estresse ambiental e/ou recuperação do ambiente. Infelizmente ainda não se discute devidamente a extinção dos microrganismos tal como é feito para animais e plantas superiores, porque o que se conhece dessa comunidade é ainda muito pouco. Mas diante de tantos impactos causados no solo, a diversidade microbiana tem sido afetada e os microrganismos que nem foram conhecidos e com potenciais diversos são perdidos sem conhecimento de cientistas e sociedade em geral.

Em solos impactados por rejeitos de mineração, por exemplo, verifica-se a perda da diversidade microbiana, que pode vir a ser recomposta ao longo do tempo com a colonização por plantas, mas com diversas dificuldades operacionais e ecológicas para reestabelecer a comunidade que antes habitava aquele local. A mesma dificuldade em manter a estrutura e diversidade da comunidade microbiana ocorre por meio do uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas, levando a redução do potencial produtivo do solo e serviços ecossistêmicos associados.

Nesse contexto, quando se fala sobre as novas contribuições da microbiologia do solo, para avaliar e favorecer a diversidade e estruturas das comunidades microbianas é preciso fazer uma reflexão sobre sua aplicação em termos de manejo de áreas naturais, agrícolas, florestais e em fase de restau-

ração. Assim, surge espaço para as perguntas: Qual a importância dos microrganismos do solo? Por que conhecemos apenas cerca de 2 % dessa diversidade? Conhecer a diversidade e a estrutura da comunidade microbiana do solo irá auxiliar em alguma tomada de decisão no campo ou no manejo de áreas naturais? Quais as implicações técnicas para tomadores de decisão e produtores rurais?

Os acadêmicos precisam se conscientizar que existe a necessidade de interligar o estudo da estrutura e biodiversidade das comunidades microbianas com a aplicabilidade das mesmas. As ferramentas clássicas e moleculares permitem aumentar o conhecimento da diversidade dos microrganismos do solo, viabilizar a utilização biotecnológica dos mesmos, favorecendo a sustentabilidade e ganhos econômicos para a sociedade.

No mercado existem produtos biológicos sendo comercializados e que prometem aumentar a diversidade microbiana no solo. Por outro lado, o produtor rural, viveiristas e ambientalistas precisam realizar o bom manejo do solo, utilizando a inoculação de microrganismos benéficos e inúmeras técnicas, tais como plantio direto, rotação de cultura, consórcios, integração lavoura-pecuária

e muitas outras técnicas de manejo reconhecidas como promotoras da biodiversidade.

Trata-se de socializar e democratizar o conhecimento acadêmico com o campo, empresas e tomadores de decisão que algumas estratégias de manejo favorecem os microrganismos benéficos, os quais são responsáveis por processos bioquímicos essenciais para a produtividade e saúde dos solos.

Devido a importantes e diversas funções desempenhadas no ecossistema, conhecer esta comunidade é um passo crítico para o uso sustentável do solo. Sustentabilidade é um termo comumente utilizado, mas delinear sistemas sustentáveis -exige conhecimentos prévios por parte de quem se habilita, de modo a favorecer a microbiota e biodiversidade como um todo, acima e abaixo do solo.

É preciso entender que o uso do solo impacta as comunidades microbianas e que ampliar o conhecimento sobre sua estrutura e diversidade auxiliar na manutenção dessa qualidade e, consequentemente, de toda cadeia produtiva que tem no solo seu substrato essencial para a produção de alimentos, produtos florestais e bem-estar social.

Referências

- CERQUEIRA, A.E.S.; SILVA, T.H.; NUNES, A.C.S.; NUNES, D.D.; LOBATO, L.C.; VELOSO, T.G.R.; DE PAULA, S.O.; KASUYA, M.C.M.; SILVA, C.C. Amazon basin pasture soils reveal susceptibility to phytopathogens and lower fungal community dissimilarity than forest. *Applied Soil Ecology*, 131: 1-11, 2018.
- PRADO IGO, DA SILVA MCS, PRADO DGO, KEMMELMEIER K, PEDROSA BG, SILVA C C, KASUYA MCM. Revegetation process increases the diversity of total and arbuscular mycorrhizal fungi in areas affected by the Fundão dam failure in Mariana, Brazil. *Applied Soil Ecology*. 2019. 141:84-95.

Marliane de Cássia Soares da Silva é bióloga e pesquisadora no Laboratório de Associações Micorrízicas/BIOAGRO, Universidade Federal de Viçosa, E-mail: mcassiabio@yahoo.com.br

Daniela Tiago da Silva Campos é professora na Universidade Federal do Mato Grosso. E-mail: camposdts@yahoo.com.br

Paulo Prates Junior é pesquisador no Laboratório de Associações Micorrízicas/BIOAGRO- Universidade Federal de Viçosa. E-mail: pprates-junior@gmail.com





Bigstock

O PAPEL DOS MICRORGANISMOS DO SOLO NA RESTAURAÇÃO AMBIENTAL

Paulo Prates Júnior, Sidney Luiz Stürmer e Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares

A restauração ambiental deve possibilitar a reintegração do ecossistema em todos os seus aspectos estruturais e funcionais. A revegetação é uma das principais estratégias para iniciar o processo de restauração ambiental, uma vez que as plantas realizam fotossíntese e permitem maior disponibilidade de carbono orgânico no solo. Isto resulta em maior atividade microbiana e na retomada de serviços ecossistêmicos: ciclagem de nutrientes, degradação de contaminantes e agregação do solo. Os microrganismos são o elo intermediário entre planta e solo e, dessa forma, representam um grupo chave a ser considerado em processos de restauração ambiental.

A proposta deste artigo é destacar as contribuições da microbiologia do solo, com informações sobre atributos que permitem utilizar os microrganismos como bioindicadores da qualidade ambiental. Além disso, destacaremos questões relevantes relacionados à restauração de ambientes fluviais e degradados pela mineração de carvão e de ferro, por meio do uso de microrganismos benéficos do solo.

Restauração de ambientes fluviais e utilização de inoculantes microbianos

As formações florestais ao longo de ambientes fluviais (floresta ciliares) possuem importante função na proteção do solo. A retirada dessa

floresta pode resultar na degradação do solo, provocando erosão, lixiviação de nutrientes para as reservas de água e alterando a estética da paisagem (Pasdiora, 2003). Essas áreas são removidas principalmente para a ocupação humana ao longo dos rios ou para o estabelecimento de áreas agrícolas e pastagens devido a fertilidade dos seus solos aluviais. A recuperação dessas áreas provê maior cobertura do solo e estabilidade dos taludes, funciona como corredores ecológicos entre fragmentos florestais e incrementa a captura de carbono para o sistema (Rodrigues e Leitão Filho, 2000). Esse processo de restauração é feito principalmente pela introdução de espécies

arbóreas nativas, cujo estabelecimento depende não apenas das suas particularidades morfofisiológicas e da influência dos solos e condições hídricas sobre as mesmas, mas também das interações simbióticas que estabelecem com a microbiota do solo.

Entre os vários modelos de recuperação ambiental aplicado a florestas ciliares (Kageyama e Gandara, 2000), o papel da microbiota do solo é evidenciado, principalmente naqueles que espécies vegetais pioneiras e secundárias iniciais são utilizadas. Muitos estudos no Brasil demonstraram que espécies pioneiras e secundárias iniciais são altamente responsivas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e possuem maior dependência micorrízica quando comparadas a espécies sucessionais tardias (Carneiro et al., 1996; Siqueira e Saggin-Junior, 2001). A inoculação com FMA nessas espécies aumenta não apenas a biomassa vegetal e absorção de nutrientes, mas também a colonização micorrízica e a sobrevivência das espécies a campo. O uso de espécies de leguminosas (Fabaceae) arbóreas e arbustivas também é recomendável durante o processo de recuperação, visto que se associam com bactérias fixadoras de nitrogênio (rizóbios – Figura 1) além dos FMA. Estas simbioses aumentam a sobrevivência das plantas após o transplante, aceleram o seu crescimento, aumentando a incorporação de matéria orgânica, nitrogênio e carbono, e ativando processos biológicos no solo (Moreira e Siqueira, 2006). Ao longo do tempo, a vegetação bem estabelecida desencadeia outros processos biológicos (e.g. atração de polinizadores e dispersores de semente) tendendo restaurar as condições originais do sistema.

A estratégia de transplantar mudas de espécies arbóreas associadas com rizóbios e FMA tem sido



Figura 1. Muda de vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth.) com nódulos de rizóbio, em condições de viveiro comercial. Foto: Alex Ferreira de Freitas.

relatada com sucesso para a revegetação em diferentes situações no país e muitas instituições têm selecionado isolados de bactérias e fungos eficientes para serem utilizados nestes processos. Assim, que novas contribuições a microbiologia do solo pode prover na recuperação de ambientes fluviais? A resposta desta pergunta deve focar outras funções além daquelas tradicionalmente estudadas (aumento no crescimento e nutrição vegetal) e apresentamos quatro situações que merecem esforços de pesquisa. A inoculação com estirpes selecionadas de rizóbios e FMA pode provocar alterações nas comunidades microbianas e a análise dessas mudanças via sequenciamento de nova geração pode

prover indicações se a área fluvial está sendo restaurada, levando em consideração as comunidades microbianas do solo (e não apenas a composição da vegetação). Um segundo aspecto a ser investigado é o efeito da inoculação em parâmetros físicos do solo, principalmente na agregação do solo, visto que este processo influencia uma série de processos edáficos. Uma relação positiva geralmente é encontrada entre o comprimento de micélio micorrízico e macroagregados (Wilson et al., 2009) em solos de clima temperado, enquanto esta relação foi negativa em diversos solos de ambiente fluvial (Rubin e Stürmer, 2015). A inoculação com FMA pode influenciar também o início da floração, a qualidade dos

frutos e quantidade de metabólitos secundários acumulados pelas folhas, influenciando a interação das plantas utilizadas na revegetação com seus polinizadores, dispersores e herbívoros (Schoenhert et al., 2019). Esta influência da microbiota do solo na interação entre plantas-animais, no entanto, ainda não foi investigado em ambientes fluviais. A seleção de simbiontes microbianos que facilitem estas interações podem acelerar o processo de restauração ambiental em ambientes fluviais. Finalmente, inoculantes microbianos comerciais ou mesmo produzidos pela técnica *on farm* representam uma alternativa para serem utilizados na produção de mudas micorrizadas a serem utilizadas na revegetação de ambientes fluviais. O uso destes inoculantes garante um alto potencial de inóculo que resulta em elevada nodulação e micorrização, características desejadas na introdução destes simbiontes que facilitam o rápido estabelecimento da cobertura vegetal e a restauração de uma diversa comunidade vegetal (Neuenkamp et al., 2019).

