

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Núcleo Regional Nordeste

BOLETIM INFORMATIVO
ISSN: 2764-5274
Volume 7
Número 2
Julho/Dezembro de 2023

**CIÊNCIA DO SOLO
COMO FUNDAMENTO
PARA ALCANÇAR
OS OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL NO
NORDESTE DO BRASIL**

BOLETIM INFORMATIVO - NRNE/SBCS

Editor-chefe: Dr. Ygor Agra Bezerra da Silva (ygor.silva@ufrpe.br)

Editores Adjuntos:

Dr. Airon José da Silva (aironjs@gmail.com)

Dr. João Santiago Reis (joao.reis@ufrn.br)

Editores Temáticos

Dr. Ygor Agra Bezerra da Silva; Dr. Airon José da Silva; e Dr. João Santiago Reis.

Projeto gráfico, diagramação e capa: Uanderson Lima (ufnlima@gmail.com)

Foto da capa: Rayanna Jacques Agra Bezerra da Silva

Contato: boletim.nrne.sbcs@gmail.com

PARTICIPE DO BOLETIM INFORMATIVO

Envie seu texto, sugestões, críticas ou qualquer outra informação que julgue importante para o fortalecimento da Ciência do Solo e do Boletim Informativo para o e-mail:

boletim.nrne.sbcs@gmail.com

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica baseada no modelo utilizado pela biblioteca da UFRPE

B688 Boletim Informativo / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo,
Núcleo Regional Nordeste – v. 7, n. 2 (jul./dez. 2023). - Recife:
SBCS/NRNE, 2023.

v.

Este volume: Ciência do solo como fundamento para alcançar os objetivos
de desenvolvimento sustentável no Nordeste do Brasil / [organização de] Ygor Agra
Bezerra da Silva, Airon José da Silva; João Santiago Reis.

Semestral.

ISSN (broch.) 2764-5274

CIÊNCIA DO SOLO COMO FUNDAMENTO PARA ALCANÇAR OS OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO NORDESTE DO BRASIL

1. Solos – Periódicos I. Silva, Ygor Agra Bezerra da, org. II. Silva
Airon José da, org. III. Reis, João Santiago, org.
IV. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Nordeste

CDD 631.405

Gestão 2023-2025: Núcleo Regional Nordeste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Diretor: Henrique Antunes de Souza (Embrapa Meio-Norte); Primeiro Vice-Diretor: Cícero Gomes dos Santos (UFAL); Segundo Vice-Diretor: Luiz Francisco da Silva Souza Filho (UFERSA); Secretário Geral: Ronny Sobreira Barbosa (UFPI); Tesoureira: Paula Renata Muniz Araújo (UFRPE); Conselheira: Maria Eugenia Escobar (UFC); e representante discente: Luciana da Luz Silva (UEFS).

AS INFORMAÇÕES E OPINIÕES EMITIDAS PELOS AUTORES NÃO REFLETEM, NECESSARIAMENTE, A OPINIÃO DOS EDITORES DO BOLETIM INFORMATIVO, DO NÚCLEO REGIONAL NORDESTE E DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. O BOLETIM INFORMATIVO É UMA PUBLICAÇÃO SEMESTRAL, GRATUITA (SEM FINS LUCRATIVOS), EDITADA PELO NÚCLEO REGIONAL NORDESTE DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO.

Caros leitores,

É com grande entusiasmo que apresentamos o volume 7, número 2, do Boletim Informativo do Núcleo Regional Nordeste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (NRNE/SBCS), referente ao ano de 2023. Esta edição destaca o papel fundamental da Ciência do Solo na promoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Nordeste do Brasil. Na seção de notícias, temos o prazer de apresentar a nova presidente da SBCS, professora Maria Eugenia Ortiz Escobar, e a nova Diretoria do NRNE para o biênio 2023-2025. Além disso, damos as boas-vindas aos novos membros do conselho editorial do Boletim Informativo e aos novos coordenadores das divisões e comissões especializadas do NRNE-SBCS. Desejamos muito sucesso a todos frente aos novos desafios! Ainda na seção de notícias, a Associação dos Engenheiros Agrônomos de Sergipe (AEASE) prestou uma merecida homenagem ao Professor Raymundo Fonseca Souza. Também anunciamos a VIII Reunião Nordestina de Ciência do Solo (RNCS), que será realizada em Arapiraca, AL, de 16 a 20 de setembro de 2024. Na seção de homenagem, a professora Ana Dolores Santiago de Freitas prestou uma linda homenagem póstuma ao Professor Newton Pereira Stamford, um cientista de grande renome no Brasil e no exterior. Em "Resgatando Nossa História", os professores Clístenes Williams Araújo do Nascimento e Júlio César Azevedo Nóbrega nos brindam com um belíssimo texto sobre as origens do Núcleo Regional Nordeste e do nosso Boletim Informativo. Na seção "Quem Faz Ciência do Solo no Nordeste", destacamos a história do Museu de Solos de Pernambuco Professor Mateus Rosas Ribeiro (MUSSPE), um verdadeiro marco no Brasil. Temos também uma novidade para os mestrandos e doutorandos da área de Ciência do Solo: a seção "Teses e Dissertações", onde esses futuros cientistas explicam como seus trabalhos contribuem para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no Nordeste do Brasil.

Desejamos a todos uma leitura inspiradora e enriquecedora!

Henrique Antunes de Souza
(Diretor do NRNE/SBCS)

Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva
(Editor Chefe do Boletim Informativo do NRNE/SBCS)

Airon José da Silva
(Editor Adjunto do Boletim Informativo do NRNE/SBCS)

João Santiago Reis
(Editor Adjunto do Boletim Informativo do NRNE/SBCS)

NOTÍCIAS 06
HOMENAGEM 14
RESGATANDO NOSSA HISTÓRIA.. 16

Foto: Adriana de Fátima Meira Vita.



QUEM FAZ CIÊNCIAS DO SOLO .. 24
ARTIGOS DE OPINIÃO 32
TESE E DISSERTAÇÕES 95

Foto: Paula Renata Muniz Araújo



A professora Maria Eugenia Ortiz Escobar é a nova presidente da SBCS



A professora Maria Eugenia Ortiz Escobar, que dirigiu o NRNE por dois mandatos consecutivos (2019-2021 e 2021-2023), foi eleita como a nova Presidente da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Natural da Colômbia, ela se tornou docente no Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará em 2010, onde coordena o Grupo de Pesquisa em Qualidade do Solo e Química Ambiental (QSQA). Como orientadora nos Programas de Pós-Graduação em Ciência do Solo e Ecologia e Recursos Naturais da UFC, sua atuação abrange áreas como química do solo, química ambiental, metais pesados e a aplicação de bio sólidos e resíduos industriais como condicionadores de solo.

O Núcleo Regional Nordeste sente imenso orgulho de sua trajetória e conquistas e deseja-lhe muito sucesso nesse novo desafio à frente da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

O Núcleo Regional Nordeste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo tem nova Diretoria para o biênio 2023 - 2025

Durante a realização do XXXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado na cidade de Florianópolis - SC, no ano de 2023, foram escolhidos os novos membros da Diretoria do Núcleo Regional Nordeste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (NRNE – SBCS) para o biênio 2023 – 2025. A escolha foi realizada em assembleia Geral do NRNE da SBCS, sendo a nova Diretoria eleita por unanimidade.

A nova Diretoria é composta pelos seguintes membros: Diretor - Henrique Antunes de Souza da Embrapa Meio-Norte (<http://lattes.cnpq.br/1542888683453935>); 1º Vice- diretor - Cícero Gomes dos Santos da Universidade Federal de Alagoas - UFAL (<http://lattes.cnpq.br/1756791175395693>); 2º Vice-diretor - Luiz Francisco da Silva

Souza Filho da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (<http://lattes.cnpq.br/6184258525451194>); Secretário Geral - Ronny Sobreira Barbosa da Universidade Federal do Piauí – UFPI (<http://lattes.cnpq.br/3869878926937962>); Tesoureira - Paula Renata Muniz Araújo da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE (<http://lattes.cnpq.br/1779598476646308>), Conselheira - Maria Eugenia Escobar da Universidade Federal do Ceará – UFC (<http://lattes.cnpq.br/0354607134470549>) e a Representante Discente - Luciana da Luz Silva da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS (<http://lattes.cnpq.br/7374687790643290>). Acesse o link do Currículo Lattes dos novos membros e conheça melhor a nova Diretoria do NRNE – SBCS, viste o site do NRNE: <https://sbcs-nrne.org.br/>.

Novos membros do conselho editorial do Boletim do Núcleo Regional Nordeste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (NRNE – SBCS)

No final do segundo semestre de 2023, a nova Diretoria do NRNE – SBCS fez ajustes no conselho editorial do Boletim do NRNE. Os ajustes foram necessários, considerando que alguns dos editores anteriores assumiram novos cargos no NRNE, como Henrique Antunes de Souza (Novo diretor) e Luiz Francisco da Silva Souza Filho (2º Vice-Diretor). Com essa mudança, novos nomes foram convidados para compor o conselho editorial, sendo estes: Editor-chefe - Ygor Jacques Agra Bezerra

da Silva da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE (<http://lattes.cnpq.br/0904824873761236>), Editor Adjunto - Airon José da Silva da Universidade Federal de Sergipe – UFS (<http://lattes.cnpq.br/8490187390053696>) e Editor Adjunto João Santiago Reis da Universidade Federal do Rio Grande do norte – UFRN (<http://lattes.cnpq.br/2587214189684250>). Acesse o link do Currículo Lattes dos novos membros do conselho editorial e conheça melhor os novos editores do NRNE – SBCS, visite o site do NRNE: <https://sbcs-nrne.org.br/>.

I Competição Nordestina de Solos



É com imensa satisfação que o PPGCS/UFPB/CCA divulga a 1ª Edição da Competição Nordestina de Solos que será realizada nos dias 08 e 09 de agosto de 2024 no Departamento de Solos de Engenharia Rural (DSER) da Universidade Federal da Paraíba - Campus II, Areia - PB.

A competição buscará promover a interação entre docentes, discentes e pesquisadores para o conhecimento das paisagens e solos, proporcionando o desenvolvimento de habilidades práticas de descrição e interpretação dos solos e dos ambientes.

Inscrições abertas até o dia 26 de julho de 2024 às 23:59. Leiam os requisitos, organize sua equipe e venha participar conosco!

Site do evento:

<https://www.even3.com.br/i-competicao-nordestina-de-solos-460408/>

Maiores informações:

competicaonordestina desolos@gmail.com

<https://www.instagram.com/p/C8lvxV3R-S8E/?igsh=MjkybXJ4YjU3OHdw>

Ocorrerá na cidade de Arapiraca - AL, de 16 a 20 de setembro de 2024, a VIII Reunião Nordestina de Ciência do Solo – RNCS

Convidamos a todos(as) para participar da VIII Reunião Nordestina de Ciência do Solo, a ser realizada na cidade de Arapiraca (Alagoas) no período de 16 a 20 de setembro de 2024. A RNCS é um evento de caráter técnico-científico promovido pelo Núcleo Regional Nordeste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. A VIII edição está sendo organizada pelo Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente/UFAL, IFAL e UNEAL, com parceria com várias instituições públicas e privadas do Estado de Alagoas.

O evento terá como tema central os caminhos do desenvolvimento sustentável, consolidando a interação entre ensino,

pesquisa, extensão e gestão pública. O evento é um espaço de interação dos atores sociais (pesquisadores, professores, estudantes, produtores e outros) que debaterão sobre as demandas e soluções para o uso sustentável dos solos nos diferentes biomas do Nordeste brasileiro.

A comissão organizadora do evento estima um público de 600 participantes, com a apresentação de 500 trabalhos. O evento conta com a participação de 10 instituições e 18 palestrantes. Não perca essa oportunidade! Visite o site do evento em: <https://rncs2024.com.br/index.php>, e faça sua inscrição participe dos eventos promovidos pelo Núcleo Regional Nordeste da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.



A Ciência do Solo frente aos novos desafios
na busca da produção sustentável

-  16 a 20 de setembro
-  Centro de Convenções de Arapiraca

 [viiirncs.ncienciadosolo](https://www.instagram.com/viiirncs.ncienciadosolo)

Promoção:



Realização:



A Associação dos Engenheiros Agrônomos de Sergipe (AEASE) prestou homenagem ao Professor Raymundo Fonseca Souza



Fonte: Revista AEASE, 2024.

A Associação de Engenheiros Agrônomos de Sergipe - AEASE, na sua Revista Nº 30 (janeiro a março de 2024) prestou homenagem ao Professor Raymundo Fonseca Souza, sócio honorário da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS. O Prof. Raymundo presidiu a SBCS entre os anos de 1979 e 1981. Reconhecer a história de vida e as contribuições do Professor Raymundo para o desenvolvimento do Brasil e em especial para a região Nordeste, fez parte de uma merecida e justa homenagem prestada pela Associação de Engenheiros Agrônomos de Sergipe – AEASE. O texto completo pode ser conferido em <https://www.aease.org.br/wp-content/uploads/2024/04/Revista-AEASE-30a.-Edicao.pdf>. O Professor Raymundo Fonseca atuou diretamente na criação e desenvolvimento de várias instituições brasileiras, sendo o primeiro chefe geral da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas – BA.

A Diretoria do NRNE – SBCS define os novos líderes das Divisões das áreas da Ciência do Solo e os novos coordenadores das comissões especializadas do NRNE – SBCS

A Diretoria do NRNE – SBCS definiu os novos membros e líderes das comissões especializadas por área. O NRNE dividiu as divisões em quatro categorias, sendo estas: Divisão 1 – Solo no espaço e no tempo, Divisão 2 – Processos e propriedades do solo, Divisão 3 – Uso e manejo do solo e Divisão 4 – Solo, ambiente e sociedade. A escolha dos novos membros se deu por inscrição dos sócios. Quando houve mais de um inscrito, foi realizada votação, e quando não houveram inscritos, a Diretoria do NRNE – SBCS convidou o membro para coordenar a comissão. Os novos membros serão apresentados abaixo, indicados por divisão e comissão especializada. Confira mais informações e o link dos Currículos Lattes dos novos líde-

res das divisões e comissões especializadas, e os objetivos de cada comissão em: <https://sbcns-nrne.org.br/>.

Divisão 1 – Solo no espaço e no tempo
Líder: Jean Cheyson Barros dos Santos – Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Comissão 1.1. Gênese e Morfologia do Solo
Coordenadora: Grace Bungenstab Alves – Universidade Federal da Bahia (<http://lattes.cnpq.br/6176632237805338>).

Comissão 1.2. Levantamento e Classificação do Solo
Coordenador: João Santiago Reis – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (<http://lattes.cnpq.br/2587214189684250>).

Comissão 1.3. Pedometria

Coordenador: Sammy Sidney Rocha Matias – Universidade Estadual do Piauí (<http://lattes.cnpq.br/7571737375393995>).

Comissão 1.4. Paleopedologia

Coordenador: Jean Cheyson Barros dos Santos - Universidade Federal Rural de Pernambuco (<http://lattes.cnpq.br/5698373233632800>).

Divisão 2 – Processos e propriedades do solo

Líder: Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Comissão 2.1 – Biologia do Solo

Coordenador: Arthur Prudêncio de Araújo Pereira - Universidade Federal do Ceará (<http://lattes.cnpq.br/9617979078532508>).

Comissão 2.2. Física do Solo

Coordenador: Jaedson Cláudio Anunciato Mota – Universidade Federal do Ceará (<http://lattes.cnpq.br/8093550412785010>).

Comissão 2.3. Mineralogia do Solo

Coordenador: Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco (<http://lattes.cnpq.br/0904824873761236>).

Comissão 2.4. Química do Solo

Coordenador: Franklin Eduardo Melo Santiago - Instituto Federal do Piauí (<http://lattes.cnpq.br/3779952854801736>).

Divisão 3 – Uso e manejo do solo

Líder: Yuri Jacques Agra Bezerra da Silva – Universidade Federal do Piauí.

Comissão 3.1. Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas

Coordenador: Airon José da Silva – Universidade Federal de Sergipe (<http://lattes.cnpq.br/8490187390053696>).

Comissão 3.2. – Corretivos e Fertilizantes

Coordenador: Henrique José Guimarães Moreira Maluf - Galvani Fertilizantes (<http://lattes.cnpq.br/4962695462080012>).

Comissão 3.3. Manejo e Conservação do Solo e da Água

Coordenador: Yuri Jacques Agra Bezerra da Silva - Universidade Federal do Piauí (<http://lattes.cnpq.br/7452583175531534>).

Comissão 3.4. Planejamento do Uso da Terra

Coordenadora: Diana Signor Deon - Embrapa Semiárido (<http://lattes.cnpq.br/5567311577230727>).

Comissão 3.5. Poluição, Remediação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas

Coordenador: Cácio Luiz Boechat - Universidade Federal do Piauí (<http://lattes.cnpq.br/8895929358448011>).

Divisão 4 – Solo, ambiente e sociedade

Líder: Edvaldo Sagrilo - Embrapa Meio-Norte.

Comissões especializadas:**Comissão 4.1. Educação em Solos e Percepção Pública do Solo**

Coordenadora: Adriana de Fátima Meira Vital – Universidade Federal de Campina Grande (<http://lattes.cnpq.br/5317087265969022>).

Comissão 4.2. Solos e Segurança Alimentar

Coordenadora: Edvaldo Sagrilo - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa do Meio-Norte (<http://lattes.cnpq.br/5600248433021837>).

Comissão 4.3. História, Epistemologia e Sociologia da Ciência do Solo

Coordenadora: Luiz Francisco da Silva Souza Filho – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (<http://lattes.cnpq.br/6184258525451194>).

Professor Newton Pereira Stamford

Ana Dolores Santiago de Freitas

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Email: anadoloresantiaгодefreitas@gmail.com

Em 2024, estamos comemorando o centenário de nascimento da Dra. Johana Döbereiner, uma das cientistas mais importantes do país, pioneira em estudos sobre fixação biológica de nitrogênio (FBN) e que foi indicada para concorrer ao Prêmio Nobel. No mês de abril deste ano, completa-se um ano do falecimento do professor Newton Pereira Stamford, cientista de reconhecida importância no Brasil e no exterior, pioneiro em estudos sobre FBN no Nordeste do país. Além da importância para a ciência e de compartilharem o mesmo tema de estudo, um fato que talvez alguns não saibam é que Newton fez mestrado em Seropédica (RJ) sob a orientação da Dra. Johana, desenvolvendo sua pesquisa

onde hoje funciona a Embrapa Agrobiologia e sendo o primeiro orientado dela. Sempre achei esse fato uma informação cheia de significados. Mas sou suspeita, uma vez que Newton foi meu orientador de mestrado, tendo se transformado em parceiro de trabalho e em um grande amigo.

A intenção deste texto é prestar uma homenagem à pessoa, ao pesquisador e ao professor que Newton sempre foi. A ciência é feita por pessoas e, por isso, mesmo em um texto publicado em um veículo de divulgação de pesquisa, vou expressar, inicialmente, minha homenagem à pessoa admirável que ele sempre foi e que sempre será na lembrança de todos que tiveram a honra e a sorte de conviver com ele. Newton ensinava e inspirava com sua vitalidade



Fonte: Autoral

única. Tinha a sabedoria de manter o brilho nos olhos e o encanto pela vida e pelo trabalho. Convivi muitos anos com ele, na universidade e em outros momentos fora dela, e para mim ele sempre foi jovem. Não perdeu nada do entusiasmo que tinha pela pesquisa com o passar do tempo. E como isso é raro!

Por conta de nossa amizade e das coincidências da vida que nos tornaram vizinhos, eu pude conhecer o

Newton marido de Tânia, pai de Bruno, Thaiza e Tatiana, avô de Gabriel, irmão, tio e amigo de tantos. Newton preferia a verdade às vaidades, e contava histórias de sua vida sem medo de julgamentos e sem evitar os momentos dolorosos. Com toda a beleza que há nisso, Newton era um homem de família, acho que a única coisa mais importante para ele do que a ciência. Newton sempre foi um marido apaixonado, que nunca teve

problemas em demonstrar seu amor imenso por Tânia, contando histórias sobre ela, assistindo à missa de mãos dadas com ela, falando com ela cheio de carinho. Durante muitos anos ele decidiu que não iria mais ficar longe de Tânia durante viagens a trabalho, só participando de congressos se pudesse levá-la. Sempre achei lindo ver o amor dos dois. Esse amor se irradiava ao filho, às filhas e ao neto, este último com direito a foto no Laboratório de Biotecnologia Ambiental. Além da família e da ciência, Newton era um rubro-negro inveterado, do tipo que vai aos jogos com a camisa do Sport e que fica nervoso com as

vitórias ou derrotas do seu time. Esse aspecto era muito característico dele, e não dá para não mencionar mais essa paixão.

Newton foi um pesquisador potente. Em tempos em que os ritmos eram muito mais lentos, sem internet, sem pesquisa bibliográfica com apenas alguns toques no teclado, sem equipamentos sofisticados e até precisando de máquinas de escrever, mimeógrafos, fax e essas coisas que a gente quase não lembra, Newton era produtivo e se destacava. E olhe que ainda não existiam a pressão e as métricas engessadas de hoje. Ele produzia por gosto, por compromisso e por dedica-



Fonte: Autoral

ção. Foi assim que ele montou um pequeno laboratório de microbiologia e, um pouco depois, construiu e equipou um prédio no Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, o Laboratório de Microbiologia do Solo. O Laboratório tem três placas de inauguração, com datas diferentes! Isso porque cada uma delas foi um marco das melhorias que Newton realizou no laboratório, por meio de grandes projetos de pesquisa que ele coordenou. Foram décadas de obtenção de recursos dedicados a montar toda a infraestrutura que foi, e ainda é utilizada por gerações de alunos e pesquisadores.

Mas, Newton não era de ficar quieto. Sua linha de pesquisa sofreu uma pequena inflexão: ele passou a se interessar por fontes alternativas de nutrientes para as plantas (além da FBN), utilizando rochas moídas, materiais orgânicos diversos e microrganismos para desenvolver produtos capazes de substituir os fertilizantes tradicionais. Na trilha dessa linha de pesquisa, chegou o momento de montar um novo laboratório, dessa vez o Laboratório de Biotecnologia Ambiental, no mesmo departamento e na mesma universidade que sempre foi sua segunda casa. Ele seguiu trabalhando por muitos anos, mesmo depois de aposentado. Todo esse vigor científico pode ser conferido em uma consulta a seu currículo Lattes, que fez dele merecedor de ser bolsista de produtividade do CNPq por

muitas décadas. Como está tudo lá, não vou encher esse texto com números que, apesar de grandiosos, não conseguem refletir a importância de Newton para a pesquisa em ciências agrárias.

E tem o Newton professor. Para mim e para uma leva de engenheiros agrônomos de sorte, ele ministrou aulas na graduação. Foi nosso professor de Fertilidade do Solo e de Microbiologia do Solo. E também estava no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, praticamente desde sua fundação, dando aula para uma infinidade de turmas. Lembro que, na época, a microbiologia do solo não recebia tanta importância como recebe hoje. Havia até quem dissesse, em tom de brincadeira, que não acreditava em nada menor que uma barata. Mas é claro que Newton era sábio para acreditar em microrganismos e, do alto dessa sabedoria, seguia firme em suas aulas e pesquisas.

Este texto é modesto, dá apenas uma ideia da importância de Newton e do quanto ele foi amado e admirado, seu legado transcende qualquer relato. Uma pessoa do porte dele deixa saudade quando não está mais entre nós, mas nunca deixa de existir. Newton está presente em todas e todos que conviveram com ele, em seus familiares, amigos, alunos, companheiros de jornada. Em diferentes medidas, ele deixou sentimentos e aprendizados em muita gente. Para essas pessoas, ele é eterno.

RESGATANDO NOSSA HISTÓRIA

As Origens do Núcleo Nordeste e de seu Boletim Informativo

Clístenes Williams Araújo do Nascimento¹

Júlio César Azevedo Nóbrega²

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco

E-mail: clistenes.nascimento@ufrpe.br

² Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

E-mail: jcanobrega@ufrb.edu.br

1 – Fundamentos e origem do NRNE/SBCS

A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) é uma entidade científica criada em 1947, portanto uma das mais antigas do país e a mais consolidada das ciências agrárias, que tem como principal objetivo congregar profissionais e instituições que lidam com a Ciência do Solo no país. Dadas as dimensões do Brasil, a necessidade de capilaridade das ações da SBCS em todas as regiões e as demandas específicas de temas regionais, a descentralização da administração da SBCS se impôs como premente e fundamental para seu desenvolvimento. Essa reestruturação da SBCS teve como mola propulsora inicial o ajuste à estrutura da International Union of Soil Sciences (IUSS) e visava, com a implementação dos Núcleos Regionais ou

Estaduais e das Divisões, ter um Conselho Diretor mais atuante e comprometido, de forma a aumentar a visibilidade e o dinamismo da SBCS.

Neste contexto, a história do Núcleo Regional Nordeste (NRNE), composto pelos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, inicia-se em março de 2010 a partir da iniciativa da Secretaria Executiva da SBCS de indicar pro-tempore os diretores dos novos Núcleos. Até aquele momento, relembramos, existiam apenas o Núcleo Regional Sul (NRS), criado em 1988 e congregando os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, e o Núcleo Estadual Paraná (NEPAR), que teve sua constituição autorizada pela SBCS em 2003. A ideia inicial era a formação de uma estrutura organizacional com oito núcleos (atualmente esse número é de nove (Figura 1), devido à derivação do

Núcleo Regional Noroeste a partir do Núcleo Regional Amazônia Ocidental), organizados com base em suas características regionais e seus recursos humanos.

Para essa estruturação, a Secretaria Executiva fez um levantamento de sócios que poderiam compor as comissões organizadoras dos novos Núcleos e utilizou como referencial de escolha dos nomes as contribuições para a Ciência do Solo e para a SBCS. Assim sendo, três nomes foram indicados para compor a comissão que or-

ganizaria a criação do NRNE: Clístenes Williams Araújo do Nascimento (Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE); Luciano da Silva Souza (Universidade Federal do Recôncavo Baiano, UFRB); e Vânia Felipe Freire Gomes (Universidade Federal do Ceará, UFC). Esta comissão decide então indicar o nome do professor Clístenes Williams Araújo do Nascimento para ocupar o cargo pro-tempore de Diretor do NRNE, comunicando a escolha à SBCS em 31 de março de 2010, que, por intermédio de seu



Figura 1. Mapa do Brasil com divisão dos Núcleos Regionais e Estaduais.

Conselho Diretor, oficializou o nome indicado. À comissão coube ainda a elaboração do Regimento do Núcleo e a eleição da Diretoria definitiva.

A primeira Diretoria do NRNE foi composta pelos seguintes cargos e membros: Diretor, Clístenes Williams Araújo do Nascimento (UFRPE); 1º Vice-diretor, Luciano da Silva Souza (UFRB); 2º Vice-diretor, Ignácio Hérnan Salcedo (UFPE); Secretário Geral, Valdomiro Severino de Souza Junior (UFRPE); e Tesoureiro, Mário Andrade Lira Junior (UFRPE). O regimento foi elaborado pelo Diretor e pelo Secretário Geral do NRNE e então submetido para análise pelos demais membros da Diretoria e pela Secretaria Executiva da SBCS. Em sua forma final, o primeiro regimento do NRNE/SBCS foi tornado efetivo em 15 de dezembro de 2010.

A primeira reunião presencial do NRNE ocorreu no dia 01 de agosto de 2013, durante o XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (28 de julho a 2 de agosto de 2013), em Florianópolis (SC) tendo como pauta a realização da I Reunião Nordestina de Ciência do Solo (RNCS), a eleição da nova Diretoria do Núcleo e outros assuntos sugeridos pelos sócios. Cerca de um mês antes, 29 de julho de 2013, a Diretoria do Núcleo comunicou aos sócios, via e-mail, a abertura do processo para candidaturas de chapas para eleição da nova diretoria do NRNE/SBCS, com mandato de 01 de setembro de 2013 a 31 de agosto de 2015. Findo o prazo de inscrições das chapas (12 de agosto de 2013), apenas a chapa da então Diretoria apresentou-se. Assim sendo, a Diretoria tomou posse de seu segundo mandato durante a I RNCS em Areia, PB.

Durante o segundo mandato, foram organizados dois importantes eventos nacionais com participação fundamental do NRNE, o VII Simpósio Brasileiro de Edu-

cação em Solos (Recife, maio de 2014) e a XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (Natal, 2015), além da II RNCS em Ilhéus (8 a 12 de dezembro de 2014). Apesar do regimento estabelecer reuniões nordestinas bianuais, a Diretoria recém-eleita do NRNE aproveitou do momento de grande entusiasmo e interesse da comunidade de Ciência do Solo do Nordeste, e incentivou a ocorrência das duas reuniões em anos subsequentes. Essa decisão se mostrou acertada dada a grande quantidade de participantes nas reuniões e ao impacto na divulgação e visibilidade do Núcleo em sua fase inicial. No XXXV CBCS de Natal fecha-se o ciclo de criação do NRNE/SBCS, o qual inicia uma nova fase de crescimento e consolidação com a eleição da nova diretoria e de seu Diretor, o Prof. Júlio César Nóbrega, da UFRB.

A Diretoria do NRNE (setembro de 2015 a agosto de 2017) era composta pelos seguintes membros: Diretor, Júlio César Nóbrega (UFRB); 1º Vice-diretor, Dra. Walane Maria Pereira de Melo Ivo (Embrapa Tabuleiros Costeiros, até 12/2016) e Dr. Henrique Antunes de Souza (Embrapa Meio Norte, até 08/2017); 2º Vice-diretor, Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior (UFRPE); Secretário Geral, Dra. Adriana Maria de Aguiar Accioly (Embrapa Mandioca e Fruticultura); e Tesoureiro, Dr. Bruno de Oliveira Dias (UFPB). Para a nova Diretoria, a Ciência do Solo desenvolvida no Nordeste do Brasil por profissionais (professores, pesquisadores, profissionais autônomos, etc.) e estudantes de graduação e de pós-graduação ligados, principalmente, às universidades, instituições de pesquisa, extensão e outras empresas públicas e privadas prestadoras de serviços relacionados à Ciência do Solo, sempre se mostrou ativa na proposição de medidas voltadas para resolução de problemas

inerentes ao conhecimento e impactos decorrentes dos diversos usos dos solos da região. No entanto, diferentemente de outras regiões do Brasil, a região Nordeste é conhecida por sua diversidade edafoclimática, daí serem encontrados na região biomas como Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado, além de áreas de transição, a exemplo do Cerrado - Floresta Amazônica no estado do Maranhão e de Cerrado – Caatinga nos estados da Bahia e Piauí.

Neste sentido, uma vasta literatura baseada em artigos científicos e livros com os solos da região Nordeste têm sido, ao longo dos anos, publicados por pesquisadores da região com foco na gênese; morfologia; caracterização física, química e biológica; práticas de manejo e de uso do solo, dentre outros. Entretanto, havia uma lacuna ainda não preenchida no que diz respeito à literatura voltada para os solos da região Nordeste, que era a existência de um veículo de comunicação em linguagem mais simples que proporcionasse, além da divulgação de informações relevantes através de artigos informativos e de caráter opinativo sobre os diversos temas e estudos específicos relacionados à Ciência do Solo, a divulgação de fatos históricos e pioneiros ocorridos em diversas instituições, bem como o resgate na forma de homenagens aos profissionais que tiveram grande contribuição a temática da ciência do solo na região Nordeste. Com isso, a publicação teria como seus objetivos alcançar um público mais amplo através de uma linguagem mais simples; estimular uma maior interação entre cientistas e a sociedade como um todo; e resgatar para as novas gerações de estudiosos da temática da ciência do solo, fatos históricos e profissionais que deixaram um legado a temática da ciência do solo na região Nordeste.

A identificação dessa falta de um veículo de comunicação que cumprisse es-

ses objetivos foi sanada pelo NRNE/SBCS, com a criação do Boletim Informativo do Núcleo Regional Nordeste (BI – NRNE), uma publicação semestral, cujo primeiro volume foi publicado ao final do ano de 2017.

2 – Boletim Informativo: criação e importância para a temática da ciência do solo no Nordeste

Em 21 de dezembro de 2021, foi disponibilizado via mídias sociais e e-mails, o primeiro volume do Boletim Informativo do NRNE/SBCS com a temática “A Conservação do Solo no Nordeste do Brasil, v.1 n.1, 2017” (Disponível em <https://www.sbcs-nrne.org.br/eventos/sbcs/Boletim-Informativo-v.-1-n.-1-2017/127>), cujo editor temático foi o Dr. André Amaral da Embrapa Solos, Recife, PE. Em sua apresentação, feita pelo Diretor da época do NRNE/SBCS, Dr. Júlio Cesar Azevedo Nóbrega, e pelo editor-chefe do Boletim Informativo, Dr. Henrique Antunes de Souza, tínhamos a certeza de que a publicação atenderia aos anseios de todos aqueles que trabalham com a Ciência do Solo no Nordeste, pois a publicação, com periodicidade semestral, se propunha a agregar, em uma mesma edição, não só assuntos, eventos e notícias de fácil consulta, mas também uma maior interação e visualização dos acontecimentos da nossa região para com os pares de interesse, que somos nós, sócios do NRNE.

Os apresentadores destacavam, no editorial de apresentação da referida edição do Boletim Informativo do NRNE, as palavras do Dr. Gonçalo Signorelli de Farias (ex-Presidente da SBCS) em editorial do Boletim Informativo da SBCS (v. 37, n. 3): “Sociedades científicas existem para que seus membros tenham, antes de tudo, orgulho em nelas se abrigarem. É o que se conceitua modernamente como ‘pertencimento’: essa sensação intelectual prazer-

osa e sinérgica de pertencer a um grupo”. Assim, acreditamos que este Boletim Informativo seja mais um passo para que este espírito de pertencimento seja cada vez maior entre aqueles que trabalham com a Ciência do Solo no NRNE/SBCS.