Aplicação de inoculantes em áreas degradadas pela mineração de carvão e avaliação de atributos microbiológicos do solo

As atividades de lavra de carvão mineral a céu aberto no sul do Brasil, principalmente nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, nas décadas passadas, não foram desenvolvidas com um adequado planejamento e nem observaram os padrões de restauração necessários e indispensáveis para manter a qualidade do meio ambiente no entorno das áreas mineradas (Milioli, 2005; Koppe e Costa, 2008). Muitas áreas foram simplesmente abandonadas gerando diversos problemas, que incluíram, entre outros, geração de drenagem ácida de mina (DAM), impacto visual, erosão, liberação

de gases para a atmosfera e aumento nas concentrações de metais pesados no solo e na água (Figura 2A), cujos impactos ainda persistem na região de extração de carvão (Rocha-Nicoleite et al., 2013).

Dentre as atividades propostas para a restauração desses ambientes encontra-se a revegetação, mas devido ao estágio avançado de degradação, há sérios comprometimentos no suprimento de nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal. Desta forma, há a necessidade de adubações

frequentes para que o processo de revegetação seja satisfatório. Neste contexto, as simbioses radiculares representam importante ferramenta na revegetação destes locais, pois contribuem para o crescimento e estabelecimento das plantas, aumentam a eficiência no uso de água e nutrientes e podem facilitar o processo de sucessão vegetal, além de promover maior agregação do solo, contribuindo na redução dos processos erosivos.

Pesquisas recentes realizadas pelo Laboratório de Microrganis-



Figura 2. Degradação do solo em áreas de mineração de carvão e processo de revegetação. A) Área impactada pela deposição de rejeitos e estéreis da mineração; B) área em processo inicial de restauração (2 anos) com o emprego de mudas de espécies arbóreas, incluindo a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) inoculada com rizóbios e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) selecionados

mos e Processos Biotecnológicos do Solo da UFSC têm selecionado FMA e bactérias promotoras do crescimento vegetal autóctones de áreas de mineração de carvão eficientes para espécies arbóreas e herbáceas de interesse na revegetação (Stoffel et al., 2016; Moura et al., 2016; Hernández et al., 2017), sendo estes promissores na formulação de inoculantes para aplicação a campo. Dentre os microrganismos selecionados, destacam-se os isolados de rizóbios UFSC-M8 e UFSC A6-05 que aumentaram em 40 e 170% a produção de biomassa da parte aérea das leguminosas herbáceas ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e calopogônio (*Calopogonium mucronoides* Desv.), respectivamente, em relação às plantas não inoculadas (Hernández et al., 2017; González et al., 2019). Rizóbios autóctones também foram selecionados para leguminosas arbóreas como a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) e o maricá (*M. bimucronata* (de Candolle, O. Kuntze)), possibilitando incremento médio de 165 % no crescimento das mudas, com contribuição significativa no acúmulo de N nas plantas (Moura et al., 2016). Isolados de FMA autóctones das áreas de mineração também contribuíram para o crescimento de mudas de espécies arbóreas empregadas em programas de revegetação das áreas impactadas. Verificou-se que a inoculação de FMA selecionados favoreceu o crescimento e absorção de P pela bracatinga, maricá e angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan), principalmente pela inoculação dos FMA *Acaulospora colombiana*, *A. morrowiae* e *Rhizophagus irregularis* (Stoffel et al., 2016). A introdução de inoculantes a base de rizóbios e FMA selecionados possibilitou sobrevivência de 67 % das mudas de bracatinga em áreas de

mineração de carvão em recuperação, enquanto que aquelas não inoculadas a sobrevivência foi de apenas 38 % (dados não publicados – Figura 2B), demonstrando o papel das simbioses radiculares nos processos de restauração de ambientes impactados.

Uma vez que o processo de revegetação é implantado nas áreas degradadas, é necessário o monitoramento visando avaliar a eficiência do processo de restauração. Para tanto, indicadores são necessários, os quais permitem avaliar o nível de restabelecimento da resiliência dessas áreas, que é obtida pela interação entre todos os elementos físicos, químicos e biológicos do meio (Rodrigues e Leitão Filho, 2000). Os atributos microbiológicos do solo vêm sendo utilizados para avaliar a evolução do processo de restauração ambiental de áreas degradadas pela mineração de carvão no estado de Santa Catarina. Em trabalho desenvolvido por Silva et al. (2019), amostras de solo foram coletadas em áreas de APP com diferentes tempos de revegetação (2, 4, 6 e 12 anos), e em uma área controle (preservada) com ocorrência natural da bracatinga. Verificou-se que os atributos microbiológicos nitrogênio e carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico (qCO_2), responderam rapidamente ao tempo de revegetação das áreas, mostrando potencial de serem utilizados no monitoramento do processo de restauração. Adicionalmente, a estrutura da comunidade fúngica endofítica da bracatinga empregada na revegetação das áreas demonstrou relação direta com o tempo de implantação dos processos de revegetação, podendo também ser empregado como indicador da restauração das áreas impactadas (Silva et al., 2019).

Microrganismos na restauração ambiental de áreas impactadas pela mineração de ferro

A mineração de ferro modifica intensamente a paisagem local, devido a supressão da vegetação, remoção do *topsoil* e extração do minério em camadas profundas. Assim, é necessário mitigar os impactos, recompor as características edáficas e a integridade ecológica das áreas afetadas. Os microrganismos são bioindicadores sensíveis para avaliar a recuperação de áreas degradadas, devido às respostas rápidas, quando comparadas a indicadores físico-químicos do solo (Jordão, 2018; Cardoso, 2019). Portanto, são recomendados para avaliar o nível de distúrbio e monitorar a recuperação de áreas degradadas, a exemplo daquelas impactadas pelo desastre de Mariana.

A ruptura da barragem de Fundão da Samarco S.A., em Mariana-MG, no dia 5 de novembro de 2015, resultou no maior desastre ambiental da história do Brasil. Deste modo, surgiu um grande desafio de restauração ambiental decorrente da mineração de ferro, que foi somado ao histórico de degradação ao longo de mais de 300 anos na bacia do Rio Doce. O rejeito de ferro alterou atributos físicos, químicos e biológicos dos solos (Jordão, 2018; Prado et al., 2019) e comprometeu serviços ecossistêmicos. Nestas áreas houve a formação de tecnossolos, que em geral, apresentam contaminantes (p.ex. éter-amina), pH elevado (> 7,5) e camada compactada. As características destes tecnossolos dificulta o crescimento de muitas espécies florestais nativas e da microbiota do solo.

A revegetação emergencial destas áreas, com gramíneas e leguminosas, contribuiu para estabilizar o material particulado, evitando a

erosão e deposição de rejeitos na calha do rio. Isto resultou em maior disponibilidade de carbono orgânico, que beneficiou a microbiota e serviços ecossistêmicos associados. Por exemplo, a diversidade de fungos, densidade de esporos e riqueza de FMA aumentou nas áreas revegetadas (Prado et al., 2019). Além disso, incrementou a quantidade de glomalina (Jordão et al., 2018), glicoproteína produzida por FMA, que auxilia na agregação e no estoque de carbono orgânico do solo. Entretanto, estas áreas não estão restauradas e precisam de intervenções, sendo fundamental o enriquecimento com espécies florestais nativas, preferencialmente inoculadas com microrganismos benéficos do solo.

A inoculação com FMA acelera o crescimento de espécies florestais (Prates Júnior, 2018) e de gramíneas nativas em rejeitos de mineração de ferro (Cardoso, 2019). Os FMA são utilizados na reabilitação de áreas degradadas porque melhoram a agregação do solo (Kimura e Scotti, 2016) e a tolerância das plantas as condições de rejeito. Permitem, ainda, maior aproveitamento da adubação fosfatada (Prates Júnior, 2018), bem como diminui a mortalidade após o transplantio em campo, ao favorecer a aclimação das mudas.

Assim como os FMA, outros microrganismos apresentam capacidade de promover o crescimento e saúde de plantas, a exemplo de bactérias e fungos solubilizadores de fósforo, bactérias fixadoras de N, bactérias e fungos produtores de fitormônios e antagonistas de fitopatógenos (Figura 3A). O isolamento destes microrganismos possibilita a seleção de estirpes regionalmente adaptadas, mais tolerantes às condições de estresse. Além disso, a sobrevivência e crescimento de algumas espécies