Vale destacar que, para se chegar à sua primeira edição, um enorme trabalho de pensar, planejar e executar teve início a partir do primeiro semestre de 2016, quando se deu início às pesquisas sobre possíveis modelos de publicações para o Boletim Informativo do NRNE. Neste sentido, tiveram destaque três conceituadas publicações: Informe Agropecuário da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG (<https://www.livrariaepamig.com.br/categoria/informe-agropecuاريو/>); O Agrônomo do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (<https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/oagronomico.php>); e o Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS (https://www.sbcs.org.br/?post_type=boletim). Assim, durante a 3ª Assembleia do NRNE, ocorrida na III Reunião Nordestina de Ciência do Solo (III RNCS) em Aracaju, SE, entre os dias 12 a 15 de setembro de 2016, o projeto de criação do Boletim Informativo com suas seções, objetivos, periodicidade, público-alvo, etc., foi apresentado pelo Diretor do NRNE e aprovado pelos membros presentes na assembleia.

A partir daí, todo um trabalho de normatização das seções, arte, formato da publicação, formas de divulgação, registro, etc., precisava ser elaborado. Para seu registro, foi pensado, inicialmente, em associar a publicação à editora universitária da UFRB, onde se encontrava na época a sede da Diretoria do NRNE (Gestões 2015 – 2017; 2017 – 2019), possibilidade essa descartada por normas da editora, que trabalha com publicações oriundas da própria

universidade e, em segundo momento, as publicações da própria SBCS, possibilidade também descartada. No entanto, as orientações recebidas da Editora da UFRB na época contribuíram para os contatos iniciais com a biblioteca nacional para solicitação do registro do Boletim Técnico, onde se soube que só era possível ser pleiteado a partir da publicação do primeiro volume. Com isso, no início de 2017, foi trabalhado o projeto gráfico do Boletim Informativo, o qual ficou a cargo do Diretor do NRNE e de Uanderson Lima, na época estudante de graduação em Jornalismo na UFRB. Não foram poucas as reuniões entre ambos para definição das cores, número de páginas a serem atribuídas a cada seção, formas de ilustrações das matérias, etc., de forma que somente entre o final de fevereiro e meados de março foi finalizado todo o processo de criação gráfica do Boletim Informativo.

Feito o projeto gráfico, precisava-se definir um Corpo Editorial para a publicação, bem como os primeiros convites aos professores/pesquisadores para a escrita dos trabalhos sobre a temática “A Conservação do Solo no Nordeste do Brasil”, pois a função de editor do Boletim Informativo não poderia ser concomitante à de Diretor do NRNE, embora pudesse atuar como co-editor. Neste sentido, o Dr. Henrique Antunes de Souza, na época presidente da Comissão Organizadora da IV RNCS em Teresina, PI, aceitou o convite em maio de 2017 para ser o editor-chefe, o Dr. André Amaral da Embrapa Solos (Recife) para ser o editor temático; e a Dra. Adriana Vital (UFCG), Dra. Maria Eugênia Ortiz Escobar (UFC), Dr. Luís de França da Silva Neto (Embrapa Solos, Recife), Dr. Mário Andrade Lira Júnior (UFRPE) e Dra. Diana Signor (Embrapa Semiárido) para compor a equipe de re-

visão do Boletim Informativo do NRNE.

A partir daí todo um trabalho intenso foi realizado junto aos responsáveis pela escrita de cada um dos artigos e seções que iriam compor a primeira publicação, de forma que ao final da primeira quinzena de agosto estávamos enviando ao editor gráfico parte dos artigos para edição. A meta inicial era que o primeiro volume fosse publicado durante XXXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CBCS), ocorrido entre os dias 30 de julho a 5 de agosto de 2017, em Belém, PA. Infelizmente, alguns fatores impediram a

publicação do boletim durante o evento, como atraso no retorno de correções dos artigos, ajustes no projeto gráfico, etc. No entanto, durante a 4ª assembleia do NRNE (02/08/2017), ocorrida durante o CBCS, a versão gráfica do Boletim Informativo foi apresentada, o que agradou a todos os presentes. Somente em 21 de dezembro de 2017 foi publicado nas mídias sociais e disponibilizado via e-mail a todos os sócios do NRNE, o volume 1, número 1 do Boletim Informativo do NRNE. A partir daí, começou todo um processo de obtenção do ISSN junto à biblioteca Nacional, fato



Figura 2. Assembleia do NRNE durante XXXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CBCS), ocorrido entre os dias 30 de julho a 5 de agosto de 2017, em Belém, PA, onde ocorreu a apresentação do projeto gráfico e do Corpo Editorial do Boletim Informativo do NRNE/SBCS e da primeira versão do v.1, n.1, 2017.

alcançado somente no Boletim Informativo (v.5, n.2, 2021), após ajustes necessários na página do NRNE, que aloja o Boletim Informativo, por se tratar de uma publicação digital.

Devido à dimensionalidade, aceitação e sucesso que o Boletim Informativo assumiu, não somente entre os profissionais, estudantes etc. que atuam em Ciência do Solo no Nordeste, mas também pela demanda de outros Núcleos Regionais da SBCS interessados em criar publicações semelhantes em suas regiões de atuação, houve necessidade de incorporação de novos membros à equipe editorial do Boletim Informativo a partir de 2018 (v.2, n.1), com a criação dos editores adjuntos em substituição ao co-editor, o qual passou a ser exercido pelo Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega e Dr. Luiz Francisco da Silva Souza Filho (UFOB) e da equipe de revisão dos artigos submetidos (v.2, n.2), a qual passou a ser exercida por todos os membros do NRNE/SBCS.

Desde sua primeira edição em 2017 até o final de junho de 2023, já foram publicados 07 volumes e 13 números com os seguintes temas: A Conservação do Solo no Nordeste do Brasil (v.1, n.1, 2017); A Fertilidade do Solo no Nordeste do Brasil (v.1, n.2, 2017); A Educação em Solos no Nordeste do Brasil (v.2, n.1, 2018); Perspectivas e Desafios para o Pronasolos no Nordeste do Brasil (v.2, n.2, 2018); Pesquisas em Biologia do Solo (v.3, n.1, 2019); Degradação dos Solos do Nordeste Brasileiro (v.3, n.2, 2019); A Ciência do Solo a Serviço do Campo no Nordeste do Brasil (v.4, n.1, 2020); A Agroecologia no Nordeste do Brasil (v.4, n.2, 2020); Os Impactos da Pandemia da Covid-19 na Ciência do Solo (v.5, n.1, 2021); Especial 5 Anos (v.5, n.2, 2021); Crise de Fertilizantes e seu Impacto no Manejo da Ferti-

lidade do Solo no Nordeste Brasileiro (v.6, n.1, 2022); O Solo e a Segurança Alimentar (v.6, n.2, 2022); e Utilização da Pedometria como Subsídio para o Desenvolvimento da Agricultura e Preservação do Meio Ambiente (v.7, n.1, 2023), envolvendo temáticas de interesse nacional, mas afinadas com a agenda de discussões em nível nacional e internacional.

A elaboração de todas essas publicações envolveu contribuições de 239 pesquisadores/professores/estudantes etc. na escrita dos artigos (Seção Artigos Opinativos); o reconhecimento do trabalho de 09 docentes/pesquisadores (Seções Homenagem); 09 Programas de Pós-graduação (Seção Quem Faz); 08 fatos históricos e instituições pioneiras em Ciência do Solo no Nordeste (Seção Resgatando nossa História), além da divulgação de dezenas de notícias (Seção Notícias) e do registro de mais de 330 trabalhos de dissertações e teses defendidos entre 2017 e 2020 em Programas de Pós-graduação com pelo menos uma linha de pesquisa em Ciência do Solo (Seção Teses e Dissertações).

Não há dúvida quanto às contribuições do Boletim Informativo como veículo de divulgação, agregação e de valorização de professores, pesquisadores e estudantes, bem como do legado de informações técnicas, científicas e opinativas que será disponibilizado às novas gerações de professores, profissionais, órgãos públicos e privados, estudantes de graduação e de pós-graduação que atuam com a Ciência do Solo Nordeste do Brasil.

Todas as edições do Boletim Informativo do NRNE/SBCS encontram-se disponíveis para download através do endereço: <https://www.sbc-s-nrne.org.br/boletins>.

Museu de Solos de Pernambuco: Espaço Educativo para a popularização da Ciência do Solo no Nordeste do Brasil

Paula Renata Muniz Araújo¹

Glêvia Kamila Lima²

Juliet Emilia Santos de Sousa³

Mateus Rosas Ribeiro Filho⁴

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco.

E-mail: paula.maraujo@ufrpe.br;

²Universidade Federal Rural de Pernambuco –
Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

E-mail: glevia.lima@ufrpe.br;

³Universidade Estadual de Campinas.

E-mail: julietessousa@hotmail.com;

⁴Universidade Federal Rural de Pernambuco.

E-mail: mateus.ribeirofo@ufrpe.br.

Breve Histórico

O atual Museu de Solos de Pernambuco Professor Mateus Rosas Ribeiro (MUSSPE) foi inicialmente concebido pelos professores Mateus Rosas Ribeiro e Paulo Klinger Tito Jacomine, vinculados à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). A ideia de uma exposição permanente dos solos de referência de Pernambuco foi consequência do projeto de pesquisa “Caracterização e classificação de solos de referência do estado de Pernambuco” desenvolvido a partir de 1994 com o apoio da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

O projeto propunha a coleta, a caracterização e a classificação dos principais solos de Pernambuco, bem como a confecção dos respectivos macromonolitos, definidos como seções verticais de solo preservadas, que mostram a sequência de horizontes/camadas, a organização, a composição e a estrutura do solo de forma muito próxima da condição de campo. Com base nos dados gerados e macromonolitos confeccionados, também foram elaborados um banco de informações técnicas e um acervo de perfis de solos preservados para subsidiar pesquisas e ações para a gestão agrícola e ambiental desse recurso no estado. As etapas de levantamento, coleta e caracterização dos solos representativos de Pernambuco ocorreram de novembro de 1994 a março de 2000 e contaram com a participação dos pesquisadores Mateus R. Ribeiro, Paulo K. T. Jacomine, Lindomário Barros, José Fernandes W. F. Lima, Valdomiro S. Souza-Júnior, Flávio A. Marques, Marcos K. de Barros, Fernando Leite, Marcelo Metri e Mateus R. Ribeiro Filho.

Somente em 2003, após a criação do curso de doutorado em Ciência do Solo e a construção de um prédio destinado às atividades de ensino, pesquisa e extensão da Área de Solos, houve a instalação do acervo de 35 macromonolitos, coletados até 150 cm de profundidade ou até o contato lítico, contemplando do litoral até o sertão, para fins de exposição no Departamento de Agronomia da UFRPE.

Em 2006, o espaço foi denominado Centro de Referência e Informação de Solos do Estado de Pernambuco (CRISEPE), após aprovação de projeto pelo Programa de Difusão e Popularização da Ciência e Tecnologia do CNPq. No espaço também foi exposto, em caráter permanente, uma coleção de minerais, rochas e fósseis, com cerca de 200 exemplares. Em anexo ao CRISEPE, foi instalado o banco de amostras deformadas de todos os horizontes e camadas dos solos de referência para atender às demandas de pesquisadores (as) com interesse em estudar os solos de Pernambuco.

Em 2012, com o falecimento do professor Mateus R. Ribeiro, gestor e um dos idealizadores do CRISEPE, o espaço passou a ser intitulado “Solos de Referência de Pernambuco - Coleção Mateus Rosas Ribeiro”, em homenagem à sua imensa contribuição para a Ciência do Solo no Brasil.

A partir de agosto de 2018, a gestão da coleção dos solos de referência de PE foi designada à Dra. Paula Araújo, engenheira agrônoma da Área de Solos da UFRPE. Com o apoio financeiro da FACEPE (2021 – 2024) e do CNPq (2023 – 2025), foi elaborado um cronograma de ações educativas e de melhorias no acervo. Em 2023, em virtude de uma demanda por coesão institucional, o nome do espaço foi alterado para “Museu de Solos de Pernambuco Professor Mateus Rosas Ribeiro” (MUSSPE), visando

contemplar o processo de musealização, ou seja, de salvaguarda, pesquisa e comunicação de seu acervo, já realizado desde a fundação do espaço.

Desde a sua criação até o presente (2003 – 2024), o MUSSPE recebe regularmente estudantes e profissionais das Ciências Agrárias e Geociências da UFRPE e de outras instituições de ensino e pesquisa do Nordeste, abordando a diversidade litológica, climática e pedológica de Pernambuco, incluindo as principais características morfológicas, potencialidades e limitações dos solos quanto ao uso.

Bases Técnicas para a seleção do acervo de solos

Os perfis de solos para a composição do acervo do Museu foram, a princípio, escolhidos a partir do mapa de solos

de Pernambuco. De acordo com a distribuição geográfica dos solos de cada região fisiográfica (Zona da Mata, Agreste e Sertão), foram observados os solos mais representativos do ambiente, assim como aqueles mais suscetíveis aos problemas de degradação, ou mesmo aqueles de maior interesse econômico. Portanto, os perfis de solos foram escolhidos e organizados, no Museu, por região fisiográfica, e dentro de cada região, a seleção foi baseada na análise de distribuição geográfica, ocorrência endêmica, importância, suscetibilidade e interesse econômico.

Na Zona da Mata, foram coletados solos de grande ocorrência como perfis de Argissolos Amarelos, com e sem fragipã, assim como Argissolos Vermelho-Amarelos e um Latossolo Amarelo. Também foram coletados um Espodossolo, um Ni-



Figura 1. Museu de Solos do Pernambuco. Fonte: Autoral.



Figura 2. Museu de Solos do Pernambuco. Fonte: Autoral.

tossolo e um Chernossolo, solos que ocorrem em manchas menores que, às vezes, nem aparecem no mapa do Estado, mas são muito importantes do ponto de vista econômico, principalmente para pequenas propriedades, além de representarem solos bem diferentes dos Argissolos e Latossolos Amarelos mais comuns. Ainda foram amostrados um Organossolo, que dificilmente é encontrado, mas é um solo diferenciado e relevante do ponto de vista ambiental; assim como solos de várzea, ambientes igualmente importantes e bastante explorados comercialmente.

No Agreste, por sua vez, foram coletados vários solos que ocorrem em microclimas, áreas de maior altitude e úmidas, de importância ambiental e/ou bastante exploradas pela agricultura. Planossolos, que ocupam grandes extensões na região, foram amostrados, assim como um exemplar

de Neossolo Litólico, que também é de ocorrência expressiva na região, principalmente em áreas de relevo mais movimentado.

No Sertão, além das classes de solos que predominam na região como Luvisolos, Planossolos, Vertissolos, Argissolos e Latossolos, foram coletados um Neossolo Quartzarênico e Neossolos Flúvicos, solos bastante utilizados na agricultura, podendo apresentar excesso de sais, problema comum nas áreas irrigadas.

Prioritariamente, os solos foram coletados de áreas preservadas e naturais, para mostrar como são originalmente, mas, muitas vezes isso não foi possível. Em algumas ocasiões, propositalmente, foram coletados solos já impactados para mostrar a degradação, como, por exemplo, solos com excesso de sais. Atualmente, o acervo é composto por 35 monolitos, sendo 12 perfis da Zona da Mata, 11 perfis do

Agreste e 12 perfis de solos do Sertão.

Uso do Acervo de Solos

O acervo de solos do MUSSPE é utilizado em atividades de ensino, pesquisa e extensão, abrangendo a comunidade acadêmica e a sociedade em geral. De acordo com os registros do Museu, entre 2014 e 2023, foram recebidos aproximadamente 5.500 visitantes, incluindo estudantes do ensino básico, técnico e superior, além de profissionais de ciências agrárias, geociências e artes. As visitas são guiadas e direcionadas para apresentar e discutir a importância, as funções e a diversidade de solos do Estado, as principais características e potencialidades dos solos, bem como aspectos voltados para a sua ges-

tão adequada. Embora as visitas ocorram majoritariamente pelo público escolar e acadêmico, o Museu tem ampliado a divulgação do espaço para a sociedade em geral, além de dispor de monolitos da reserva técnica para exposições em eventos voltados para a educação ambiental.

No âmbito da pesquisa, o MUSSPE tem um banco de amostras dos solos do acervo disponível para estudos, além das informações técnicas sobre a caracterização química e física dos solos. De 2002 a 2014, vários trabalhos científicos foram realizados e publicados utilizando as amostras e as informações técnicas do acervo, envolvendo temáticas diretamente relacionadas à química, mineralogia, física, manejo e poluição de



Figura 3. Museu de Solos do Pernambuco. Fonte: Autoral.



Figura 4. Museu de Solos do Pernambuco. Fonte: Autoral.

solos. No segmento da química do solo, as pesquisas realizadas foram direcionadas à estimativa de risco de sodificação em solos de referência de Pernambuco (Freire et al., 2003a), à determinação de formas de micronutrientes em solos (Oliveira & Nascimento, 2006), à quantificação de cargas variáveis e permanentes dos solos (Cunha et al., 2014a), e à comparação de dispersantes químicos na análise granulométrica de solos (Cunha et al., 2014b). A evolução mineralógica de perfis de solos de referência foi tema de pesquisa na área de mineralogia (Lima et al., 2007). Na física do solo, os estudos foram voltados para a elaboração de funções de pedotransferência para predição de umidade do solo (Oliveira et al., 2002) e para a avaliação de condutividade hidráulica em condições de manejo com água de irrigação (Frei-

re et al., 2003b). Na área de poluição de solos, foram publicados trabalhos envolvendo a determinação de teores naturais de metais pesados nos solos de referência de Pernambuco (Biondi et al., 2011a, 2011b). Portanto, a manutenção de um banco de amostras e de dados dos solos do Estado é fundamental para reforçar o princípio da ciência aberta, facilitando o acesso às informações de forma a contribuir com os avanços na Ciência do Solo, além de trazer retornos significativos para a sociedade.

Cenário Atual do MUSSPE: Projetos e Equipe

Após um período (2012-2020) sem apoio financeiro para a promoção de ações educativas e de manutenção do acervo, 4 propostas visando fortalecer o Museu como espaço educativo, ampliar a

divulgação do espaço e desenvolver ações de popularização da ciência do solo (2021 – 2024) foram aprovadas em editais de apoio aos museus e centros de ciência de Pernambuco, promovidos pela FACEPE.

Como resultado da execução dos projetos nos últimos 3 anos, já foi possível: 1) contribuir para a formação profissional de 24 estudantes de graduação (bolsistas do Museu) dos cursos de agronomia, ciências biológicas, engenharia agrícola e ambiental, engenharia florestal, design, artes visuais, ciência da computação e pedagogia, que desenvolveram/desenvolvem atividades no espaço; 2) criar as redes sociais do MUSSPE (@museudesolospe) que juntas contam com mais de 2.850 seguidores atualmente, ampliando a divulgação do espaço, especialmente para o público não acadêmico, e servindo como uma ferramenta tecnológica para a difusão/popularização da ciência do solo; 3) atualizar as informações técnicas do acervo de solos em exposição; 4) realizar exposições itinerantes de minerais, rochas e solos em escolas do ensino básico e praças, alcançando o público infantojuvenil; 5) realizar eventos de divulgação do Museu, despertando o interesse daqueles(as) que ainda não conhecem o espaço; 6) elaborar materiais didáticos relacionados ao solo e meio ambiente para divulgação nos canais do MUSSPE; 7) elaborar a oficina “Conhecendo o Solo de Perto”, explorando as experiências sensoriais no contato com o solo para os visitantes e o público das exposições itinerantes; 8) criar o mascote do Museu com base na sua história; 9) elaborar jogos online e de tabuleiro como ferramentas pedagógicas importantes durante as visitas ao espaço e em exposições itinerantes; 10) elaborar e apresentar trabalhos sobre as ações do Museu em eventos científicos; e

11) elaborar uma exposição de unidades estruturais de solos para complementar a discussão da exposição de monolitos.

Desde 2023, com o fomento do CNPq por meio do Programa de Apoio à Museus e Centros de Ciência e Tecnologia e a Espaços Científico-Culturais, também estão sendo desenvolvidas as etapas de revitalização e ampliação do acervo de solos e da infraestrutura do Museu, bem como a reestruturação da identidade visual e a elaboração do plano museológico e inventário do MUSSPE, com vistas a tornar o espaço acessível para todos os públicos e criar ferramentas de gestão planejada do espaço. As melhorias previstas com o desenvolvimento dos projetos são fundamentais para a continuidade e ampliação do papel do MUSSPE como um espaço educativo de referência no Nordeste.

Atualmente, a equipe do MUSSPE é composta por 31 membros, sendo 1 coordenadora, 11 bolsistas e 19 colaboradores(as) internos e externos. O grupo inclui profissionais de várias subáreas da ciência do solo como a gênese e morfologia, mineralogia, química, física, microbiologia, fertilidade e conservação do solo. Além da interdisciplinaridade, o desenvolvimento das ações está baseado na integração das áreas de ciências agrárias, museologia, design, artes visuais, pedagogia e computação, possibilitando a obtenção de produtos/resultados mais completos e condizentes com os objetivos do Museu enquanto espaço museológico e de educação em solos.

Principais Desafios do MUSSPE como Espaço de Educação em Solos

São muitos os desafios para a manutenção e valorização de um espaço educativo, como o MUSSPE. O primeiro deles está relacionado à acessibilidade do acervo

para atender públicos diversos, incluindo pessoas com deficiência (PcD) e indivíduos externos ao ambiente acadêmico. Nesse sentido, a multidisciplinaridade e a articulação pedagógica são importantes para que as soluções sejam elaboradas de forma integrada e contextualizada à realidade.

Outra dificuldade é a presença de parceiros(as) habilitados para contribuir com um modo de “fazer pesquisa e extensão” diferente. O planejamento de ações de pesquisa e extensão envolvendo o Museu de Solos precisa de profissionais sensíveis a essa forma de trabalho, onde outros produtos/entregáveis, além dos artigos científicos, são igualmente necessários e importantes para a sociedade.

A obtenção de investimentos por meio de editais específicos que atendam às demandas dos museus de solos também é um grande desafio. Ainda são escassas as oportunidades de fomento para esses espaços, o que dificulta muito a manutenção de sua infraestrutura e o desenvolvimento de atividades educativas.

Por fim, outro desafio está na valorização dos profissionais envolvidos com os museus e espaços dedicados à difusão do conhecimento sobre solos. Por muito tempo, o ambiente acadêmico e científico não valorizou e reconheceu o papel desses espaços e dos profissionais envolvidos na produção científica e na difusão da Ciência do Solo para a sociedade, resultando na grande dificuldade para publicar resultados e para contabilizar os produtos dos trabalhos em progressões funcionais e currículo para fins de aprovação de projetos e bolsas. Esse cenário vem mudando lentamente com as discussões crescentes sobre a importância da educação em solos e da produção científica com impactos sociais concretos, voltados para o bem-estar da sociedade.

Ref. Bibliográficas

Biondi CM, Nascimento CWA, Fabrício Neta AB, Ribeiro MR. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni e Co em solos de referência de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo. 2011a; 35:1057-1066.

Biondi CM, Nascimento CWA, Fabrício Neta AB. Teores naturais de bário em solos de referência do estado de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo. 2011b; 35: 1819-1826.

Cunha JC, Freire MBGS, Ruiz HA, Fernandes RBA, Alvarez VH. Comparação de dispersantes químicos na análise granulométrica de solos do Estado de Pernambuco. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental. 2014b; 18:783-789.

Cunha JC, Ruiz HA, Freire MBGS, Alvarez VH, Fernandes RBA. Quantification of permanent and variable charges in reference soils of the state of Pernambuco, Brazil. R. Bras. Ci. Solo. 2014a; 38: 1162-1169.

Freire MBGS, Ruiz HA, Ribeiro MR, Ferreira PA, Alvarez VH, Freire FJ. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental. 2003a; 7:227-232.

Freire MBGS, Ruiz HA, Ribeiro MR, Ferreira PA, Alvarez VH, Freire FJ. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental. 2003b; 7:45-52.

Lima JGC, Bittar SMB, Ribeiro MR, Brito Barreto S.B. Evolução mineralógica de dois solos de referência do Estado de Pernambuco, Brasil. R Biol. Ci. Terra. 2007; 1: 71-83.

Oliveira AB, Nascimento CWA. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo. 2006; 30: 99-110.

Oliveira LB, Ribeiro MR, Jacomine PKT, Rodrigues JJV, Marques FA. Funções de pedotransferência para predição da umidade retida a potenciais específicos em solos do estado de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo. 2002; 26:315-323.



ARTIGOS OPINATIVOS



Ciência do Solo como fundamento para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Nordeste do Brasil

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: a importância do conhecimento dos solos e do entendimento do processo de vulnerabilização

Grace Bungenstab Alves

Dpto Geografia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal da Bahia
E-mail: alves.grace@ufba.br

A conservação ambiental tem sido um tema recorrente, dada a intensificação dos problemas ambientais que temos observado nas últimas décadas. Tal cenário decorre da busca por desenvolvimento a qualquer preço. Nesse contexto, surge a necessidade de pensar em um desenvolvimento que seja mais sustentável e considere

uma abordagem ecossistêmica em que os solos sejam vistos como elemento essencial, tanto para avaliar as mudanças ambientais, quanto para propor estratégias de mitigação e enfrentamento diante de tais mudanças.

Observamos que as discussões ambientais passaram a fazer parte de uma preocupação internacional a partir do final da década de 1940, quando a

natureza paulatinamente deixa de ser vista apenas como um recurso e começa a ser considerada a partir de uma visão sistêmica, surgindo, por exemplo, o conceito de ecologia (Silva et al., 2021). Com o passar do tempo, as discussões se intensificaram, sobretudo na década de 1970, com a conferência de Estocolmo que discutiu a necessidade de conservação da natureza e desenvolvimento humano. Após esta iniciativa, outras discussões e convenções aconteceram, culminando com a criação dos Oito Objetivos do Milênio em 2000 e mais tarde, em 2015, a Agenda 2030 que propõe os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Concentraremos aqui nestes ODS e sua relação com os solos, a partir da apresentação de estratégias de desenvolvimento realizadas no Nordeste brasileiro.

De maneira geral, os ODS foram propostos visando uma parceria global e urgente, no intuito de acabar com a pobreza e outras privações, além de estratégias de melhoria da saúde e educação, reduzindo a desigualdade e estimulando o crescimento econômico ao mesmo tempo que buscam atenuar o impacto das alterações climáticas e preservar os oceanos e as formações vegetais (UN, 2023). Num primeiro momento, parece estranho que tais objetivos possam ter relação com os solos, mas buscaremos mostrar justamente quais contribuições o entendimento do solo e sua conservação podem contribuir com os ODS.

Inicialmente, pensamos em tratar a relação dos ODS na gênese e morfologia dos solos, no entanto, no atual contexto em que vivemos e dado os avanços científicos alcançados, entendemos que o solo não é um objeto aleatório na paisagem; faz parte desta, estando inte-

grado com os demais elementos da paisagem. Esses elementos constituem os fatores de formação dos solos, que são material de origem, clima, organismos e topografia, que evoluem em conjunto ao longo tempo, sendo o solo, portanto, a síntese da paisagem. Assim, o entendimento da morfologia e da gênese dos solos são ferramentas que permitem iniciar uma investigação do solo, que ao ser entendido como integrante da paisagem, permite uma abordagem sistêmica e contextualizada com as preocupações ambientais e o desenvolvimento científico (Castro et al., 2024).

O solo funciona como a transição do meio abiótico e biótico, sendo essencial para a biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos, nos levando a pensar para além de sua função no uso agrícola, capaz de produzir alimentos e fibras. Possui ainda um importante papel como filtro e reserva de água, sobretudo quando falamos de ambientes que apresentam estação seca bem-marcada, como é o caso do semiárido brasileiro. A partir destes contextos, entendemos que o conhecimento dos solos é essencial para atingirmos os ODS.

O estudo dos solos e a proposição de estratégias de uso e conservação passam, invariavelmente, pela gênese e morfologia desses materiais. Pensar que esses aspectos possuem como única finalidade a classificação dos solos nos parece muito simplista, dado o potencial que essas informações podem fornecer, embora tais investigações ainda assim passem pela classificação dos solos. O conhecimento dos solos resgatado através de sua gênese e morfologia pode, por exemplo, trazer informações sobre a evolução de uma paisagem, informação importantíssima para pensarmos como

essas paisagens reagiram aos contextos de mudanças climáticas pretéritas e como reagirão aos cenários futuros. Sabemos que nosso ambiente tropical apresenta solos policíclicos, ou seja, desenvolvidos sob diferentes condições climáticas ao longo do tempo. Resgatar essas informações é algo precioso para podermos projetar como as alterações climáticas em curso podem impactar

esse importante recurso que é essencial não só para a vida humana, mas para toda a biodiversidade existente, ainda que não diretamente.

Pensar o desenvolvimento do Nordeste, sobretudo da região semiárida, deve envolver o entendimento de seus solos e estratégias de desenvolvimento sustentável. Observamos que as estratégias de desenvolvimento do semiárido

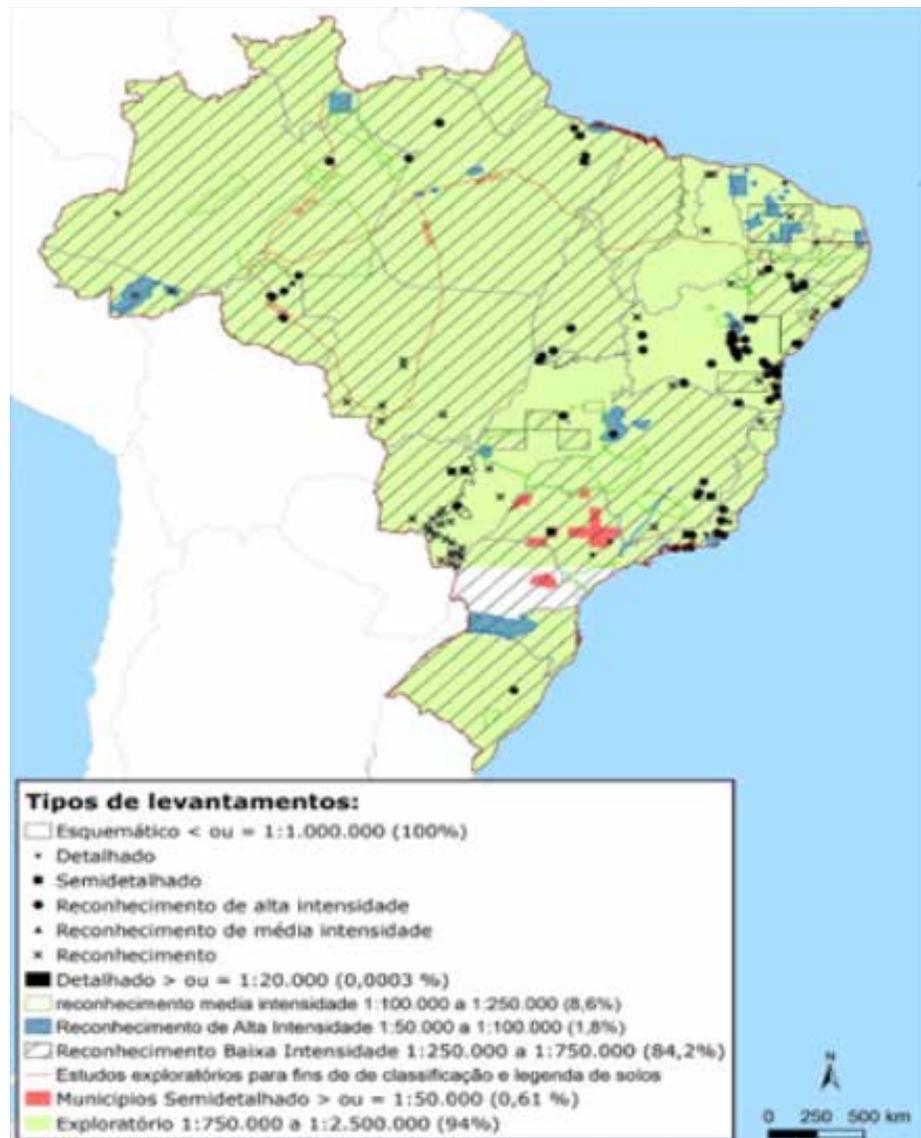


Figura 1. Tipos e escalas cartográficas de levantamentos de solos existentes no Brasil.

Fonte: Polidoro et al., 2021.

se iniciaram com a busca por seu entendimento através de expedições científicas, como foi o caso da expedição frustrada do barão de Capanema, ainda no tempo do Império (Moreira, 2021), ou ainda de outras expedições encampadas por naturalistas estrangeiros como Martius e Spix (Pádua, 2018). Nesse contexto, os solos não eram um objeto a ser conhecido, nem mesmo a Pedologia tinha surgido enquanto ramo do conhecimento, mas o conhecimento do ambiente em si já era visto como uma ferramenta que poderia propiciar desenvolvimento. Foi esta busca por desenvolvimento e integração nacional que guiou o governo brasileiro a conhecer seu território através da criação do Projeto Radar da Amazônia (RADAMBRA-SIL), na década de 1960, que visava o mapeamento sistemático do território, iniciando os mapeamentos na Amazônia, posteriormente estendendo-os para o Nordeste (Meis, 1977). Estratégias de mapeamento sistemático de recursos naturais são essenciais para o desenvolvimento do país, é neste contexto que se insere o atual Programa Nacional de Solos no Brasil (PronaSolos) que visa suprir a deficiência de mapeamento de solos em escalas de maior detalhe (Polidoro et al., 2021).

Além de um mapeamento sistemático, foi necessário ainda o desenvolvimento de uma classificação de solos, para que estes pudessem enfim ser mapeados. Nossa classificação de solos se inicia em 1947 (Anjos et al., 2012), a partir da criação da Comissão de Solos, do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônomicas do Ministério da Agricultura (CNEPA-MA), precursora do atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPq), vinculado à EMBRAPA, esta

também resultante de estratégias de desenvolvimento, neste caso agrícola, que foi criada na década de 1970. Segundo os autores, a proposição de uma classificação brasileira se mostrou necessária devido à incapacidade que as propostas estrangeiras tinham de atender as peculiaridades dos solos brasileiros, ainda que a nossa tenha como inspiração inicial outras classificações. Assim, no final da década de 1970, associado ao grande projeto de integração nacional, foi criado o projeto “Desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos”, tendo como estratégia a Reunião de Classificação e Correlação dos Solos, a RCC (Anjos et al., 2012), que ainda hoje é utilizada para aprimorar o conhecimento dos solos de diferentes regiões do Brasil, com a reunião de profissionais em Pedologia de todo o Brasil para discutir os solos de diferentes áreas de nosso território.