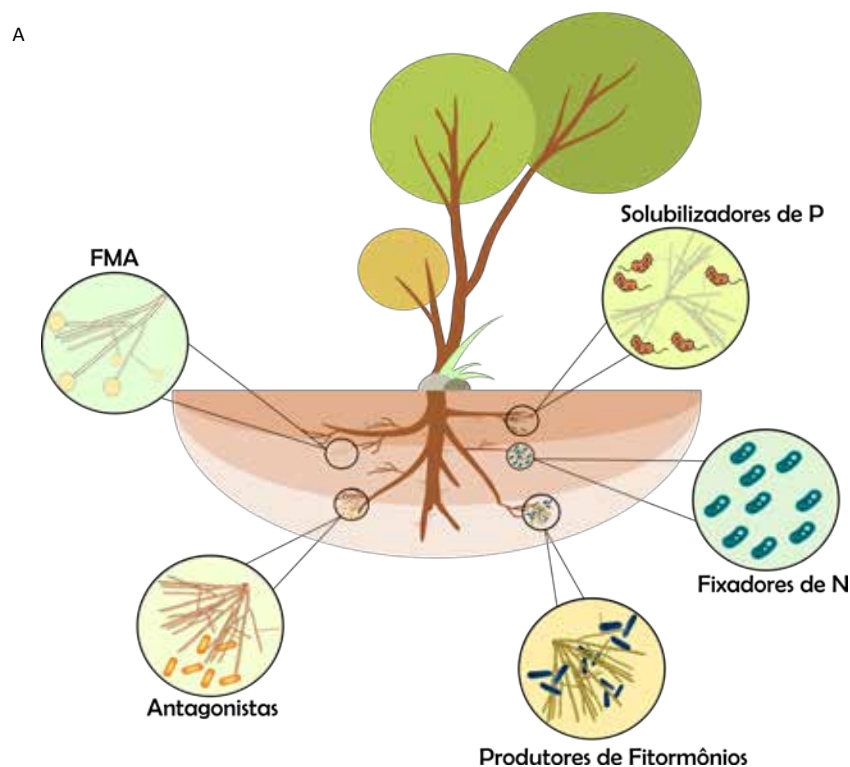


Figura 3. (A) Microrganismos benéficos do solo que auxiliam a restauração de áreas degradadas ao recompor serviços ecossistêmicos, aumentar a disponibilidade e absorção de nutrientes, favorecer a tolerância ao estresse biótico e abiótico. Arte: Everaldo da Silva Cruz. (B) mudas de *Senna macranthera* (Collad.) H.S. Irwin & Barneby), com e sem inoculação de FMA pela técnica *on farm*, obtido em fragmento florestal próximo a Paracatu de baixo, Mariana-MG. Foto: Betânia Guilhermina Pedrosa.

florestais nativas, em viveiro ou em campo, dependem da simbiose com microrganismos do solo, a exemplo de *Plathymentia reticulata* Benth. (vinhático) e *Melanoxylon brauna* Schot. (braúna), que apresentam *plant soil feedback* positivo (Prates Júnior, 2018).

Diante da importância de microrganismos na produção de mudas de espécies florestais nativas e na restauração ambiental, é fundamental a multiplicação massal de microrganismos autóctones benéficos, de modo a viabilizar a produção de mudas em viveiro

(Figura 3B), seguido por crescimento adequado de plantas em áreas impactadas pela mineração de ferro.

O uso da microbiota do solo associada com espécies vegetais é uma estratégia importante em processos de restauração de ambientes fluviais e áreas afetadas pela mineração de carvão e de ferro. A introdução de microsimbiontes benéficos para as plantas aumenta a sobrevivência das mesmas a campo, acelera a cobertura vegetal e a formação de uma comunidade diversa de plantas além de promover as interações planta-animais. A introdução de bactérias e fungos simbiotes também influencia indicadores de qualidade do solo, processos físicos e químicos no solo, bem como mecanismos de *feedback* planta-microrganismos do solo que são essenciais na restauração ambiental.

Referências

- Cardoso EB. *Diversidade da microbiota e aplicação de fungos micorrízicos arbusculares para a revegetação em sítio de pós-mineração de ferro* [Tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2019.
- González AH, Londono DM, Silva EP, Nascimento FXI, Souza LF, Silva BG, Canei AD, Armas RD, Giachini AJ, Soares CRFS. *Bradyrhizobium* and *Pseudomonas* strains obtained from coal-mining areas nodulate and promote the growth of *Calopogonium muconoides* plants used in the reclamation of degraded areas. *Journal of Applied Microbiology*. 2019; 126: 523-533.
- Hernández AG, Moura GD, Binaati RL, Nascimento FXI, Londono DM, Mamede ACP, Silva EP, Armas RD, Giachini AJ, Rossi MJ, Soares CRFS. Selection and characterization of coal mine autochthonous rhizobia for the inoculation of herbaceous legumes. *Arch. Microbiol.* 2017; 199:1-11. doi: 10.1007/s00203-017-1373-2.
- Jordão, T. C. *Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares e qualidade do solo em áreas atingidas pelos rejeitos da barragem de Fundão – Mariana, MG* [Dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2018.
- Kimura AC, Scotti MR. Soil aggregation and arbuscular mycorrhizal fungi as indicators of slope rehabilitation in the São Francisco River Basin (Brazil). *Soil & Water Res.* 2016; 2:114-123.
- Koppe JC, Costa JFCL. A lavra de carvão e o meio ambiente em Santa Catarina. In: SOARES, P. S. M.; Santos, M. D. C.; Possa, M. V. (Ed.). *Carvão Brasileiro: tecnologia e meio ambiente*. CETEM: Rio de Janeiro, 2008.
- Milioli G. Mining, environment, and development in Southern SantaCatarina, Brazil: non-governmental organization, Terra Verde and its ideas for sustainability. *J. Environ. Sci.* 2005; 33:23-38.
- Moura GD, Armas RD, Meyer E, Giachini AJ, Rossi MJ, Soares CRFS. Rhizobia isolated from coal mining areas in the nodulation and growth of leguminous trees. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2016; 40: 1-10. <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcs20150091>.
- Prado IGO, da Silva MCS, Prado DGO, Kemmelmeier K, Pedrosa BG, Silva C C, Kasuya MCM. Revegetation process increases the diversity of total and arbuscular mycorrhizal fungi in areas affected by the Fundão dam failure in Mariana, Brazil. *Applied Soil Ecology*. 2019. 141:84-95. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.05.008>.
- Prates Junior P. *Plant soil feedback e inoculação de fungos micorrízicos em mudas de vinhático e braúna* [Tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2018.
- Rocha-Nicoleite E, Campos ML, Citadini-Zanette V, Santos R, Martins R, Soares CRFS. *Mata Ciliar: implicações técnicas sobre a restauração após mineração de carvão*. Criciúma: SATC, 2013.
- Rodrigues RR, Leitão-Filho HF. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Edusp/FAPESP. 2000.
- Silva EP, Armas RD, Ferreira PAA, Dantas MKL, Giachini AJ, Rocha-Nicoleite E, González AH, Soares CRFS. Soil attributes in coal mining areas under recovery with bracing (*Mimosa scabrella*). *Letters in Applied Microbiology* 2019; 68: 497-504. <https://doi.org/10.1111/lam.13153>.
- Stoffel SCG, Armas RD, Giachini AJ, Rossi MJ, Gonzalez D, Meyer E, Nicoleite CH, Rocha-Nicoleite E, Soares CRFS. Micorrizas arbusculares no crescimento de leguminosas arbóreas em substrato contendo rejeito de mineração de carvão. *Revista Cerne*. 2016; 22: 181-188. <http://www.scielo.br/pdf/cerne/v22n2/2317-6342-cerne-22-02-00181.pdf>.

Paulo Prates Júnior é biólogo e pós-doutorando em Microbiologia Agrícola no Laboratório de Associações Micorrízicas/BIOAGRO - Universidade Federal de Viçosa. E-mail: paulo.prates@ufv.br

Sidney Luiz Stürmer é titular no Departamento de Ciências Naturais da Universidade Regional de Blumenau. E-mail: sturmer@furb.br

Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares é professor na Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: claudio.soares@ufsc.br



Bigstock

O PAPEL DOS MICRORGANISMOS NO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

Teotonio Soares de Carvalho e Fatima Maria de Souza Moreira

Os serviços ecossistêmicos (decomposição da matéria orgânica, regulação climática, produção de alimentos, etc.), dos quais depende a sobrevivência humana, são mediados por incansáveis e discretos operários escondidos sob os nossos pés: os microrganismos do solo. Através de seu metabolismo, esses organismos controlam a dinâmica dos elementos químicos no solo, incluindo nutrientes e elementos tóxicos para as plantas, controlando, dessa forma, sua bio-disponibilidade bem como as taxas de entrada e saída desses elementos nos ecossistemas. Esses microrganismos têm papel fundamental na própria formação do solo e no condicionamento de sua estrutura, além de interagirem fortemente

com plantas e outros organismos, conforme será discutido adiante.

As práticas agrícolas mais primitivas, ainda preservadas em algumas culturas, frequentemente adotavam estratégias que empiricamente otimizavam o papel desses organismos na produção vegetal, incluindo a diversificação das culturas agrícolas, manutenção da cobertura vegetal sobre o solo, uso de leguminosas como adubos verdes (hoje sabemos que são ricas em N devido à simbiose com bactérias que fixam nitrogênio atmosférico - Figura 1), entre outras. Entretanto, a chamada "Revolução Verde" (série de iniciativas tecnológicas que transformaram as práticas agrícolas a partir do fi-

nal da década de 1960 no Brasil e no mundo), apesar de suas inegáveis contribuições para o desenvolvimento da agricultura, trouxe consigo um modelo de produção que praticamente desconsiderava a vida no solo, com forte ênfase na utilização de insumos agrícolas (fertilizantes sintéticos, pesticidas, corretivos, etc.), que podem limitar o papel dos microrganismos na produção vegetal, a depender de como são utilizados. Esse modelo, entretanto, apresenta um custo ambiental e econômico muito alto. Por exemplo, a redução da diversidade vegetal e o uso indiscriminado de defensivos agrícolas nesses sistemas pode resultar no rompimento do equilíbrio ecológico, favorecendo a explosão populacional

de espécies que se tornam pragas e fitopatógenos, e assim demandando aplicações crescentes de defensivos agrícolas. Além disso, o desequilíbrio entre aporte e decomposição de resíduos orgânicos no solo, resultante por exemplo do revolvimento excessivo e/ou baixa cobertura vegetal, provoca a diminuição dos teores de matéria orgânica do solo, o que especialmente nos solos tropicais, reduz consideravelmente a qualidade do solo, aumentando as doses de fertilizantes necessárias para manter a produtividade vegetal. Isso leva ao aumento dos potenciais impactos ambientais desses fertilizantes, como a liberação de CO_2 pela queima de combustíveis fósseis na sua produção, liberação de N_2O na atmosfera, lixiviação e contaminação de lençóis freáticos, eutrofização de cursos hídricos, entre outros.