O avanço do mapeamento e classificação dos solos tem se mostrado como ferramenta essencial para o planejamento e busca por um desenvolvimento verdadeiramente sustentável. Ao longo dos últimos 70 anos, podemos observar uma série de estratégias realizadas no semiárido brasileiro que desconsideraram o entendimento dos solos, até mesmo pela ausência de mapeamentos dessas áreas. Tais estratégias, além de desconsiderarem os solos, acirraram as contradições sociais, e hoje jamais poderiam ser incluídas com o objetivo de um desenvolvimento sustentável. Destacamos o uso da irrigação como combate à seca, condição esta intrínseca do semiárido, que não pode ser combatida, é necessário que se estabeleça condições de convívio como feito pelas populações tradicionais ao longo de sua

existência antes da colonização, quando a delimitação de propriedades passou a ser um fator limitante para sobrevivência da população original.

A irrigação foi amplamente disseminada no interior do Nordeste, sobretudo por estar atrelada com vistosas fontes de financiamento, que nem sempre chegam ao objetivo a que foram destinadas. Sabemos que, no Brasil, a irrigação é o setor que mais demanda água, consumindo 69% (ANA, 2005). Em trabalhos de campo para o interior do Nordeste ao longo dos últimos anos, pudemos observar diversos exemplos de problemas socioambientais associados a ela.

Notamos que muitas vezes esse financiamento público chega aos detentores de capital e não aos pequenos proprietários, como é o caso das áreas destinadas à produção de frutíferas para exportação e de uvas para vinícolas na região de Juazeiro/Petrolina. A água necessária para irrigar 1.000 hectares com videiras seria suficiente para abastecer uma cidade de 300.000 habitantes, considerando que o consumo médio de um hectare pode chegar a 6 mm de água por dia nos períodos de maior demanda (Conceição et al., 2011). Ao mesmo tempo, em Dormentes (PE), 150 km de Petrolina, verificamos a luta de pequenos proprietários que manejam uma média de 500 mm de precipitação anual e que colecionam tentativas frustradas de abrigar um poço capaz de satisfazer pelo menos a dessedentação das pessoas e criações. Quando os pequenos proprietários têm acesso à irrigação, essa não chega com a preparação técnica adequada e conhecimento pedológico, levando à salinização dos solos e/ou desperdício de água, como observado no projeto de irrigação implantado

pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) em Canudos, Bahia. Sobre este assunto, ainda há que se considerar que a maior parte dos alimentos que consumimos são produzidos por pequenos proprietários, ressaltando a necessidade de investimento em conhecimento técnico direcionado a esse setor para que possamos atingir o objetivo de segurança alimentar.

Enquanto se insiste em estratégias de combate à seca com irrigação, muitas vezes retirando água de aquíferos e prejudicando os afluentes do São Francisco e a população do entorno desses canais, como é o caso do oeste da Bahia; ou ainda a transposição do rio São Francisco, em que as usinas hidrelétricas seguem ano a ano operando abaixo de sua capacidade, simultaneamente observamos um contexto de acirramento da aridez devido ao aumento das temperaturas (Tomasella et al., 2023). Estas condições de aridez devem se intensificar segundo as projeções, levando à intensificação dos conflitos por água (Brasil, 2015). Tais estratégias de desenvolvimento voltadas para poucos acabam por vulnerabilizar ainda mais uma parcela da população, além de, invariavelmente, terem grandes impactos no ambiente.

Poderíamos ainda citar o exemplo das grandes propriedades nas chapadas do oeste baiano que, além de retirarem água do aquífero, demandam grandes quantidades de energia elétrica, que por sua vez têm levado à criação de Pequenas Centrais Hidrelétricas que impactam diretamente a vida de populações tradicionais. Tais proprietários têm ainda declarado suas Reservas Legais em áreas públicas e de populações tradicionais, em processo denominado grilagem verde (Santos e Souza, 2023).

Nesse processo, pequenos proprietários veem sua subsistência impactada ao serem impossibilitados de participar de projetos como o de fornecimento de alimentos da agricultura familiar para merenda escolar, até que a situação seja esclarecida.

Diante do exposto, nos parece urgente avançarmos no conhecimento dos solos e no cumprimento dos ODS de maneira conjunta, considerando que esses devem guiar as políticas públi-

cas de modo a reduzir as desigualdades para que possamos enfrentar as mudanças já em curso e que invariavelmente atingem mais a população vulnerável, buscando evitar que as formas de usar a terra, os modelos econômicos e as escolhas políticas aumentem as desigualdades e intensifiquem as relações de poder (Ferdinand, 2022). Assim, poderemos começar a pensar em formas de atenuar o impacto das alterações climáticas e aumento da vulnerabilização.

Ref. Bibliográficas

ANA, Agência Nacional das Águas. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília, DF: 2005.

ANJOS, L. H. C.; JACOMINE, P. K. T.; SANTOS, H. G.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B. VIII - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Pedologia: Fundamentos. Viçosa, MG: SBCS, p. 303-43, 2012.

BRASIL. Brasil 2040: Resumo Executivo. 2015

CASTRO, S. S.; ALVES, G. B.; OLIVEIRA, F. S. Solo e Paisagem: estudos das interrelações. Geografia: teorias métodos e aplicações na perspectiva ambiental. São Paulo: Consequência, p. 65-128, 2024.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; SILVA, D. J.; PINTO, J. M. Irrigação e fertirrigação na cultura da uva. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília: EMBRAPA, p. 523-51, 2011.

FERDINAND, M. Uma ecologia decolonial: pensar a partir do mundo caribenho. Ubu Editora; 2022

MEIS, M. M. O projecto RadamBrasil. Finisterra. 1977.

MOREIRA, D. Catorze camelos para o Ceará: A história da primeira expedição científica brasileira. Todavia, 2021

PÁDUA, J. A. Martius e a construção do território brasileiro. Martius-Staden-Jahrbuch, v. 62, p. 56-68, 2018.

POLIDORO, J. C.; COELHO, M. R.; CARVALHO FILHO, A.; LUMBRERAS, J. F.; DE OLIVEIRA, A. P.; VASQUES, G. M.; MACARIO, C. N.; VICTORIA, D. C.; BHERING, S.; DE FREITAS, P. L. Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos): diretrizes para implementação, 2021.

SANTOS, S. R.; SOUZA, L. B. Injustiça e conflitos ambientais: a situação vivida pelas comunidades gerzeiras de Formosa do Rio Preto-BA, Brasil. Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária – NERA, v. 26, 2023.

SILVA, J. P.; ALVES, G. B.; ROSS, J. L. S.; OLIVEIRA, F. S.; NASCIMENTO, M. A. L.; FELINI, M. G.; MANOSSO, F. C.; PEREIRA, D. Í. The Geodiversity of Brazil: Quantification, Distribution, and Implications for Conservation Areas. Geoh Heritage, v. 13, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00598-0>

TOMASELLA, J.; CUNHA, A. P. A.; MARENGO, J. A. Nota Técnica: Elaboração dos Mapas de índice de Aridez e Precipitação Total Acumulada para o Brasil. 2023.

UN, United Nations. Sustainable Development - The 17 Goals. United Nations Department of Economic and Social Affairs. 2023. Available from: <https://sdgs.un.org/goals>.

A Biologia do Solo e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Atualidades e Perspectivas em Ambientes Sob Desertificação

Arthur Prudêncio de Araujo Pereira¹

Danilo Ferreira da Silva²

Diogo Paes da Costa³

Ademir Sergio Ferreira de Araujo⁴

Erika Valente de Medeiros³

Vania Maria Maciel Melo¹

Lucas William Mendes⁵

¹Universidade Federal do Ceará;

E-mails: arthur.prudencio@ufc.br;

vmmelo@gmail.com

²Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

– Universidade de São Paulo;

E-mail: danilo_ferreira@usp.br

³Universidade Federal do Agreste de Pernambuco;

E-mail: diogopaes1@gmail.com;

erika.valente@ufape.edu.br

⁴Universidade Federal do Piauí;

E-mail: asfaruaji@yahoo.com.br

⁵Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

E-mail: lucaswmendes@gmail.com

Introdução Geral

A Conferência das Nações Unidas realizada no Rio de Janeiro (Rio+20) foi um palco de discussão sobre o desenvolvimento sustentável como forma de atender a geração atual e não comprometer as gerações futuras. Durante esta conferência ocorreu o surgimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) consistindo em um plano de ação com 17 objetivos globais e meta de cumprimento até o ano de 2030. Basicamente, os ODS buscam acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e assegurar que todas as pessoas tenham paz e prosperidade (Wang et al., 2022).

Dentro das ideias propostas nos ODS, a diversidade biológica tem papel fundamental com a participação direta dos micro-organismos do solo. Portanto, a preservação das comunidades micro-

bianas do solo é condição indispensável para o atingimento dos ODS. Por outro lado, tem que se buscar a recuperação de áreas degradadas, notadamente aquelas em desertificação no semiárido brasileiro, através de estratégias que envolvam o uso sustentável da microbiota do solo.

Nesse sentido, este capítulo tem como objetivo demonstrar o estado da arte sobre a importância da biologia do solo como indicadora de processos de degradação e, ao mesmo tempo, como atores essenciais nas estratégias de recuperação do solo. Estes temas estão relacionados particularmente a ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável, a ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima, a ODS 15 – Vida terrestre e, sobretudo, a ODS 17 - Parcerias para as Metas, por meio da colaboração entre governos, setor privado e sociedade civil para enfrentar desafios como a desertificação e promover práticas sustentáveis do solo (Figura 1).

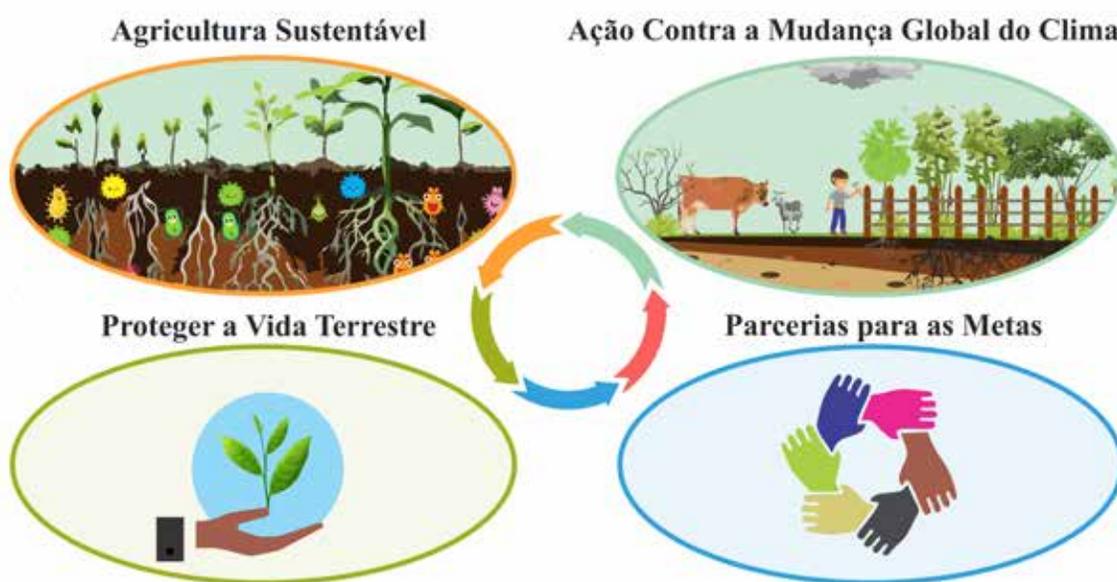


Figura 1. Fonte: Autoral

Biologia do Solo e a Preservação da Desertificação

A parte biológica do solo é um componente estratégico dos ecossistemas terrestres e desempenha um papel importante na manutenção da saúde do solo e na prevenção da desertificação (Lima et al., 2024). Os micro-organismos do solo, incluindo bactérias, fungos, arqueias e outros, além dos protozoários, artrópodes, nematoides etc., contribuem para uma série de processos ecológicos, incluindo decomposição de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, redundância funcional, supressão de doenças, formação e estruturação do solo (Li et al., 2024; Paes da Costa et al., 2024; Silva et al., 2024a, 2022; Zhang et al., 2023). A saúde do solo e a resiliência dos ecossistemas podem ser avaliadas pela presunção da diversidade biológica, que é crucial para determinar a sua capacidade de resistir e se recuperar de perturbações que convergem no processo de desertificação (Haj-amor et al., 2022; Yang et al., 2024). Além disso, a biodiversidade promove a fertilização do solo, aumenta a disponibilidade e a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas, transfere carbono através dos níveis tróficos que estabilizam o microbioma edáfico, que por sua vez é fundamental para a saúde e produtividade do solo (Delgado-baquerizo et al., 2016; Yao et al., 2024). Neste sentido, os micro-organismos do solo desempenham um papel crucial na mitigação das alterações climáticas através do sequestro de carbono, estabelecendo o maior reservatório terrestre deste elemento na biosfera, um processo amplamente alinhado com os ODS 13 e 15 (Button et al., 2022; Georgiou et al., 2022; Wang et al., 2022). O papel das comunidades microbianas na formação estável de agregados do solo também constitui um dos

principais fenômenos antagônicos ao processo de desertificação, pois é uma função fundamental para a retenção de água e nutrientes, percolação e resistência à erosão (Baumert et al., 2018; Wang et al., 2023a; Wu et al., 2024). Os principais intervenientes nestes processos são os fungos, que desempenham um papel crucial na promoção da agregação através da sua extensa rede de hifas e na produção de glicoproteínas como a glomalina (Baumert et al., 2018; Silva et al., 2022). Em última análise, a saúde do solo e a resiliência dos ecossistemas dependem fortemente da sua fração biológica, e manter a diversidade e a atividade microbiana do solo é imperativo para a mitigação das alterações climáticas e para o enfrentamento da desertificação.

Os múltiplos serviços prestados pela biologia do solo são cruciais para a viabilidade a longo prazo dos ecossistemas terrestres. Entre estes serviços, a conservação da água é um dos mais significativos, sendo especialmente importante em regiões susceptíveis à desertificação (Araujo et al., 2024). A capacidade do solo de reter água deriva principalmente da sua estrutura, que é construída pelas ações dos micro-organismos, principalmente através da formação de aglomerados de solo, que aumentam a porosidade e, conseqüentemente, a sua capacidade de retenção de água (Wang et al., 2023b). Outros micro-organismos do solo, como os fungos micorrízicos, podem aumentar a disponibilidade de água às plantas, elevando a eficiência hídrica do sistema, prevenindo contra os processos precursores da desertificação (Silva et al., 2023, 2022). Além disso, solos com elevada abundância de micorrizas podem aumentar significativamente seu estoque de carbono orgânico, principalmente devido a deposição de glomalina por esses fungos. A glomalina, além de reforçar a

estabilidade dos agregados do solo, desempenha um papel vital nos serviços ecossistêmicos devido à sua notável versatilidade (Zhang et al., 2023). Uma das suas características mais singulares é a capacidade de sequestrar metais pesados em solos poluídos. Esta propriedade reduz significativamente o risco de toxicidade desses elementos para as plantas e animais que habitam e interagem com o solo (Garcia et al., 2020).

Conexão entre as ODS, Biologia do solo e Prevenção da Desertificação

O solo abriga uma enorme diversidade de organismos, desde micro-organismos como bactérias e fungos até minhocas, insetos e pequenos mamíferos (Guerra et al., 2020). A biodiversidade tem sido reconhecida como o principal fator que afeta o funcionamento do ecossistema e, no solo, ela está associada ao ciclo de nutrientes, processos biogeoquímicos, estabilidade do ecossistema e produtividade (Araujo et al., 2023; Silva et al., 2024a; 2024b). A interligação entre os ODS, a biologia do solo e a prevenção da desertificação representa um elo vital na busca por um futuro mais equilibrado e resiliente para nosso planeta. No entanto, a degradação do solo e a desertificação representam ameaças significativas à sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (Pal et al., 2023). A desertificação, em particular, é um processo complexo que resulta da interação de fatores como o uso inadequado da terra, o desmatamento, as práticas agrícolas não sustentáveis e as mudanças climáticas. Consequentemente, a desertificação compromete a produtividade agrícola, reduz a biodiversidade e aumenta a vulnerabilidade das

comunidades que dependem dos recursos naturais para subsistência (Araujo et al., 2024; Oliveira Filho et al., 2019).

Para abordar esses desafios de forma eficaz, é crucial reconhecer as conexões entre os ODS, a biologia do solo e a prevenção da desertificação (Figura 2). Por exemplo, a promoção da segurança alimentar (ODS 2) e o fim da pobreza (ODS 1) podem ser alcançados por meio de práticas agrícolas sustentáveis que promovam a saúde do solo e a conservação dos recursos naturais. Da mesma forma, a proteção da vida terrestre (ODS 15) está intrinsecamente ligada à preservação dos solos saudáveis e à prevenção da desertificação. Além disso, o solo é um dos maiores reservatórios de carbono do planeta, e a atuação dos micro-organismos está diretamente ligada à emissão de gases do efeito estufa (ODS 13). Para alcançar esses objetivos, é fundamental adotar abordagens integradas que promovam a gestão sustentável da terra e dos recursos naturais. Isso pode incluir a implementação de práticas de agricultura de conservação, o reflorestamento, a gestão sustentável dos recursos hídricos e a educação ambiental.

Embora existam diversas estratégias focadas em abordagens de manejo acima do solo, o microbioma do solo, i.e., os micro-organismos e suas interações, muitas vezes é negligenciado nos programas de restauração e preservação, apesar de seu papel vital no apoio à saúde do solo e ao funcionamento do ecossistema (Fierer; Wood; Bueno de Mesquita, 2021). Nos últimos anos, esforços significativos foram feitos para implementar diferentes estratégias de restauração em áreas afetadas pela desertificação na região semiárida brasileira, bioma Caatinga, visando mitigar processos de degradação



Figura 2. Fonte: Autoral

e promover a recuperação do solo. Essas estratégias envolvem principalmente práticas de conservação e exclusão do pastoreio, as quais têm sido fundamentais para aumentar a diversidade biológica e a riqueza em escalas macro e micro (Pereira et al., 2021; Silva et al., 2022). Estudos também têm demonstrado que a construção de terraços e o uso de plantas de cobertura tiveram efeitos positivos na diversidade e abundância de micro-organismos no solo, resultando em maior estabilidade das funções biológicas (Araujo et al., 2024). Essas práticas têm demonstrado resultados promissores na melhoria das propriedades microbianas do solo e contribuído para a restauração de terras

desertificadas. Além disso, o microbioma do solo desempenha um papel crucial na interconexão entre a saúde humana, animal e ambiental (conceito de saúde única, do inglês One Health), atuando como fonte e reservatório tanto de micro-organismos benéficos quanto patogênicos, além de contribuir para a diversidade geral em uma ampla gama de organismos e ecossistemas (Banerjee; Van Der Heijden, 2023). Portanto, é crucial considerar o microbioma do solo ao desenvolver estratégias para a restauração de terras.

Políticas Públicas e Estratégias para Alcançar o ODS 15

A conservação do solo é essencial

para promover seu correto funcionamento, garantir a segurança alimentar e promover a sustentabilidade natural e de sistemas agrícolas. Para alcançar o ODS 15 - Vida Terrestre, é fundamental implementar políticas públicas e estratégias eficazes que promovam a conservação e saúde do solo. Isso inclui a promoção de práticas agrícolas sustentáveis, a restauração/monitoramento de ecossistemas degradados, o fortalecimento da governança ambiental e a promoção da educação ambiental e conscientização pública. Ao trabalhar em conjunto, governos, sociedade civil e setor privado podem desempenhar um papel importante na proteção, conservação e promoção de solos saudáveis para as gerações presentes e futuras. Dentre as políticas e estratégias, podemos destacar:

Utilização de práticas agrícolas sustentáveis

Uma das principais estratégias para promover a conservação e a saúde do solo é a adoção de práticas agrícolas sustentáveis. Isso inclui o uso de técnicas de cultivo que promovam a saúde do solo, como a rotação de culturas, o plantio direto, o uso de cobertura vegetal e a utilização de terraços e cordões de pedra. As políticas públicas podem incentivar a adoção dessas práticas por meio de incentivos financeiros, capacitação técnica e assistência técnica aos agricultores. Um estudo recente de Araujo et al. (2024) analisou os efeitos das práticas de conservação sobre os aspectos biológicos do solo e concluiu que a exclusão de pastoreio, o uso de culturas de cobertura e a construção de terraços estão entre as estratégias empregadas para restaurar áreas degradadas brasileiras. Estas práticas têm mostrado resultados promissores na melhoria das propriedades microbia-

nas do solo (diversidade e funções).

Monitoramento e restauração de ecossistemas degradados/desertificados:

A recuperação de áreas degradadas é fundamental para promover a biodiversidade e restaurar a saúde do solo (Lima et al., 2024). No entanto, todo programa de recuperação só é eficiente quando está aliado a programas sólidos de monitoramento. As políticas públicas podem apoiar iniciativas de restauração, como o reflorestamento, a recuperação de áreas degradadas e a reconversão de áreas agrícolas improdutivas em sistemas agroflorestais. Tecnologias baseadas em sensoriamento remoto podem ser importantes aliadas do setor público para monitorar e traçar estratégias para mitigar esses efeitos. Além disso, é importante envolver as comunidades locais no planejamento e implementação de projetos de restauração, garantindo sua sustentabilidade e respeitando seus conhecimentos tradicionais. A utilização de plantas que favoreçam a cobertura do solo, assim como ferramentas que auxiliem na avaliação da vida no solo, podem ser fundamentais para combater esses efeitos. Até o momento, não temos ferramentas práticas para serem utilizadas na mensuração da saúde do solo no semiárido brasileiro que sofre com a desertificação. É extremamente urgente o fomento e a criação de programas governamentais de monitoramento e proteção desses sistemas frágeis e os aspectos biológicos são importantes aliados, visto sua rápida resposta a perturbações antrópicas.

Fortalecimento da Governança Ambiental

Um ambiente regulatório sólido e eficaz é essencial para promover a conservação do solo. As políticas públicas

devem incluir medidas para fortalecer a governança ambiental, como a implementação e fiscalização de leis e regulamentações ambientais, a criação de unidades de conservação e áreas protegidas e o desenvolvimento de planos de uso da terra sustentável. Além disso, é importante promover a participação pública e o envolvimento das partes interessadas na tomada de decisões relacionadas à conservação do solo. Projetos envolvendo as secretarias municipais e estaduais de meio ambiente são necessários, as quais podem auxiliar na elaboração de políticas baseadas em agricultura de baixo carbono, inventário de emissão de gases do efeito estufa e tecnologias microbianas (biofábricas) que forneçam acesso fácil e gratuito a bioinsumos capazes de mitigar esses efeitos, principalmente aqueles causados pelo estresse hídrico.

Educação Ambiental e Conscientização Pública

A educação ambiental e a conscientização pública desempenham um papel crucial na promoção da conservação do solo e de sua saúde. As políticas públicas podem incluir iniciativas de educação ambiental nas escolas, campanhas de conscientização pública e programas de capacitação para agricultores e comunidades locais. É importante promover uma compreensão holística dos serviços ecossistêmicos prestados pelo solo e destacar a importância da conservação do solo para a saúde humana e a sustentabilidade ambiental. Dias de campo sobre saúde do solo, o correto uso de inoculantes, políticas de crédito de carbono podem fazer parte de um portfólio de conscientização pública de educação ambiental que potencialize a saúde do solo e previna os efeitos da desertificação.

Ref. Bibliográficas

ARAÚJO, A. S. F. et al. Environmental DNA Sequencing to Monitor Restoration Practices on Soil Bacterial and Archaeal Communities in Soils Under Desertification in the Brazilian Semiarid. *Microbial Ecology*, v. 85, n. 3, p. 1072–1076, 2023.

ARAÚJO, A. S. F. et al. From desertification to restoration in the Brazilian semiarid region: Unveiling the potential of land restoration on soil microbial properties. *Journal of Environmental Management*, v. 351, 2024.

BANERJEE, S.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Soil microbiomes and one health. *Nature Reviews Microbiology*, v. 15, n. 1, p. 45-56, 2023.

BAUMERT, V. L. et al. Root exudates induce soil macroaggregation facilitated by fungi in subsoil. *Frontiers in Environmental Science*, v. 6, n. 11, p. 1-10, 2018.

BUTTON, E. S. et al. Deep-C storage: Biological, chemical and physical strategies to enhance carbon stocks in agricultural subsoils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 167, p. 108460, 2022.

DELGADO-BAQUERIZO, M. et al. Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. *Nature Communications*, v. 7, 2016.

FIERER, N.; WOOD, S. A.; BUENO DE MESQUITA, C. P. How microbes can, and cannot, be used to assess soil health. *Soil Biology and Biochemistry*, 2021.

GARCIA, K. G. V. et al. Attenuation of Manganese-Induced Toxicity in *Leucaena leucocephala* Colonized by Arbuscular Mycorrhizae. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 231, n. 1, 2020.

GEORGIU, K. et al. Global stocks and capacity of mineral-associated soil organic carbon. *Nature Communications*, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2022.

GUERRA, C. A. et al. Blind spots in global soil biodiversity and ecosystem function research. *Nature Communications*, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2020.

HAIJ-AMOR, Z. et al. Soil salinity and its associated effects on soil microorganisms, greenhouse gas emissions, crop yield, biodiversity and desertification: A review. *Science of the Total Environment*, v. 855, 2022.

LI, G. et al. Nematodes: an overlooked tiny engineer of plant health. *Trends in Plant Science*, v. 29, n. 1, p. 1-10, 2024.

LIMA, A. Y. V. et al. Grazing exclusion restores soil health in Brazilian drylands under desertification process. *Applied Soil Ecology*, v. 193, p. 1-10, 2024.

OLIVEIRA FILHO, J. de S. et al. Assessing the effects of 17 years of grazing exclusion in degraded semi-arid soils: Evaluation of soil fertility, nutrients pools and stoichiometry. *Journal of Arid Environments*, v. 166, p. 1-10, 2019.

PAES DA COSTA, D. et al. Soil fertility impact on recruitment and diversity of the soil microbiome in sub-humid tropical pastures in Northeastern Brazil. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 3919, 2024.

PAL, S. C. et al. Anthropogenic drivers induced desertification under changing climate: Issues, policy interventions, and the way forward. *Progress in Disaster Science*, v. 20, p. 1-15, 2023.

PEREIRA, A. et al. Grazing exclusion regulates bacterial community in highly degraded semiarid soils from the Brazilian Caatinga biome. *Land Degradation & Development*, v. 1, p. 1-16, 2021.

SILVA, A. M. M. et al. Can arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria facilitate 33P uptake in maize plants under water stress? *Microbiological Research*, v. 271, p. 1-10, 2023.

SILVA, D. F. et al. Enzymatic stoichiometry in degraded soils after two decades of restoration in a Brazilian semiarid region. *Catena*, v. 236, p. 1-10, 2024a.

SILVA, D. F. et al. Functional genes related to N and P cycling in degraded and restored areas from Brazilian drylands. *Applied Soil Ecology*, v. 196, p. 1-10, 2024b.

SILVA, D. F. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi community in soils under desertification and restoration in the Brazilian semiarid. *Microbiological Research*, v. 264, p. 1-10, 2022.

WANG, J. et al. Soil organic carbon transfer in aggregates subjected to afforestation in karst region as indicated by ¹³C natural abundance. *Forest Ecology and Management*, v. 531, p. 1-10, 2023a.

WANG, J. et al. Remote sensing of soil degradation: Progress and perspective. *International Soil and Water Conservation Research*, v. 1, p. 1-10, 2023b.

WANG, M. et al. Accounting for interactions between Sustainable Development Goals is essential for water pollution control in China. *Nature Communications*, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2022.

WU, H. et al. Unveiling the crucial role of soil microorganisms in carbon cycling: A review. *Science of the Total Environment*, v. 800, p. 1-10, 2024.

YANG, X. et al. Diversifying crop rotation increases food production, reduces net greenhouse gas emissions and improves soil health. *Nature Communications*, v. 15, n. 1, p. 198, 2024.

YAO, Z. et al. High trophic level organisms and the complexity of soil micro-food webs at aggregate scale regulate carbon accumulation in cropland soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 360, p. 1-10, 2024.

ZHANG, M. et al. Decades of reforestation significantly change microbial necromass, glomalin, and their contributions to soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 346, p. 1-10, 2023.

Conexões Entre a Física Do Solo e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Jaedson Cláudio Anunciato Mota¹
Thiago Leite de Alencar²
Alexsandro dos Santos Brito³

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE;
E-mail: jaedson.mota@ufc.br

² Instituto Federal do Piauí, Pio IX-PI
E-mail: thiago.alencar@ifpi.edu.br

³ Instituto Federal Baiano, Guanambi-BA
E-mail: alexsandro.brito@ifbaiano.edu.br

Os vários problemas ambientais, em parte decorrentes das atividades antropogênicas na terra, como agricultura, pecuária, indústria, mineração, entre outras, têm despertado a atenção para a necessidade de ajustes no modo como interagimos com os recursos da natureza. A partir dos anos 1960, os

temas ambiente e sustentabilidade passaram a ser pauta das discussões da humanidade e, desde então, objeto de debate nos grandes fóruns da Organização das Nações Unidas (ONU), como nas conferências de Estocolmo (1972) e do Rio de Janeiro (1992). Em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, por meio do Relatório Brundtland

(Nosso futuro comum), apresentou a definição universal sobre Desenvolvimento Sustentável como sendo “o desenvolvimento que procura satisfazer as demandas da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades” (CMMAD, 1988).

Em 2015, a ONU propôs aos seus países membros uma agenda de desenvolvimento sustentável para o período de 15 anos, a chamada Agenda 2030. Nela foram considerados dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (NAÇÕES UNIDAS – BRASIL, 2023a), os quais estão apresentados na Figura 1. Nesse cenário, qual a importância do solo no contexto dos ODS? Como podemos nos valer dele para fazer cumprir os ODS? É facilmente perceptível que o solo não é explicitamente mencionado, mas há relações diretas e indiretas com vários ODS (Figura 1). Em que pese o solo ser um sistema muito complexo e dinâmico, avanços no conhecimento têm permitido, em alguma medida, a compreensão dos papéis interativos desempenhados por ele no ambiente – compreensão que direciona para ações de manejo que possibilitam otimizar os serviços ecossistêmicos que o solo pode oferecer (Figura 2) e, assim, manter a continuidade, regeneração e evolução da vida terrestre (Jury et al., 2010).

Para se ter a dimensão de quão importantes são os solos na perspectiva dos ODS, particularmente o ODS 2 (Fome zero e agricultura sustentável) e o ODS 15 (Vida terrestre), é preciso destacar que cerca de 95% dos alimentos que consumimos são direta ou indiretamente produzidos neles (NAÇÕES UNIDAS – BRASIL, 2023b) – é um serviço imprescindível dos solos no ambiente ser fator de produção de alimentos para suprir a demanda da

população, além de, claro, ser o meio garantidor da biodiversidade. Assim, o solo é relevante por abrigar grande parte da fauna e da flora e, também, por estabelecer elo entre componentes de ecossistemas (Lal; Shukla, 2004), configurando a infraestrutura ecológica constituída por argila, areia, silte, matéria orgânica, rede porosa (por onde circulam soluções e gases) e micro e macrorganismos, que permitem o estabelecimento das florestas e o cultivo de espécies vegetais úteis para a nutrição humana e animal.

E como a Física do Solo pode ser conectada aos ODS? Como ela pode contribuir para a erradicação da fome, promoção da agricultura sustentável (ODS 2) e manutenção da boa qualidade do solo, aspecto essencial para a conservação da biodiversidade e preservação dos ecossistemas terrestres (ODS 15)? Antes de discorrer sobre as indagações, é necessário realçar que a Física do Solo é um ramo da ciência do solo, fundamentada em princípios da física, físico-química, hidrologia, engenharia e micrometeorologia, e tem como objetivo estudar atributos e processos físicos e físico-químicos associados às fases sólida, líquida e gasosa do solo, bem como suas relações com plantas e a atmosfera, com vistas ao aumento da produtividade agrícola (Lal; Shukla, 2004).

Na perspectiva dos ODS, a Física do Solo não pode estar associada apenas à descrição isolada de atributos como textura, densidade, porosidade, entre tantos outros. A visão dos físicos do solo deve ser holística, para integrar os atributos individuais e definir o todo, convergindo para que o solo seja observado sob o conjunto de sua estrutura – um corpo em três dimensões, com arranjo de constituintes que resulta em espaço poroso,



Figura 1. Conexões da Física do Solo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.
Fonte: Thiago Leite de Alencar, 2024.

cuja função é permitir fluxos de matéria (por exemplo, de água, soluções, gases etc.) e armazenagem de água e calor – e, portanto, não dissociado de sua qualidade física, visto que esta afeta a segurança alimentar e a biodiversidade. Aqui cabe ressaltar que, em alguma medida, o comportamento físico do solo pode ser modificado por sua estrutura, uma vez que esta é componente importante na fertilidade do solo, e, assim, nem sempre ser predito por atributo tomado isoladamente, eis o porquê de indicadores que integram aspectos estruturais serem considerados com maior peso na avaliação da qualidade do solo.

As relações entre a Física do Solo e desenvolvimento de plantas para o atendimento ao ODS de erradicação da fome e promoção da agricultura sustentável foram postas por Letey (1985), que evidenciou quatro fatores físicos do solo que afetam diretamente o desenvolvimento de plantas, quais sejam, aeração, temperatura, conteúdo de água e resistência mecânica, os quais guardam relação com a densidade do solo. É pertinente destacar novamente que a estrutura do solo resulta em um variado espaço poroso, de modo que a densidade do solo é útil, não por delinear o processo que deu origem a determinado empacotamento de partículas,

mas por atribuir valor ao grau de compactação ou adensamento dos constituintes do solo. Nesse aspecto, vale ressaltar que sempre há um processo se desencadeando, por vezes causando alterações substanciais ao solo ou apenas para recompor um equilíbrio dinâmico, e ações devem ser efetivadas para maximizar as funções ecológicas do solo.