O solo, todavia, está longe de ser apenas um substrato inerte sobre o qual simplesmente aplicamos insumos para atender às demandas das plantas. Pelo contrário, os organismos presentes no solo são essenciais para a sustentabilidade da produção agrícola. De fato, importantes avanços no conhecimento empírico e científico a respeito da biota do solo têm despertado a consciência de que é impossível desenhar estratégias sustentáveis de manejo agrícola sem considerar seus impactos sobre a vida no solo e sobre os processos bioquímicos e biofísicos que realizam. Essa consciência pode ser exemplificada no recente conceito de “intensificação ecológica da agricultura”, que se baseia no aumento da contribuição de processos biológicos para sustentar a produtividade agrícola, reduzindo a necessidade de insumos agrícolas industriais. Essa estratégia é uma promissora solução



Figura 1. Representação de uma bactéria fixadora de N_2 atmosférico rompendo a tripla ligação da molécula de N_2 por meio de sua enzima (nitrogenase). Este processo biológico utiliza a energia do ATP (oriunda da fotossíntese) grátis e “limpa”. Para essa ligação ser rompida no processo de produção dos fertilizantes nitrogenados são necessárias pressões e temperaturas elevadíssimas obtidas às custas de derivados de petróleo

para um dos mais importantes dilemas atualmente enfrentados pela humanidade, a necessidade de aumentar a produção agrícola para atender uma população humana crescente e, ao mesmo tempo, a necessidade urgente de reduzir a pressão ambiental dessa população. Assim, para melhor manejar o solo, é imprescindível entendê-lo como um ecossistema, formado pela interposição de múltiplos micro-habitats extremamente diversos e dinâmicos.

A densidade, a diversidade e a atividade microbiana no solo é fortemente afetada pela oferta de compostos orgânicos, uma vez que a

maior parte dos microrganismos do solo são heterotróficos (incapazes de utilizar o CO_2 como fonte de carbono). Ao se alimentarem dos compostos orgânicos no solo, esses microrganismos liberam os nutrientes retidos na matéria orgânica, em um processo chamado de mineralização, tornando-os disponíveis para serem reabsorvidos pelas plantas. Parte desses nutrientes mineralizados pode ser retida temporariamente na biomassa microbiana (processo chamado de imobilização), sendo gradualmente liberada novamente à medida que as células microbianas morrem ou são predadas por outros organismos (nematóides, protistas, entre outros). Além disso, a decomposição parcial da matéria orgânica libera no solo compostos húmicos que, juntamente com outros compostos microbianos como glomalina e exopolissacarídeos, unem as partículas individuais do solo, dando origem aos microagregados do solo. Estes microagregados, por sua vez, podem ser enovelados por hifas fúngicas e/ou raízes finas para formação de macroagregados. Esse processo, chamado de agregação, aumenta a resistência do solo à erosão e facilita a infiltração de água e a aeração do solo, criando condições favoráveis para o crescimento das plantas e outros organismos. Além disso, a formação de túneis e galerias por minhocas, formigas, cupins e outros organismos chamados de “engenheiros do ecossistema”, através de um processo chamado de bioturbação, contribui consideravelmente para uma melhor estrutura do solo.

As plantas recrutam microrganismos específicos do solo para compor a sua própria microbiota, também chamada de microbioma vegetal (termo relativo ao conjunto de genes/genomas desses micror-

ganismos). Por exemplo, em uma região situada até 2 mm da superfície da raiz, chamada rizosfera, as plantas liberam uma grande quantidade de compostos orgânicos lábeis (de fácil utilização) resultantes da fotossíntese, altamente atrativos para os microrganismos. Como consequência, a densidade e atividade microbiana nesse ambiente rizosférico é muitas vezes superior ao restante do solo. A diversidade desses compostos é fantástica e varia entre as espécies vegetais. Assim, quanto maior for a diversidade de espécies vegetais no ecossistema, maior será a diversidade de compostos orgânicos, proporcionando maior diversidade microbiana e maior equilíbrio ecológico. Além disso, os restos culturais de cada planta apresentam uma composição química distinta para cada espécie, o que também pode levar à seleção da comunidade microbiana. Desse modo, a diversificação das espécies de plantas cultivadas em um solo é uma importante estratégia para promover a diversidade da comunidade microbiana.

Os microrganismos colonizam não apenas a rizosfera, mas também a superfície das plantas, incluindo as raízes (rizoplane) e as folhas (filoplane), além dos tecidos internos da raiz e parte aérea. Assim como nas recentes descobertas sobre a importância do microbioma humano na medicina, a importância do microbioma das plantas para a saúde vegetal tem recebido bastante atenção da comunidade científica. Diversos benefícios desse microbioma tem sido relatados como: modulação da fisiologia da planta através da produção de fitormônios e outros compostos; supressão de doenças, seja pelo antagonismo direto contra patógenos, ou pela ativação das defesas das plantas; alívio de estresses hídricos; solubilização de nutrientes como P e micronutrientes pela produção

de sideróforos, ácidos orgânicos e outros mecanismos; conversão de nitrogênio atmosférico (não assimilável pelas plantas) em formas amoniacais (assimiláveis pelas plantas), no processo chamado de fixação biológica de nitrogênio; proteção contra insetos herbívoros; entre outros.

Um grupo proeminente do microbioma vegetal são os fungos micorrízicos. Eles formam uma simbiose com plantas, chamada de micorrizas, na qual esses fungos colonizam o interior das raízes da maioria das plantas, das quais recebem fotoassimilados (produtos da fotossíntese), enquanto parte de suas hifas (conjunto de células fúngicas em forma de filamentos) crescem em direção ao solo, atuando como "raízes terceirizadas" pela planta, absorvendo água e nutrientes do solo e transportando-os para a planta hospedeira. Esses fungos podem ainda beneficiar a planta por diversos outros mecanismos, como a proteção contra fitopatógenos do solo, agregação do solo, proteção contra elementos-traço contaminantes, entre outros.

Apesar da reconhecida importância do microbioma das plantas para a produção vegetal, estratégias para manipular esse microbioma na agricultura ainda permanecem um desafio considerável. Entretanto, para organismos cultiváveis em laboratório, uma abordagem bem-sucedida consiste no isolamento e seleção de organismos benéficos para a planta, os quais podem ser utilizados como inoculantes para as culturas. O exemplo mais bem-sucedido dessa abordagem é a inoculação da soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Essas bactérias, pertencentes a um grupo genericamente chamado de rizóbios, são capazes de induzir a formação de um órgão radicular em leguminosas, chamado nódulo, es-

pecificamente destinado a abrigar essas bactérias e condicionar um ambiente adequado para a fixação biológica de nitrogênio no interior da planta. Em condições de campo, sem inoculação, a eficiência dessa simbiose pode ser limitada pela disponibilidade de bactérias eficientes no solo. Assim, a inoculação dessas leguminosas com bactérias eficientes, previamente isoladas e selecionadas em ensaios de laboratório e de campo, é uma estratégia para aumentar a chance de que os nódulos radiculares abriguem bactérias eficientes, em detrimento a outras bactérias potencialmente presentes no solo com eficiência desconhecida. Na soja, essa tecnologia elimina completamente a necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados, o que representa uma economia da ordem de R\$ 30 bilhões por ano no Brasil, além de reduzir os impactos ambientais da fertilização nitrogenada. A inoculação está se tornando uma prática mais difundida em outras espécies como o feijão comum e o feijão caupi. Mas tem potencial para uso em outras espécies de leguminosas de adubos verdes, forrageira e florestais pois a pesquisa brasileira tem estirpes de rizóbios eficientes para pelo menos 100 espécies de leguminosas. Além disso, rizóbios e outras espécies que não formam simbioses podem ser capazes de realizar outros processos que promovem direta ou indiretamente o crescimento vegetal, como solubilização de fosfatos, produção de hormônios de crescimento e sideróforos. A multifuncionalidade, ou seja, a capacidade de realizar vários processos é uma característica de várias espécies da micro, meso e macrobiota. Assim como diferentes espécies também podem ter efeitos sinérgicos na promoção de crescimento vegetal.

Outro exemplo importante de manipulação direta da microbio-

ta das plantas pela inoculação de microrganismos é a utilização dos chamados bio defensivos agrícolas, destinados ao controle biológico de pragas e fitopatógenos, a exemplo da bactéria *Bacillus thuringiensis*, usada no controle de insetos, e do fungo *Trichoderma*, usado no controle de fitopatógenos. Esse é um mercado em forte ascensão no Brasil, movimentando cerca de R\$ 262,5 milhões em 2017 e R\$ 464,5 milhões em 2018, um crescimento de 77 % em apenas um ano. Além da produção comercial desses bio defensivos, também tem crescido no Brasil a multiplicação de inoculantes nas próprias fazendas (técnica chamada de "multiplicação on farm") em caixas d'água ou fermentadores, cuja qualidade e segurança pode variar drasticamente a depender das condições/infraestrutura disponíveis. A utilização desses bio defensivos é uma boa alternativa para redução dos impactos ambientais causados pela utilização de defensivos químicos, que podem contaminar o meio ambiente e prejudicar organismos de níveis tróficos superiores (predadores, parasitas e parasitóides) responsáveis pela manutenção do equilíbrio populacional de espécies que podem se tornar pragas e fitopatógenos.

A inoculação de microrganismos exógenos (obtidos de outro local), mesmo daqueles com eficiência previamente verificada sob determinadas condições edafoclimáticas, nem sempre produz resultados satisfatórios, uma vez que os organismos inoculados precisam estar adaptados ao ambiente em que são introduzidos, além de precisarem competir eficientemente com a vasta população de microrganismos nativos do solo. Além disso, a maior parte (>90 %) dos microrganismos do solo não são atualmente cultiváveis, o que limita a produção de inoculantes a partir desses organismos. Nesse sentido, o manejo da biota nativa do solo constitui uma ferramenta imprescindível para aumentar a contribuição dos processos biológicos na agricultura. De fato, o estabelecimento de condições favoráveis para a biota do solo é uma importante razão do grande sucesso de sistemas de manejo conservativos como o plantio direto, integração lavoura-pecuária, integração lavoura-pecuária-floresta e os sistemas agroflorestais. Esses sistemas possuem em comum a manutenção da cobertura vegetal no solo, que protege o solo da insolação direta, aumenta a deposição de carbono orgânico, mantém a umidade, entre vários outros benefícios. Além

disso, a diversificação das espécies vegetais nesses sistemas, associada à manutenção de raízes vivas (e consequentemente rizosferas) no solo pela maior parte do ano, contribuem substancialmente para o aumento na densidade e diversidade dos microrganismos do solo. Esses sistemas constituem um importante avanço em relação ao sistema de plantio convencional. Ressalta-se ainda que o aumento do estoque de carbono na forma de matéria orgânica do solo contribui não só para sua qualidade, mas também para diminuir as concentrações do CO₂ na atmosfera e os impactos no efeito estufa.