Esforços por valores de referência para avaliar a qualidade estrutural do solo para fins de produção agrícola têm sido desenvolvidos, de modo que, em síntese, para os quatro fatores citados anteriormente têm sido considerados como menos limi-

tantes ao crescimento de plantas: o estado energético da água no solo entre os potenciais mátricos de $-0,01$ e $-1,5$ MPa (Silva et al., 1994), o mínimo de 10% de poros do solo destinados à aeração (Grable; Siemer, 1968), temperatura entre 18 e 24 °C (Albert, 2020) e resistência do solo à penetração com o valor de até 2 MPa (Taylor et al., 1966). Nesse contexto, a Física do Solo como ciência deve cuidar do solo para condicioná-lo como ambiente favorável ao crescimento de plantas, com vistas à manutenção da capacidade produtiva de alimentos em sistemas agrícolas irrigado e sequeiro, o que enseja manter também



Figura 2. Serviços ecossistêmicos oferecidos pelo solo. Fonte: https://www.embrapa.br/image/journal/article?img_id=24802843&t=1498747872651

outras funções, a exemplo do sequestro de carbono e da armazenagem de água.

Assim, apresentamos contribuições da Física do Solo para a melhoria da qualidade do solo, com destaque à formação/manutenção de agregados. A propósito, as ações recomendadas por físicos em termos de manejo de solo devem focar na construção/preservação de suas unidades estruturais, os agregados, evitando o seu colapso ou pulverização durante o preparo do solo por máquinas e/ou implementos agrícolas. Ressalte-se que agregados bem formados e estáveis são menos vulneráveis ao processo erosivo, além de serem permissíveis ao suprimento adequado de oxigênio, regularem adequadamente as temperaturas na rizosfera, devido à facilidade das trocas gasosas e de calor, favorecerem a infiltração e redistribuição de água no perfil do solo (em decorrência dos poros que há entre eles, os chamados macroporos e mesoporos), e serem bons armazenadores de água (em decorrência da porosidade interna, os chamados microporos), aspectos importantes ao desenvolvimento das raízes das plantas e da diversidade de macro e microrganismos.

Um olhar atento sobre os impactos da Física do Solo nos ODS certamente há de atestar que as pesquisas têm contribuído para o cumprimento das metas estabelecidas na Agenda 2030. Para exemplificar, quando se busca aumentar a eficiência do uso da água em cultivos agrícolas para a produção de alimentos e bioenergia (Nascimento et al., 2022) – ODS 2, 7 e 15 –, e quando se agrega valor a produtos para aplicação como condicionadores de solos, por exemplo, biocarvões e polímeros hidrotentores (Costa et al., 2022; Shakir; Biocianowski, 2023) – ODS 2, 9 e 15; nesse caso, a conversão de biomassas em biocarvões, por agre-

gar valor econômico ao produto gerado, garantir a deposição do material de forma mais segura no ambiente (por se tratar de um material mais estável), ao tempo em que aumenta o sequestro de carbono no solo, contribui significativamente também para o atendimento dos ODS 1, 3, 6, 8, 11, 12 e 13.

No entanto, os ODS demandam por muito mais engajamento da Física do Solo. É desafiador aumentar a produtividade das culturas agrícolas, uma vez que há diminuição de terras agricultáveis per capita no globo terrestre, o que aumenta a demanda por novas áreas e a pressão sobre as florestas. De acordo com Lal (2000), a disponibilidade era de 0,5 ha per capita em 1950, 0,2 ha em 2000, e especula-se ser de apenas 0,14 ha em 2050 e 0,1 ha em 2100, quando seremos cerca de 10,9 bilhões de pessoas no planeta Terra. É desafiador aproveitar os inúmeros benefícios dos biocarvões sobre muitos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos (Nascimento et al., 2023) que resultam em aumento da produtividade agrícola, quando, por outro lado, há a possibilidade (mesmo que seja especulativa) de o material obstruir poros (visto se tratar de material recalcitrante, de degradação lenta) e, no futuro, gerar problemas de ordem física no solo, por exemplo, a redução da permissividade do solo aos fluxos de água, gases e calor, bem como da armazenagem de água (Baveye, 2023). O mesmo desafio está posto às aplicações de rochas pulverizadas no solo com vistas à liberação de nutrientes às plantas, ou mesmo altas doses de calcário, com ou sem incorporação ao solo; precisamos de respostas para “Qual o tempo necessário à degradação/solubilidade do material e, nesse ínterim, quais os riscos de preenchimento de poros de drenagem e de armazenagem de água?”.



Figura 3. Instrumentação para o monitoramento da água no solo (tensiômetros nos lados e, no centro, tubo de acesso à sonda de capacitância). Fonte: Alexsandro dos Santos Brito, 2018.

Estamos abordando sobre práticas agrícolas em curso, ou que se projetam mais intensas nas terras cultivadas, que suscitam desafios complexos e colocam a Física do Solo em posição para mediar e orientar, no seu escopo de atuação, as melhores decisões para a garantia do suprimento das demandas atuais por alimentos, sem, no entanto, comprometer a qualidade dos solos para as demandas futuras. Não podemos desconsiderar, nesse contexto, a tecnologia como aliada da ciência na consecução dos ODS – enquanto a ciência busca desvendar as relações de causa e efeito, o porquê das coisas, o como os processos se delineiam no espaço e tempo, a tecnologia se encarrega de o que fazer com o conhecimento entregue pela ciência e, assim, ambas se materializam quando, por exemplo, um produto é desenvolvido para o condicionamento físico do solo, quando ocorre melhoria ou mesmo construção de um adequado perfil de solo, quando uma rede de sensores é utilizada para controlar a aplicação de água no solo (Figura 3), via inteligência artificial, com efeitos no aumento da produtividade agropecuária, da eficiência do uso da água (sobretudo para a redução do consumo de água subterrânea - aqui é importante dar ênfase à manutenção e/ou melhoria da qualidade física do solo, de modo a proporcionar uma agricultura de sequeiro com bons índices produtivos, principalmente na região semiárida), na redução do consumo de energia elétrica, e outros tantos aspectos relevantes no setor agropecuário.

Para que o elo se estabeleça entre a geração e a aplicação de um conhecimento novo, seja uma tecnologia de manejo ou um produto tecnológico, são necessários investimento e tempo para as devidas adequações e validação minuciosa, incluindo aspectos de caráter interdisciplinar. Para

tanto, as parcerias público-privadas, assentadas numa cadeia de prioridades, são uma forma de otimizar e efetivar os projetos e as atividades de ensino, pesquisa e extensão, em prol do desenvolvimento sustentável, atendendo aos ODS 4 e 17.

Ao analisar a relação da Física do Solo com os ODS, devemos considerar também a importância da interdisciplinaridade. De acordo com Hou et al. (2020), discussões interdisciplinares e o incentivo às pesquisas envolvendo diversas áreas do conhecimento podem auxiliar no desenvolvimento de soluções eficazes para se atingir os ODS. Nesse sentido, devemos compreender que apesar de o solo ser relevante quando se fala, por exemplo, em ação contra a mudança global do clima (ODS 13), outras áreas do conhecimento também estão envolvidas nesse processo. Portanto, a interação entre as diferentes áreas se faz necessária para a convergência a um objetivo comum.

Em síntese, o solo é importante no contexto dos ODS e os 17 ODS devem ser norteadores das ações efetuadas pelos profissionais que lidam com solos. Particularmente, a compreensão da Física do Solo – em abordagem abrangente, considerando a estrutura do solo e sua relação com aeração, temperatura, conteúdo de água e resistência mecânica – é fundamental para garantir condições de solo suficientes para o crescimento de plantas e produção de alimentos de maneira sustentável. Todavia, há desafios complexos a serem superados, como a necessidade de aumentar a produtividade agrícola em meio à diminuição das terras cultiváveis per capita e, portanto, a ciência do solo, aliada à interdisciplinaridade, à tecnologia e parcerias público-privadas, se apresenta como suporte às decisões que assegurem o desenvolvimento sustentável de forma continuada.

Ref. Bibliográficas

ALBERT, S. Vegetable planting and soil temperature. Disponível em <https://harvesttotable.com/vegetable-planting-and-soil-temperature/>. Acesso em 26/04/2020.

ALENCAR, T.L. Imagem das conexões da Física do Solo com os ODS. 2024.

BAVEYE, P. Unknown economic costs of biochar applications to soils: They should be considered in the on-going debate. *Resources, Conservation & Recycling*, 162: 101911, 2023.

BRITO, A.S. Fotografia de experimento em campo. 2018.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COSTA, M.C.G.; FREIRE, A.G.; LOURENÇO, D.V.; SOUSA, R.R.; FEITOSA, J.P.A.; MOTA, J.C.A. Hydrogel composed of potassium acrylate, acrylamide, and mineral as soil conditioner under saline conditions. *Scientia Agricola*, v. 79, 2022.

EMBRAPA. Disponível em https://www.embrapa.br/image/journal/article?img_id=24802843&t=1498747872651. Acesso em 01/02/2024.

GRABLE, A.R.; SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. *Soil Science Society of America Journal*, v. 32, p. 180-186, 1968.

HOU, D.; BOLAN, N.S.; TSANG, D.C.W.; KIRKHAM, M.B.; O'CONNOR, D. Sustainable soil use and management: An interdisciplinary and systematic approach. *Science of the Total Environment*, v. 729, 2020.

JURY, W.A.; OR, D.; PACHEPSKY, Y.; VEREecken, H.; HOPMANS, J.W.; AHUJA, L.R.; CLOTHIER, B.E.; BRISTOW, K.L.; KLUITENBERG, G.J.; MOLDRUP, P.; ŠIMŮNEK, J.; VAN GENUCHTEN, M.Th.; HORTON, R. Kirkham's legacy and contemporary challenges in soil physics research. *Soil Science Society of America Journal*, v. 75, 2010.

LAL, R. Soil management in the developing countries. *Soil Science*, v. 165, p. 57-72, 2000.

LAL, R.; SHUKLA, M.K. Principles of soil physics. Marcel Dekker, New York, 2004. 716p.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*, v. 1, p. 277-294, 1985.

NAÇÕES UNIDAS – BRASIL. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em 23/12/2023a.

NAÇÕES UNIDAS – BRASIL. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/106614-fac%C2%A0biodiversidade-do-solo-%C3%A9-base-da-vida-humana#:~:text=Biodiversidade%20essencial%20para%20alimentos%3A%20Os,para%20uma%20boa%20nutri%C3%A7%C3%A3o%20humana>. Acesso em 24/12/2023b.

NASCIMENTO, D.A.; BRITO, A.S.; SILVA, L.M.N.; PEIXOUTO, L.S.; COTRIM, V.F. Water use efficiency of castor bean under semi-arid conditions of Brazil. *Agriculture Water Management*, v. 260, 2022.

NASCIMENTO, I.V.; FREGOLENTE, L.G.; PEREIRA, A.P.A.; NASCIMENTO, C.D.V.; MOTA, J.C.A.; FERREIRA, O.P.; SOUSA, H.H.F.; SILVA, D.G.G.; SIMÕES, L.R.; SOUZA FILHO, A.G.; COSTA, M.C.G. Biochar as a carbonaceous material to enhance soil quality in drylands ecosystems: A review. *Environmental Research*, v. 233, 2023.

SHAKIR, A.; BOCIANOWSKI, J. Enhancing soil fertility of apple orchard through biochar and fertilizer amendments: a soil aggregation study. *Journal of Soil, Plant and Environment*, v. 2, 2023. <https://doi.org/10.56946/jspae.v2i2.277>

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. *Soil Science Society of America Journal*, v. 58, p. 1775-1781, 1994.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strength-root penetration relations for medium-to-coarse textured soil materials. *Soil Science*, v. 102, p. 18-22, 1966.

Impacto da Mineralogia do Solo nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva¹
Valdomiro Severino de Souza Júnior¹
Rayanna Jacques Agra Bezerra da Silva¹
Laura Mariana Nascimento de Santana¹
Artur Henrique Nascimento da Silva¹
Marilya Gabryella Fernanda de Sousa¹
Cleide Regina Moura da Silva²
Silvana Diene Sousa Barros²

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco

E-mail: ygor.silva@ufrpe.br;

valdomiro.souzajunior@ufrpe.br;

rayannaufrpe@gmail.com;

lauramnsantana@gmail.com;

arturhsilva16@gmail.com;

marilya_gabryella@hotmail.com

² Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/CPRM
– Superintendência de Recife

E-mail: cleide.silva@cprm.gov.br;

silvana.barros@sgb.gov.br

Introdução

Alimentar a população mundial de forma sustentável é um dos maiores desafios do século XXI. A população está crescendo rapidamente e deve ultrapassar nove bilhões até 2050 (ONU, 2019), enquanto a disponibilidade de terras agrícolas diminui, ameaçando a segurança alimentar global (Molotoks et al., 2021). Segundo a FAO, a fome global tem aumentado desde 2014, após um período de declínio. Este aumento da insegurança alimentar compromete a meta dos ODS de erradicar a fome até 2030 (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2021).

Nesse contexto, a mineralogia do solo é uma aliada na busca por soluções para a segurança alimentar sustentável, desempenhando um papel essencial na agricultura, na gestão de ecossistemas e na sustentabilidade ambiental. Entender sua influência na estrutura e nas funções dos ecossistemas dos solos é fundamental para a qualidade ambiental e o desenvolvimento agrícola sustentável (Yu et al., 2022; Santos et al., 2023). Os minerais de argila são importantes na formação de microagregados estáveis, que influenciam a adsorção e disponibilidade de nutrientes nos solos (Kome et al., 2019; Firmano et al., 2020).

No contexto dos ecossistemas terrestres, os minerais de argila influenciam no ciclo global do carbono ao interagir com o carbono orgânico do solo (COS) (Singh et al., 2017). A decomposição do COS é controlada por atividades microbianas, que são diretas ou indiretamente afetadas pelos minerais de argila (Xu et al., 2022). Portanto, compreender as interações entre os minerais de argila e o COS é importante para a compreensão da ecologia do solo.

Além da nutrição e do ciclo do carbono, os minerais de argila são fundamentais para a retenção de água no solo. Problemas de retenção de água afetam grandes áreas agrícolas e nativas globalmente (Yu et al., 2022). A capacidade dos minerais de influenciar a infiltração e retenção de água é essencial para o manejo eficiente dos recursos hídricos. Minerais argilosos regulam o fluxo de água no solo, afetando a disponibilidade para cultivos e a recarga de aquíferos, impactando a retenção de água para uso humano e agrícola (Stefanoski et al., 2013).

No contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, o conhecimento sobre a mineralogia do solo é vital. Integrar essa ciência nas práticas e políticas de desenvolvimento sustentável pode melhorar a eficácia na abordagem dos ODS. Por exemplo, entender detalhadamente os minerais do solo pode contribuir para a segurança alimentar e agricultura sustentável (ODS 2), otimizando a disponibilidade de nutrientes. Na gestão da água (ODS 6), a capacidade dos minerais de argila de influenciar a retenção e o fluxo de água pode ser aproveitada para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos. Em relação à ação climática (ODS 13), a interação dos minerais de argila com o carbono orgânico do solo pode ser um componente chave na mitigação das mudanças climáticas. Para a conservação da vida terrestre (ODS 15), o papel dos minerais na formação do solo e na saúde dos ecossistemas é fundamental. Portanto, políticas públicas que incentivem a pesquisa e a aplicação de conhecimentos mineralógicos do solo têm o potencial de transformar a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

Relevância da mineralogia do solo para os ODS

Segurança alimentar e agricultura sustentável (ODS 2)

A composição mineralógica do solo influencia sua fertilidade e a capacidade de reter água e nutrientes. Isso é especialmente relevante para a agricultura, pois a disponibilidade hídrica afeta o crescimento das culturas. Esses conhecimentos são fundamentais para alcançar o ODS 2, que visa a segurança alimentar e a promoção de uma agricultura sustentável, reforçando a importância da compreensão da mineralogia do solo para otimizar a produção agrícola e garantir a segurança alimentar (Silva et al., 2022).