Finalmente, a sustentabilidade dos ecossistemas naturais baseia-se em quatro pilares: os componentes químicos, físicos e biológicos e as comunidades vegetais (Figura 2), que interagem de maneira dinâmica e em equilíbrio, permitindo a existência de uma ampla biodiversidade sem a ocorrência descontrolada de doenças e pragas, e protegendo o solo da erosão. O manejo dos agrossistemas deve considerar cada vez mais a diversificação de espécies vegetais e a conservação do solo. Desde os anos 1980, métodos têm sido desenvolvidos para avaliar a qualidade biológica do solo, a exemplo do que é amplamente utilizado na avaliação da qualidade física e química. Os resultados obtidos com esses métodos têm mostrado o benefício dessas práticas em prol de uma agricultura não só produtiva, mas com segurança alimentar e qualidade ambiental.

Teotonio Soares de Carvalho e Fatima Maria de Souza Moreira são professores do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. E-mails: teotonio.carvalho@ufla.br; fmoreira@ufla.br

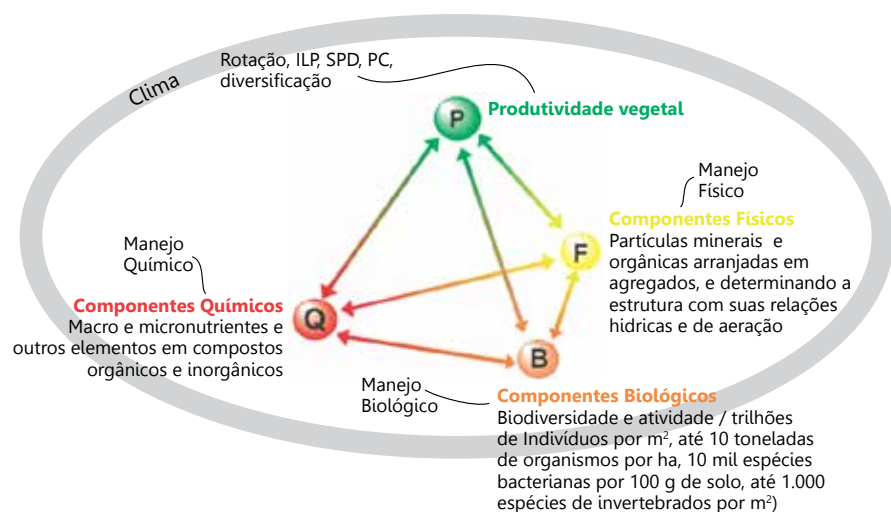


Figura 2. Visão holística das relações entre os componentes do ecossistema solo: complexo, dinâmico e heterogêneo

Microrganismos: AJUDA INVISÍVEL NA MELHORIA DA QUALIDADE DOS ALIMENTOS

Thais Lopes Leal Cambraia
Thalita Suelen Avelar Monteiro
Leonardus Vergütz

Designed by Freepik

Agricultura moderna está em constante desenvolvimento para atender a demanda crescente por alimentos. O grande desafio é produzir alimento suficiente e com qualidade para alimentar 9,5 bilhões de pessoas que habitarão o planeta até 2050 (Nações Unidas, 2017).

Atualmente, uma grande parcela da população mundial não tem acesso a alimentos em quantidade suficiente para o atendimento de suas funções vitais básicas. Outro problema sério é que a dieta de boa parte da população é pouco diversa e composta por alimentos pobres em nutrientes, mesmo nas camadas sociais mais favorecidas, que têm, muitas vezes, hábitos de consumo

de alimentos pouco saudáveis, ricos em gorduras e carboidratos e pobres em vitaminas e minerais. Por isso, atualmente, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), 2 bilhões de pessoas não têm em sua dieta os nutrientes necessários para a manutenção de um ser humano saudável. Elas sofrem do que hoje é conhecido como fome oculta. Esse problema de saúde pública acomete pessoas de diferentes classes sociais em todo o planeta, mas afeta especialmente as camadas mais pobres da população.

Uma opção para melhorar a qualidade dos alimentos consumidos é sua fortificação (adição de nutrientes aos alimentos). Um exemplo clássico de fortificação no Brasil é

a adição de lodo ao sal de cozinha, para prevenir doenças relacionadas à carência desse nutriente na dieta, como o bócio. A adição de lodo ao sal comestível é obrigatória no Brasil desde 1974 (lei federal Nº 6.150). Outros exemplos de alimentos fortificados pela indústria e que já estão em nosso consumo diário são as farinhas enriquecidas com Fe, Zn e ácido fólico, iogurtes com Ca e achocolatados e bolachas com minerais e vitaminas.

Nem toda a população tem acesso a alimentos fortificados, com exceção daqueles alimentos básicos, como o sal de cozinha no Brasil, do exemplo anterior. Uma maneira de dar acesso a alimentos mais saudáveis, notadamente para as parcelas

mais pobres, é enriquece-los diretamente no campo. Este processo em que diferentes culturas são enriquecidas com nutrientes de importância para a saúde humana é chamado de *biofortificação*.

Assim como os alimentos fortificados, os alimentos biofortificados também são uma realidade, a exemplo da mandioca rica em betacaroteno, Fe e Zn, desenvolvida pela EMBRAPA. Outro exemplo, é a adição de nutrientes importantes para a saúde humana nos fertilizantes utilizados para a produção de alimentos. Na Finlândia, onde a concentração de Se no solo é considerada baixa, a adição desse elemento aos adubos aplicados nas culturas é obrigatória desde 1980. Isso levou à melhoria da qualidade nutricional dos alimentos e, consequentemente, dos níveis de Se na dieta da população daquele país, bem como à redução de doenças relacionadas à deficiência desse mineral. Quando o melhoramento genético é utilizado para melhorar a composição dos alimentos, esse processo de biofortificação é denominado de *biofortificação genética* e quando práticas agronômicas são modificadas para que seja realizada a biofortificação esse processo é denominado *biofortificação agrônômica* (ex.: adição de Zn, Fe e Se aos fertilizantes).

Os microrganismos cumprem diversas funções importantes no desenvolvimento das plantas. Sabe-se também, há bastante tempo, que eles podem alterar significativamente a composição dos vegetais. Apesar disso, a biofortificação mediada por microrganismos tem ganhado espaço somente nos últimos anos. Assim, a *biofortificação microbiológica* tem se mostrado promissora em potencializar as técnicas de biofortificação genética e agrônômica (Rana et al., 2015; Schiavon e Pilon-smits, 2017).

Esta biofortificação microbiológica conta com uma legião de trabalhadores invisíveis no solo e nas plantas (endofíticos), também conhecidos como microrganismos promotores de crescimento vegetal, tais como algas, bactérias e fungos que podem atuar isoladamente ou em associações em alguns processos já conhecidos, como por exemplo:

- Solubilização e/ou mineralização de nutrientes não trocáveis/não lábeis (aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas);
- Fixação de N_2 atmosférico (fornecimento de N para as plantas, com consequências, entre outros aspectos, para o aumento do teor de proteínas nos alimentos);
- Retirada de metais pesados e outros compostos tóxicos do solo (reduz a possibilidade de intoxicações associadas à dieta, bem como melhora a absorção de nutrientes pelas plantas que pode ser prejudicada pela presença de elementos tóxicos);
- Aumento do volume de solo explorado pelas raízes de plantas por meio da produção de hormônios de crescimento vegetal e/ou associações micorrízicas.

A ação dos microrganismos pode, portanto, promover o crescimento das plantas e aumentar sua produtividade, além de aumentar a concentração de nutrientes em grãos amplamente consumidos.

O trigo é a cultura pioneira nos estudos de biofortificação agrônômica e microbiológica no mundo. Os resultados até então obtidos são animadores e indicam ser possível aumentar a qualidade nutricional do cereal mais consumido por humanos em todo mundo. Já existem, por exemplo, trabalhos

que associam a aplicação de bactérias do gênero *Pseudomonas* ou *Bacillus* com o aumento da concentração de Zn em grãos de trigo (Rehman et al., 2018; Moreno-Lora et al., 2019).

A aplicação de microrganismos em conjunto pode melhorar o desenvolvimento das plantas quando comparada à sua aplicação isolada. Exemplo disso são os resultados bem sucedidos com a aplicação de misturas de alga e bactérias (*Anabaena oscillarioides*, *Brevundimonas diminuta* e *Ochrobactrum anthropi*), em comparação à adição desses organismos separadamente, com aumento das concentrações de Fe, Zn, Cu e Mn nos grãos de arroz (Rana et al., 2015).

O milho é o terceiro cereal mais consumido no mundo, depois do trigo e arroz, e outro grão amplamente estudado para biofortificação agrônômica. No entanto, a cultura apresenta baixo potencial de biofortificação apresentando baixas ou nulas respostas a adubação, tanto no solo quanto nas folhas (Seregin et al., 2011; Cakmak e Kutman, 2018a). Nesta cultura, o uso de microrganismos se mostrou eficiente para a biofortificação. A adição de Se ao solo, juntamente com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus mosseae*, apesar de não influenciar na produtividade do milho, aumentou a concentração de Se e Zn nos grãos das plantas em mais de 50 % (Yu et al., 2011).

Há grande diversidade de microrganismos que têm potencial para uso em programas de biofortificação e que ainda não são estudados para essa finalidade. Como exemplo, pode-se citar o fungo *Pochonia chlamydosporia*, utilizado atualmente para proteção de plantas. Esse fungo coloniza o sistema radicular, age como endofítico e produz um importante

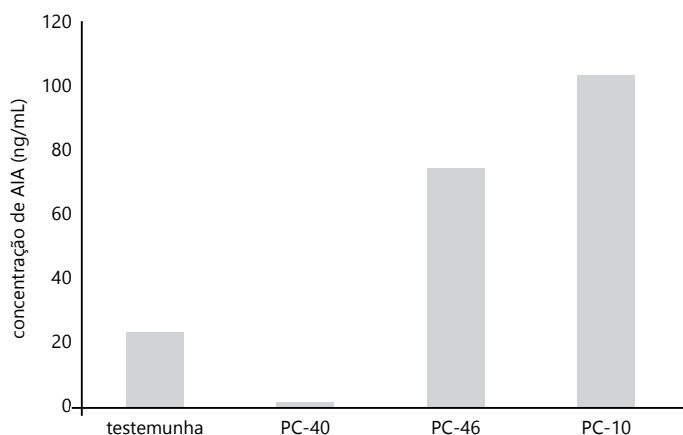


Figura 1. Produção de auxina (AIA) por isolados do fungo *Pochonia chlamydosporia*. O tratamento testemunha não contém nenhum isolado fúngico, apenas meio de cultivo. Os isolados (PC-40, PC-46 e PC-10) foram cultivados por 20 dias em meio de cultivo Batata-Dextrose suplementado com L-triptofano. Fonte: Gouveia, 2018

hormônio vegetal, o AIA (Figura 1) (Gouveia, 2018; Monteiro et al., 2018). Além de ser promotor de crescimento vegetal (Figura 2), esse fungo favorece a absorção de nutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas e para a saúde humana, tais como Zn e Fe (Monteiro, 2017). No entanto, este organismo ainda não foi estudado

em trabalhos de biofortificação e ainda não há conhecimento sobre o efeito de sua utilização na composição de grãos e outras partes de plantas utilizadas para alimentação humana. Também não há informação sobre as consequências de sua utilização sobre a biodisponibilidade para humanos dos nutrientes absorvidos pelas plantas.

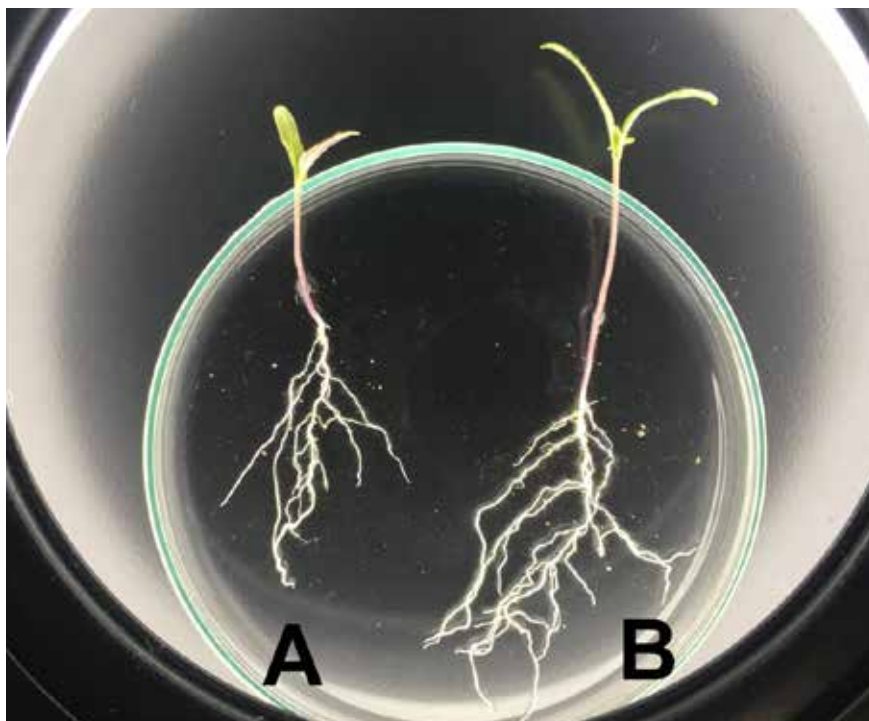


Figura 2. Plântulas de tomate inoculadas ou não com o fungo *Pochonia chlamydosporia*. A: testemunha na ausência do fungo. B: aumento da superfície radicular de tomate após 15 dias da aplicação do fungo no solo. Fonte: Arquivo pessoal Thalita Monteiro

A biofortificação mediada por microrganismos é uma técnica recente, mas as pesquisas encontram-se em amplo e contínuo desenvolvimento. Há pouca informação sobre esse assunto sobre culturas importantes para a base alimentar da maior parte da população, como batata, feijão e mandioca.

Muitas questões ainda precisam ser respondidas para que a biofortificação mediada por microrganismos possa ser integrada a outras estratégias de manejo agrícola. Contudo, essa técnica merece a atenção de pesquisadores de diferentes áreas e que têm como propósito auxiliar na solução dos graves problemas de saúde pública do mundo, entre os quais a fome e a fome oculta.

Referências bibliográficas

- Gouveia AS. *Análise de extratos fúngicos relacionados ao controle biológico de fitonematoides e a promoção de crescimento vegetal*. 2018. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.
- Cakmak I, Kutman UB. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *European Journal of Soil Science*. 2018; 69:172–180.
- Gouveia ADS, Monteiro TSA, Valadares SV, Sufiate BL, de Freitas LG, Ramos HJDO, de Queiroz JH. Understanding How *Pochonia chlamydosporia* Increases Phosphorus Availability. *Geomicrobiology Journal*. 2019; 1-5.
- Monteiro TSA. *Ação combinada de Pochonia chlamydosporia e outros microrganismos no controle do nematoide de galhas e no desenvolvimento vegetal*. 2017. Universidade Federal de Viçosa.
- Monteiro TSA, Valadares SV, De Mello INK, Moreira BC, Kasuya MCM, Araújo JV, Freitas LG. (2018). Nematophagous fungi increasing phosphorus uptake and promoting plant growth. *Biological control*. 2018; 123: 71-75.

Moreno-lora A, Recena R, Delgado A. *Bacillus subtilis* QST713 and cellulose amendment enhance phosphorus uptake while improving zinc biofortification in wheat. *Applied Soil Ecology*. Elsevier. 2019;1–9.

Ova EA, Kutman UB, Ozturk L, Cakmak I. 2015. High phosphorus supply reduced zinc concentration of wheat in native soil but not in autoclaved soil or nutrient solution. *Plant Soil*. 2015: 393, 147–162.

Rana A, Kabi SR, Verma S, Adak A, Pal M, Singh Y. Prospecting plant growth promoting bacteria and cyanobacteria as options for enrichment of macro- and micro-nutrients in grains in rice - wheat cropping sequence. *Cogent Food & Agriculture*. 2015; 8:1-16.

Rehman A, Farooq M, Naveed M, Nawaz A, Shahzad B. Seed priming of Zn with endophytic bacteria improves the productivity and grain biofortification of bread wheat. *European Journal*

of Agronomy. Elsevier; 2018; 94:98–107.

Schiavon M, Pilon-smits EAH. *Selenium Biofortification and Phytoremediation Phytotechnologies: A Review*. 2017;

Seregin IV, Kozhevnikova AD, Gracheva VV, Bystrova EI, Ivanov VB. *Tissue Zinc Distribution in Maize Seedling Roots and Its Action on Growth*. 2011;58:109–117.

Shekari F, Javanmard A, Abbasi A. Zinc Biofortification, Preference or Essential ? 2015;320–327.

Yu Y, Luo L, Yang K, Zhang S. Pedobiologia - International Journal of Soil Biology Influence of mycorrhizal inoculation on the accumulation and speciation of selenium in maize growing in selenite and selenate spiked soils. *Pedobiologia - International Journal of Soil Biology*. Elsevier GmbH.; 2011;54:267–272.



Thais Lopes Leal Cambraia é pesquisadora colaboradora do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: thaislopesleal6@gmail.com

Thalita Suelen Avelar Monteiro é pesquisadora colaboradora do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: thalita.s.a.monteiro@gmail.com

Leonardus Vergütz é professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: leonardus.vergutz@ufv.br

LANÇAMENTO
Livro-texto

MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

Ildegardis Bertol, Isabella Clerici De Maria e Luciano da Silva Souza
(editores)

156
autores
42
capítulos
1368
páginas




O ENTENDIMENTO ATUAL DA INTERAÇÃO ENTRE PLANTAS E MICRO-ORGANISMOS E A NECESSIDADE DE TRADUZIR CONHECIMENTO EM AÇÃO

Acacio Aparecido Navarrete
Lucas William Mendes
Elisângela de Souza Loureiro
Siu Mui Tsai

Acredita-se que uma sociedade global altamente interconectada tem potencial para inovar-se mais rapidamente, especialmente nessa era moderna de grandes conquistas tecnológicas. Cientistas do mundo todo têm buscado aproveitar esse potencial para explorar novos caminhos, direcionando as pesquisas e utilizando modelos matemáticos complexos. Com esses recursos cada vez mais acessíveis, a comunidade científica pode finalmente se reorganizar de maneira rápida para se concentrar em soluções globais baseadas em sustentabilidade, desenvolvendo uma nova estratégia para criar e traduzir rapidamente o conhecimento em ação.

Necessitamos de ações urgentes, pois dados recentes do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mu-

danças Climáticas) demonstram que o funcionamento contínuo do sistema terrestre, que tem assegurado o bem-estar do homem nos últimos séculos, está em risco pela crescente pressão antrópica e pelo aquecimento global, cada vez mais presente em nosso meio. Com isso, poderemos enfrentar ameaças à disponibilidade de água potável, de alimentos, da biodiversidade e de outros recursos críticos. Essas ameaças correm o risco de intensificar as crises econômicas, ecológicas e sociais, criando o risco potencial para emergências humanitárias em escala global. No recente relatório do IPCC, publicado em 8 de agosto de 2019, os cientistas anunciaram que a Terra, em sua fina camada, já está sob crescente pressão humana e que a mudança climática está aumentando essa pressão. Ao mesmo

tempo, a contenção do aumento da temperatura do planeta a dois graus Celsius conforme meta estabelecida pelo Acordo de Paris, em 2015, pode ser alcançada apenas reduzindo as emissões de gases causadores de efeito estufa em todos os setores, incluindo o solo e a produção agrícola. Essa advertência do IPCC sobre o desequilíbrio entre o aumento da população e a demanda por alimentos mostra a urgência de buscar novas alternativas ao invés da necessidade de desmatamento para sustentar a produção agrícola e a segurança alimentar, pois ocasiona altos riscos de degradação do solo.

Essa pressão tem sido um crescente desafio para a comunidade científica, pela intensificação na busca de alternativas para um melhor

uso, manejo e conservação dos recursos naturais, ao propor estratégias como o manejo sustentável dos sistemas agrícolas intensivos em regiões tropicais, detentoras de elevada biodiversidade. A reposição dos nutrientes exportados pelas culturas é normalmente resolvida com adição de insumos de fertilizantes químicos e orgânicos, em proporções que podem variar com a fertilidade natural do solo e a natureza e volume das culturas. Assim, problemas como erosão, lixiviação e compactação só podem ser resolvidos com a adoção de práticas de conservação utilizadas por agricultores que se adaptam em função da topografia da terra, precipitação, tipo de cultura ou cobertura vegetal, sistema de uso da terra e de diferentes tecnologias, devendo esse conhecimento ser repassado mais rapidamente ao produtor rural. Outras estratégias que utilizam a biotecnologia e a bioinformática podem servir para resgate e introgressão de genes, assistindo de maneira mais eficiente os programas de melhoramento de culturas de interesse econômico.

A seguir são discutidos resultados de investigações científicas sobre a interação de micro-organismos com plantas e a rizosfera, integrando propriedades químicas e físicas do solo numa perspectiva multidimensional. Discute-se as interações entre plantas e micro-organismos para fins de caracterização e diagnóstico do potencial das funções da microbiota em resposta a fatores de estresses bióticos e abióticos, em face à crescente ação antrópica em todo planeta e das mudanças climáticas globais.

Um olhar atualizado para a interação entre plantas e micro-organismos

As plantas abrigam uma grande diversidade de micro-organismos

dentro e fora de seus tecidos, e esse microbioma co-evoluiu com seus hospedeiros por milhares de anos, selecionando mutualistas e comensais, bem como patógenos (Levy et al., 2018). Em condições naturais, as plantas dependem fortemente do microbioma para crescimento, saúde e proteção contra estresse biótico e abiótico. Por exemplo, a rizosfera é um nicho para uma miríade de micro-organismos que fornecem uma gama de serviços ecossistêmicos para a planta, como a aquisição de nutrientes, tolerância ao estresse abiótico e proteção contra patógenos. As plantas selecionam a comunidade microbiana que vive na rizosfera com base em funções que são importantes para o seu crescimento e saúde, como os organismos relacionados aos ciclos do nitrogênio, fósforo, potássio e ferro (Mendes et al., 2014).

Os exsudatos radiculares são uma das principais forças que impulsionam a regulação da densidade e atividade na raiz e na rizosfera. Por meio da fotossíntese, as plantas atuam como fonte de carbono para diversas comunidades bacterianas (Levy et al., 2018). Diferentes espécies de plantas influenciam diferentemente a composição e atividade das comunidades microbianas da rizosfera. Diferenças na morfologia das raízes, assim como no número e tipo de rizodepósitos, contribuem para o efeito de seleção específico da espécie. Os metabólitos específicos liberados pela raiz podem gerar múltiplas respostas em diferentes micro-organismos do solo, por exemplo, os flavonóides podem atrair não apenas simbioses, como o *Bradyrhizobium japonicum*, mas também patógenos como o *Phytophthora sojae*. Não apenas as espécies vegetais, mas também a cultivar afeta a composição das comunidades rizosféricas. Juntamente

com a modulação do microbioma pela planta, o ambiente, especialmente as características do solo, determina a origem dos micro-organismos recrutados pela planta. Além disso, as características físicas e químicas dos solos afetam a fisiologia da planta e seus exsudatos, que por sua vez influenciam a composição da microbiota da rizosfera (Philippot et al., 2013).

Em suma, o microbioma da raiz da planta é o resultado de uma série de eventos hierárquicos. Primeiro, o solo atua como um reservatório de espécies microbianas, que juntamente com as propriedades físicas e químicas e os processos biogeoquímicos no solo estruturam a comunidade microbiana. Dessa forma, o lugar onde as plantas crescem determina a biota autóctone à qual as raízes serão expostas. E finalmente, as espécies e genótipos de plantas determinam quais membros do reservatório microbiano do solo podem crescer e se desenvolver na rizosfera (Philippot et al., 2013).

Considerando a complexidade dos fatores que modulam o microbioma da planta, estudos baseados em ecologia microbiana focados em desvendar os mecanismos de interação entre plantas e micro-organismos são de suma importância para a engenharia de microbiomas. A esse respeito, muitos estudos mostraram que as interações entre planta e micro-organismos não são apenas cruciais para uma melhor compreensão do crescimento e saúde das plantas, mas também para a produção de culturas de maneira sustentável.

Durante décadas, os melhoristas exploraram características genéticas para melhorar o crescimento, desenvolvimento e resistência das plantas contra estresse biótico e abiótico. No entanto, eles ainda

não levaram em conta o microbioma da planta. A domesticação e o melhoramento genético contribuíram substancialmente para a civilização humana, mas também causaram uma forte diminuição na diversidade genética das cultivares modernas, afetando a capacidade das plantas de interagir com micro-organismos benéficos.

A fim de avaliar e compreender a seleção do microbioma e seu papel funcional, uma abordagem multi-analítica é necessária para desvendar os processos ao nível da comunidade e genômico. Embora existam exemplos de recrutamento de características microbianas benéficas na rizosfera, os mecanismos por trás dessa seleção permanecem desconhecidos. Para alcançar isso, experimentos usando genótipos de plantas contrastantes (por exemplo, resistentes ao patógeno e tolerantes a estresse abiótico) devem ser usados para identificar grupos microbianos benéficos selecionados no microbioma da planta. Os avanços dos métodos de sequenciamento de alto

rendimento forneceram meios para avaliar em detalhes as comunidades microbianas altamente complexas. Técnicas baseadas em DNA, como sequenciamento parcial ou total de genes ribossômicos, fornecem informações sobre grupos de micro-organismos benéficos, enquanto o metagenoma fornece informações funcionais sobre este microbioma. Uma vez identificado o recrutamento de grupos microbianos benéficos, uma estratégia baseada no genótipo da planta, mapeamento quantitativo de locos e abordagens de associação genômica ampla ajudarão a identificar regiões específicas no genoma onde as características de recrutamento podem estar localizadas. Além disso, considerando a importância dos exsudatos de plantas para o recrutamento de grupos microbianos, uma análise do padrão de exsudato de plantas poderia ajudar a identificar metabólitos específicos ligados à seleção de taxa benéfica.

Essa abordagem multi-analítica ajudará a ter uma visão sistemática

de como e em que medida as plantas podem moldar seu próprio microbioma. Com uma melhor compreensão dos fatores que levam à seleção do microbioma vegetal, os pesquisadores poderão manipular sua composição e estrutura como uma estratégia promissora para promover resistência a estresse biótico e abiótico para uma ampla variedade de hospedeiros vegetais, promovendo um manejo sustentável de importantes culturas agrícolas (Figura 1).

É preciso traduzir conhecimento em ação

A partir desse entendimento da interação entre plantas e micro-organismos, têm sido discutidas soluções para problemas ambientais baseadas em sustentabilidade, tais como o uso de fungos entomopatogênicos para o combate de diversos artrópodes-pragas em culturas agrícolas e recomendações para o uso de micronutrientes como zinco em solo utilizado para a produção canavieira.

Apesar da presença dos entomopatógenos no solo não ser compreendida quanto à sua capacidade de influenciar a comunidade microbiana presente na rizosfera, a presença de espécies entomopatogênicas como *Metarhizium anisopliae* na rizosfera pode combater os insetos que se alimentam das raízes das plantas (Pava-Ripoll et al., 2011) (Figura 2).

Além da defesa contra artrópodes-pragas, os fungos entomopatogênicos também podem exercer função no crescimento de plantas. Estudos relatam a ação conjunta de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) e Fungos Promotores do Crescimento Vegetal (FPCV) no melhoramento de várias culturas agrícolas mundialmente importantes. A interação entre fungos entomopatogênicos e FMA pode

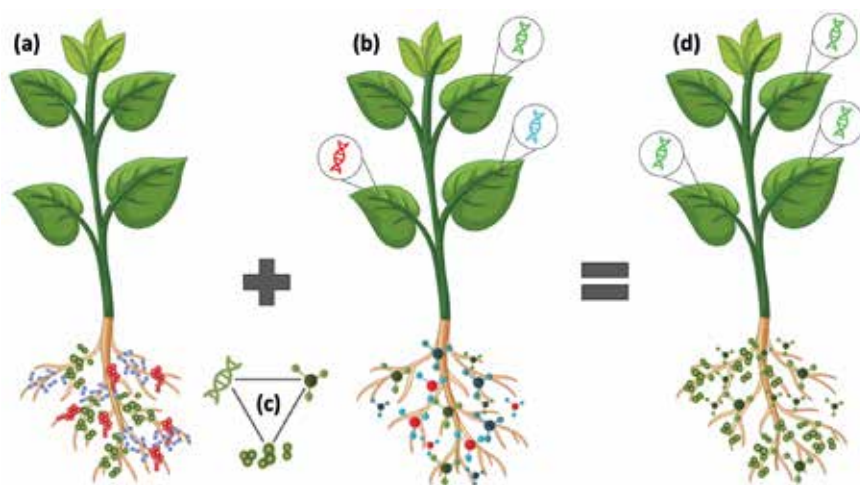


Figura 1. Abordagem multi-analítica para desvendar os mecanismos de seleção do microbioma vegetal. a) Avaliação do microbioma em rizosfera e identificação de grupos de micro-organismos benéficos (representados em cor verde). (b) Definição do perfil do padrão de exsudação metabólica e genotipagem de plantas. (c) Decifrar a correlação direta entre características genéticas de plantas, perfil de exsudação e recrutamento de micro-organismos benéficos. (d) Uso de informações de genotipagem de plantas para programas de melhoramento de plantas, a fim de criar cultivares capazes de recrutar micróbios benéficos. Fonte: Lucas William Mendes

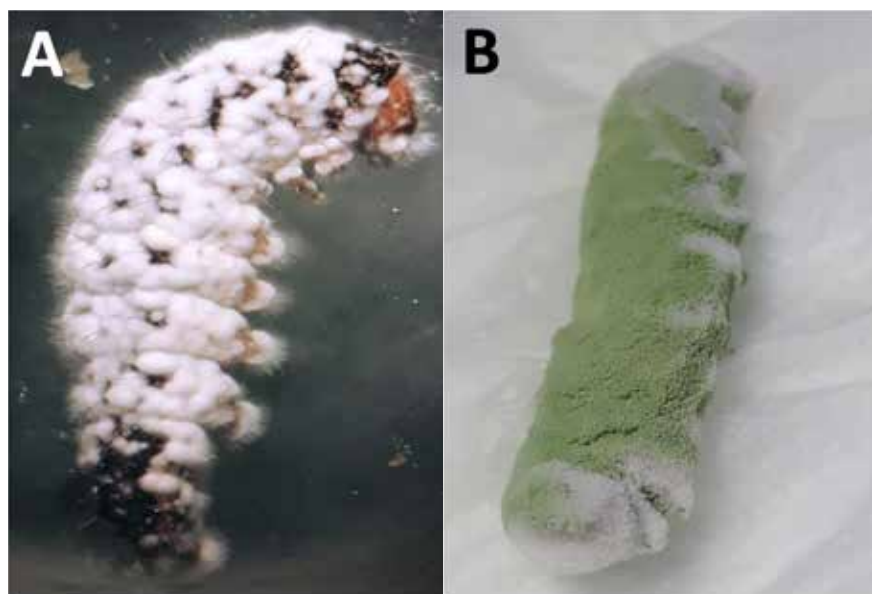


Figura 2. Controle biológico de insetos. Conidiogênese dos fungos *Beauveria bassiana* (A) e *Metarhizium anisopliae* (B). Fonte: Cortesia de Pamella Mingotti Dias

causar diversos efeitos benéficos na planta hospedeira. No milho, a inoculação conjunta de FMA e *Beauveria bassiana* aumenta a absorção de fósforo e nitrogênio, promovendo o crescimento das raízes e mitigando os efeitos da herbivoria (Zitlalpopoca-Hernandez et al., 2017). Quando utilizado em conjunto com FMA, o efeito do *M. anisopliae* sobre os insetos e patógenos beneficia o crescimento do feijão-caupi, permitindo que a planta aproveite melhor os recursos disponibilizados pelos FMA (Ngakou et al., 2007). A interação do *M. anisopliae* com os FMA pode aumentar a absorção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, embora não se conheça ao certo os mecanismos responsáveis por essa maior absorção de nutrientes.

No que se refere às consequências de novas recomendações de micronutrientes para culturas agrícolas frente aos aspectos ecológicos funcionais das comunidades microbianas presentes no solo e na rizosfera, um estudo revelou que a recomendação de aumentar a dose de zinco em solo canavieiro de 5 kg de Zn ha⁻¹ para 10 kg de Zn ha⁻¹ de acordo com estudos baseados em produtividade realizados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pode implicar em aumento da abundância de famílias de genes microbianos associadas a proteínas transportadoras de zinco, enzimas antioxidantes, exoenzimas associadas à infecção, proteínas de secreção, genes reguladores de virulência, fixação de carbono e utilização de fósforo (Navarrete et al., 2017) (Figura 3). Com a adição de 5 kg de Zn ha⁻¹, foi observada abundância reduzida para as famílias de genes associados à metanogênese, metabolismo de halogênio e carotenóides e antifagocitose, em comparação com adições de 10 ou 20

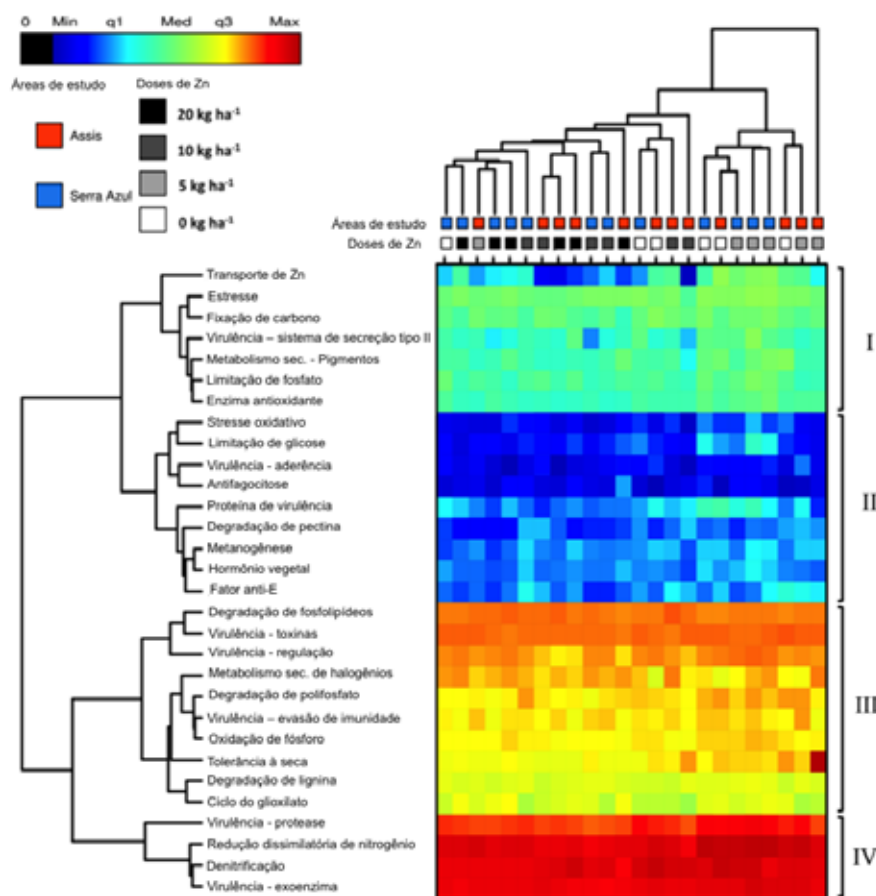


Figura 3. Heatmap e análise de agrupamento com base na dissimilaridade da abundância de famílias gênicas correlacionada com a concentração de zinco em solo canavieiro. Fonte: Navarrete et al. (2017)

kg Zn ha⁻¹. Os resultados obtidos por Navarrete et al. (2017) sugeriram que mudanças na estrutura e abundância dos genes funcionais microbianos podem ser usadas para avaliar o impacto das práticas de manejo do solo nas comunidades microbianas do solo em áreas de produção de cana-de-açúcar.

Em síntese, os trabalhos demonstram que a estrutura da comunidade microbiana do solo e da rizosfera pode, em alguns casos, ser influenciada pela introdução dos micro-organismos exógenos ou nutrientes, tais como os fungos utilizados no controle biológico e zinco utilizado como micronutriente para a cultura canavieira, alterando a comunidade de micro-organismos autóctones e suas funções no ambiente do solo. A persistência de tais fungos no solo e possíveis efeitos da aplicação de doses elevadas de zinco no solo

sobre aspectos ecológicos e funcionais das comunidades microbianas presentes no solo e na rizosfera constituem aspectos ecológicos ainda pouco compreendidos, cujo conhecimento é necessário para a recomendação de práticas de manejo sustentáveis para diferentes culturas agrícolas, visto que os micro-organismos representam uma importante fração da biota do solo tanto pela diversidade de espécies quanto pela multiplicidade de atividades metabólicas desempenhadas.

Referências

- Levy A, Gonzalez IS, Mittelviefhaus M et al. Genomic features of bacterial adaptation to plants. *Nat Genet* 2018;50:138–50.
- Mendes LW; Kuramae EE, Navarrete AA. et al. Taxonomical and functional microbial community selection in soybean rhizosphere. *ISME J* 2014;8:1577–1587.
- Navarrete AA, Mellis EV, Escalas A, et al. Zinc concentration affects the functional groups of microbial communities in sugarcane-cultivated soil. *Agr Ecosyst Environ*. 2017;236:187–197
- Ngakou A, Nwaga D, Ntonifor NN. et al. Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), Rhizobia and Metarhizium anisopliae to cowpea production in Cameroon. *Int J Agric Res*, 2007;2:754–764.
- Pava-Ripoll M, Angelini C, Fang W, St leger R. The rhizosphere-competent entomopathogen *Metarhizium anisopliae* expresses a specific subset of genes in plant root exudate. *Microbiology*, 2011;157: 47–55.
- Philippot L, Raaijmakers JM, Lemanceau P, van der Putten WH. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nat Rev Microbiol* 2013;11:789–799.
- Zitlalpopoca-Hernandez, G.; Najera-Rincon, M.B.; Del-Val, E.; Bernardo, M.; Alejandro, A.; Jackson, T.; Larsen, J. Multitrophic interactions between maize mycorrhizas, the root feeding insect *Phyllophaga vetula* and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Applied Soil Ecol*, 2017;115: 38–43.

XXI Reunión Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água
XXI RBMCSA 2020

SAVE THE DATE

22 a 26 de
Novembro de 2020
Casa Garcia,
Uberlândia - MG

Informações Programe seus
(43) 3025-5223 investimentos!

Promoção e Realização
Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo
Núcleo Regional Leste

UFU
Universidade Federal de Uberlândia

Organização
FAR EVENTOS

Acacio Aparecido Navarrete e Eliângela de Souza Loureiro são professores da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Chapadão do Sul.

Siu Mui Tsai é professora e pesquisadora e Lucas William Mendes é pesquisador no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP), Campus de Piracicaba.

LANÇAMENTOS

Tópicos em Ciência do Solo Vol X

Fundamentos de Micromorfologia do Solo



**Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo**

**À venda na
Loja Virtual
da SBSCS**



Knowledge grows

É da pesquisa que a gente colhe a inovação.

A Yara acredita que conhecimento é o que faz a gente crescer. É por isso que investimos em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar os nossos produtos e encontrar novas estratégias de nutrição de plantas. E para manter a inovação constante, trabalhamos em conjunto com pesquisadores em centros de estudo de mais de 60 países pelo mundo.

Contamos com 35 centros de pesquisa pelo Brasil trabalhando em parceria com a Yara, do maior produtor até as maiores marcas de alimento. É por meio de pesquisa, conhecimento e tecnologia que a Yara está transformando o futuro do agronegócio brasileiro.

www.yarabrazil.com.br