Estudos recentes indicam que o uso de remineralizadores de solos pode aumentar os rendimentos agrícolas, combatendo a fome e promovendo uma agricultura mais sustentável (Swoboda et al., 2022). Esses remineralizadores podem produzir rendimentos agrícolas compará-

veis aos dos fertilizantes solúveis (Franzosi et al., 2014). Eles liberam nutrientes de forma lenta e gradual, prolongando a fertilidade do solo em comparação aos fertilizantes convencionais. Essa transformação também cria fases minerais, como argilominerais 2:1 e fases de baixa cristalinidade, que melhoram a capacidade de troca de cátions e estabilizam a matéria orgânica, aumentando o sequestro de carbono (Kelland et al., 2020). Portanto, o uso de remineralizadores pode contribuir significativamente para a segurança alimentar e a sustentabilidade agrícola (Souza et al., 2023). Na Figura 1, observam-se rejeitos da mineração de scheelita, localizados no semiárido brasileiro, no estado do Rio Grande do Norte. Esses rejeitos estão sendo avaliados quanto ao seu potencial como remineralizador de solos, tanto para fornecimento de nutrientes quanto para correção da acidez dos solos (Brazil, 2024), conforme os critérios estabelecidos na Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016,

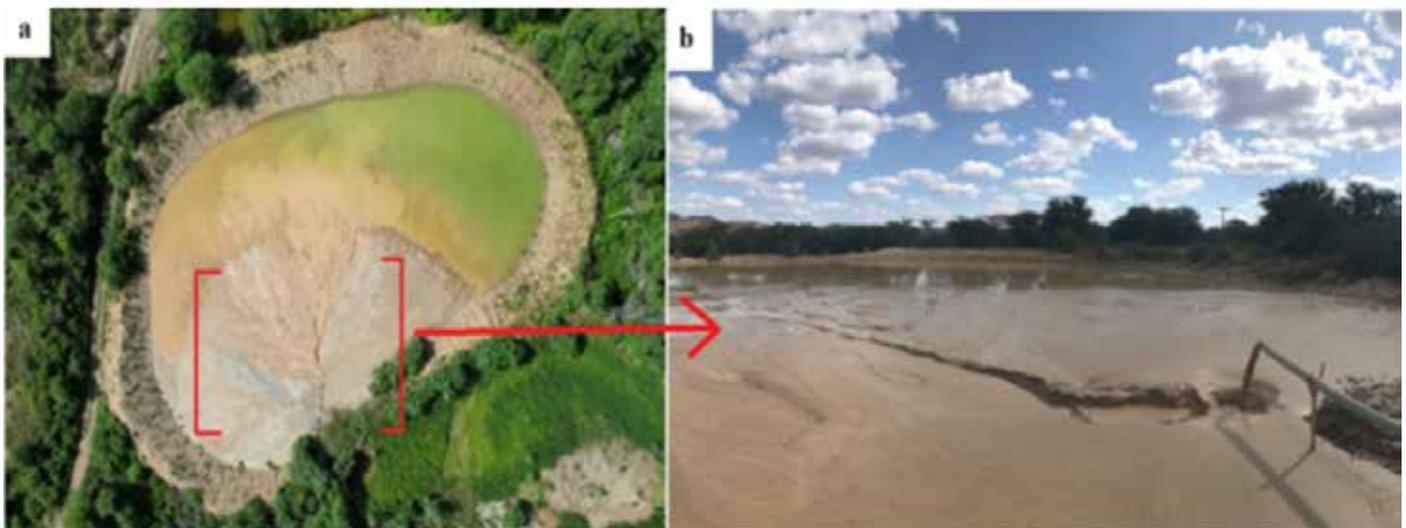


Figura 1. Rejeitos da mineração de scheelita localizado na Mina Brejuí, no estado do Rio Grande do Norte, município de Currais Novos. Fonte: Autoral, 2024.

do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2016).

Gestão sustentável de água (ODS 6)

A capacidade dos minerais do solo de influenciar a infiltração e retenção de água é importante para o manejo eficiente dos recursos hídricos (Pessoa et al., 2022; Viana et al., 2023). Minerais como a montmorilonita e a vermiculita têm características que influenciam o comportamento hidrológico do solo. A montmorilonita, por exemplo, possui uma estrutura laminada formada por camadas empilhadas, com espaços intersticiais que permitem a retenção de água (Shi et al., 2024).

Diamantis et al. (2017) demonstraram que a aplicação de caulinita pode aumentar efetivamente a retenção de água em solos arenosos. Além disso, a vermiculita, com sua boa permeabilidade ao ar e à água, favorece o desenvolvimento das raízes e condiciona o solo. Ao ser adicionada, a vermiculita regula a água, a capacidade de ar e o equilíbrio térmico do solo, criando condições favoráveis para a nutrição das plantas (Yu et al., 2022). Essas práticas contribuem para a gestão sustentável da água, conforme preconizado pelo ODS 6.

Ação contra a mudança global do clima (ODS 13)

A mineralogia do solo também tem implicações para o sequestro de carbono e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. O solo é o maior reservatório terrestre de carbono orgânico do solo (COS) (Kome et al., 2019). Os minerais de argila são a fração mais reativa na formação de associações duradouras com COS nos solos (Singh et al., 2018). A interação entre o COS e os minerais de argila é crucial para reter o carbono e proteger a fertilidade do solo e a sustentabilidade agrícola a longo prazo (Xue et al., 2022).

A formação de complexos estáveis entre minerais de argila e matéria orgânica pode ajudar a sequestrar carbono por longos períodos, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Bossio et al., 2020; Rocci et al., 2021). Isso se deve à correlação entre a concentração de COS e as propriedades dos minerais de argila do solo, incluindo a quantidade de minerais de argila e a CTC (El-Sayed et al., 2019). Pesquisas mostram que práticas agrícolas que promovem a formação desses complexos podem ser essenciais para reduzir os níveis de CO₂ na atmosfera (Bossio et al., 2020).

Vida terrestre (ODS 15)

Os minerais do solo controlam muitas funções e são essenciais para abordar questões globais críticas (Rosin et al., 2023). Eles são o "mecanismo" por trás de processos como o armazenamento de carbono e fluxos de nutrientes e água, desempenhando um papel crucial no bem-estar humano ao influenciar no fornecimento de alimentos, combustíveis e ajudar na mitigação das mudanças climáticas. A mineralogia do solo influencia a CTC, a estrutura e agregação do solo, a dinâmica da matéria orgânica, a retenção de água, a adsorção de fósforo, entre outros processos (Gilkes e Prakongkep, 2016; de Oliveira et al., 2020).

Nesse contexto, o conhecimento detalhado dos minerais presentes em diferentes solos é crucial para a gestão sustentável dos recursos naturais. A conservação da biodiversidade do solo depende da compreensão dos minerais e suas interações com organismos vivos. A montmorilonita, por exemplo, influencia o pH do solo, CTC e a retenção de água, fatores importantes para a diversidade bacteriana do solo. Esses minerais podem alterar o ambiente do solo e afetar a atividade microbiana (Ding et al., 2013).

Estudos mostram que a montmorilonita facilita o crescimento de micro-organismos que protegem bactérias contra elementos potencialmente tóxicos (Ruan et al., 2018). Além disso, a interação entre montmorilonita e micro-organismos pode controlar o transporte de metais e moléculas orgânicas (Li et al., 2019), influenciando a transformação dos minerais, o desenvolvimento do solo e o ciclo de vários elementos (Liu et al., 2012).

A vermiculita também possui alta CTC, tornando-a útil para fins agrícolas e ecológicos. Contendo cálcio, magnésio, potássio, ferro, silício e outros elementos traço, a vermiculita atua como um promotor biológico natural do crescimento das plantas. Além disso, é um excelente regulador de água no solo, com boa permeabilidade ao ar, o que afeta positivamente o desenvolvimento das raízes (Yu et al., 2022). Assim, a compreensão da mineralogia do solo e suas interações com componentes biológicos é importante para a gestão sustentável dos recursos naturais e a promoção da vida terrestre, conforme o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 15 (ODS 15).

Considerações finais

A mineralogia do solo desempenha um papel essencial na sustentabilidade

agrícola e na gestão ambiental, contribuindo para o cumprimento dos ODS. Este estudo destacou como os minerais do solo são cruciais para a segurança alimentar (ODS 2), gestão eficiente da água (ODS 6), mitigação das mudanças climáticas (ODS 13) e conservação da vida terrestre (ODS 15).

Os minerais de argila, como montmorilonita e vermiculita, são fundamentais na manutenção da fertilidade do solo, influenciando a retenção de água, a CTC e a estabilização da matéria orgânica. A aplicação de remineralizadores de solo tem se mostrado uma estratégia promissora para aumentar os rendimentos agrícolas de maneira sustentável, prolongando a fertilidade do solo e contribuindo para o sequestro de carbono.

Portanto, o entendimento da mineralogia do solo e suas interações com os componentes biológicos é vital para a formulação de políticas públicas eficazes e a implementação de práticas agrícolas sustentáveis. Logo, é imperativo que governos e instituições de pesquisa incentivem o estudo e a aplicação de conhecimentos mineralógicos para enfrentar os desafios globais de segurança alimentar, gestão de recursos hídricos e mudanças climáticas, promovendo assim um futuro mais sustentável e resiliente para todos.

Ref. Bibliográficas

- BOSSIO, D. A.; COOK-PATTON, S. C.; ELLIS, P. W. J.; FARGIONE, J.; SANDERMAN, J.; SMITH, P.; MADEIRA, S.; ZOMER, R. J.; UNGER, S.; EMMER, S.; GRISCOM, B. W. The role of soil carbon in natural climate solutions. *Nat Sustain*, v. 3, p. 391–398, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0491-z>
- BRASIL. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Instrução Normativa nº 05 de 10 de março de 2016. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 mar. 2016. Disponível em: <http://www.in.gov.br/autenticidade.html>. Acesso em 03 jun. 2024.
- BRAZIL, Camila Victória da Silva. Potencial do rejeito (pó de rocha) da mineração de scheelita como remineralizador de solos para uso comercial na agricultura. 2024. 33 f. Relatório final do Programa Institucional De Bolsas De Inovação Científica e Tecnológica – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2024.
- DE OLIVEIRA, J. S.; INDA, A. V.; BARRON, V.; TORRENT, J.; TIECHER, T.; DE OLIVEIRA CARMARGO, F. A. Soil properties governing phosphorus adsorption in soils of Southern Brazil. *Geoderma Regional*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00318>
- DIAMANTIS, V.; PAGOROGON, L.; GAZANI, E.; GKIOUGKIS, I.; PECHTELIDIS, A.; PLIAKAS, F. et al. Use of clay dispersed in water for decreasing soil water repellency. *Land Degradation & Development*, v. 28, p. 328–334, 2017.
- DING, G. C.; PRONK, G. J.; BABIN, D.; HEUER, H.; HEISTER, K.; KÖGEL-KNABNER, I.; SMALLA, K. Mineral composition and charcoal determine the bacterial community structure in artificial soils. *FEMS Microbiology Ecology*, v. 86, p. 15–25, 2013.
- EL-SAYED, M. E. A.; KHALAF, M. M. R.; GIBSON, D.; RICE, J. A. Assessment of clay mineral selectivity for adsorption of aliphatic/aromatic humic acid fraction. *Chemical Geology*, v. 511, p. 21–27, 2019.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4474en>
- FIRMANO, R. F.; MELO, V. F.; MONTES, C. R.; DE OLIVEIRA JUNIOR, A.; DE CASTRO, C.; ALLEONI, L. R. F. Potassium reserves in the clay fraction of a tropical soil fertilized for three decades. *Clays and Clay Minerals*, v. 68, p. 237–249, 2020.
- FRANZOSI, C.; CASTRO, L. N.; CELEDA, A. M. Technical evaluation of glauconies as alternative potassium fertilizer from the Salamanca Formation, Patagonia, Southwest Argentina. *Nat. Resour. Res.*, v. 23, n. 3, p. 311–320, 2014.
- GILKES, R. J.; PRAKONGKEP, N. How the unique properties of soil kaolin affect the fertility of tropical soils. *Appl. Clay Sci.*, v. 131, p. 100–106, 2016.
- HASSINK, J. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant Soil*, v. 191, p. 77–87, 1997. <https://doi.org/10.1023/A:1004213929699>.
- KELLAND, M. E.; WADE, P. W.; LEWIS, A. L.; TAYLOR, L. L.; SARKAR, B.; ANDREWS, M. G.; LOMAS, M. R.; COTTON, T. E. A.; KEMP, S. J.; JAMES, R. H.; PEARCE, C. R.; HARTLEY, S. E.; HODSON, M. E.; LEAKE, J. R.; BANWART, S. A.; BEERLING, D. J. Increased yield and CO₂ sequestration potential with the C₄ cereal *Sorghum bicolor* cultivated in basaltic rock dust-amended agricultural soil. *Glob. Chang. Biol.*, v. 26, n. 6, 2020.
- KOME, G. K.; ENANG, R. K.; TABI, F. O.; YERIMA, B. P. K. Influence of clay minerals on some soil fertility attributes: a review. *Open Journal of Soil Science*, v. 9, p. 155–188, 2019.
- LI, G. L.; ZHOU, C. H.; FIORE, S.; YU, W. H. Interactions between microorganisms and clay minerals: new insights and broader applications. *Applied Clay Science*, v. 177, p. 91–113, 2019.
- LIU, D.; DONG, H.; BISHOP, M. E.; ZHANG, J.; WANG, H.; XIE, S. et al. Microbial reduction of structural iron in interstratified illite–smectite minerals by a sulfate-reducing bacterium. *Geobiology*, v. 10, p. 150–162, 2012.
- ONU. 2019. Nações Unidas, Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População. Perspectivas da População Mundial 2019: Destaques (ST/ SEC/ SER.A/ 423).
- PESSOA, T. N.; LIBARDI, P. L. Physical-hydric properties of Oxisols as influenced by soil structure and clay mineralogy. *Catena*, v. 211, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.106009>

ROCCI, K. S.; LAVALLEE, J. M.; STEWART, C. E.; COTRUFO, M. F. Soil organic carbon response to global environmental change depends on its distribution between mineral-associated and particulate organic matter: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, v. 793, 2021.

ROSIN, N. A.; DEMATTÊ, J. A. M.; POPPIEL, R. R.; SILVERO, N. E. Q.; RODRIGUEZ-ALBARRACIN, H. S.; ROSAS, J. T. F.; GRESCHUK, L. T.; BELLINASSO, H.; MINASNY, B.; GOMEZ, C.; MARQUES JÚNIOR, J.; FERNANDES, K. Mapping Brazilian soil mineralogy using proximal and remote sensing data. *Geoderma*, v. 432, 2023.

RUAN, B.; WU, P.; LAI, X.; WANG, H.; LI, L.; CHEN, L. et al. Effects of *Sphingomonas* sp. GY2B on the structure and physicochemical properties of stearic acid-modified montmorillonite in the biodegradation of phenanthrene. *Applied Clay Science*, v. 156, p. 36–44, 2018.

SANTOS, T. E. D.; GOMES, F. H.; MANCINI, M.; NÓBREGA, G. N.; AVANZI, J. C.; MARQUES, J. J.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; INDA, A. V.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. Detailed characterization of plinthic soils in Southern Mali, Sub-Saharan Africa, as a secure basis for specific soil management and food security. *Catena*, v. 226, 2023.

SHI, L.; QIU, J.; WANG, W.; DING, Z.; ZHANG, W.; LIANG, J.; LI, P.; FAN, Q. Influence of cations and low molecular weight organic acids on Cs(I) adsorption on montmorillonite and vermiculite. *Journal of Molecular Liquids*, v. 402, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2024.124778>

SILVA, L. C. M.; PEIXOTO, D. S.; GOMES, J. B. V.; AVANZI, J. C.; AMORIM, R. S. S.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V.; SILVA, B. M.; MANCINI, M.; CURI, N. Mineralogy and pore size distribution of clayey Oxisols with granular structure and the effect of management systems. *Soil and Tillage Research*, v. 223, 2022.

SINGH, M.; SARKAR, B.; BISWAS, B.; BOLAN, N. S.; CHURCHMAN G. J. Relationship between soil clay mineralogy and carbon protection capacity as influenced by temperature and moisture. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 109, p. 95–106, 2017.

SINGH, M.; SARKAR, B.; SARKAR, S.; CHURCHMAN, J.; BOLAN, N.; MANDAL, S.; MENON, M.; PURAKAYASTHA, T. J.; BEERLING, D. J. Stabilization of Soil Organic Carbon as Influenced by Clay Mineralogy. *Advances in Agronomy*, v. 148, p. 33–84, 2018. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.11.001>

SOUZA, F. N. S.; AGUIAR NETO, C. A. M.; ALVES, J. M. Avaliação da solubilidade de um remineralizador e seus efeitos sobre a fertilidade do solo. *Agri-Environmental Sciences*, v. 9, 2023. <https://doi.org/10.36725/agries.v9i2.8670>

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

SWOBODA, P.; DÖRING, T. F.; HAMER, M. Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review. *Science of The Total Environment*, v. 803, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150976>

VIANA, J. L.; SOUZA, J. L. M.; AULER, A. C.; OLIVEIRA, R. A.; ARAÚJO, R. M.; HOSHIDE, A. K.; ABREU, D. C.; SILVA, W. M. Dinâmica da Água e Funções Hidráulicas em Solos Arenosos: Limitações ao Cultivo da Cana-de-Açúcar no Sul do Brasil. *Sustentabilidade*, v. 15, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15097456>

XU, Y.; LIU, K.; YAO, S.; ZHANG, Y.; ZHANG, X.; HE, H. et al. Formation efficiency of soil organic matter from plant litter is governed by clay mineral type more than plant litter quality. *Geoderma*, v. 412, 2022.

XUE, B.; HUANG, L.; LI, X.; LU, J.; GAO, R.; KAMRAN, M.; FAHAD, S. Effect of Clay Mineralogy and Soil Organic Carbon in Aggregates under Straw Incorporation. *Agronomy*, v. 12, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020534>

YU, M.; TARIQ, S. M.; YANG, H. Engineering clay minerals to manage the functions of soils. *Clay Minerals*, v. 57, p. 51–69, 2022. doi:10.1180/clm.2022.19

Química do Solo como Ciência para Atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis

Luiz Guilherme Medeiros Pessoa
Emanuelle Maria da Silva
Alexandre Campelo de Oliveira

Universidade Federal Rural de Pernambuco –
Unidade Acadêmica de Serra Talhada
E-mails: luiz.pessoa@ufrpe.br
silva.emanuelle16@gmail.com
alexandre.coliveira@ufrpe.br

Introdução

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram criados em 2015, na Assembleia Geral das Nações Unidas, que estabeleceu um plano de ação com 17 objetivos globais para serem cumpridos até 2030. Estes objetivos devem ser capazes de promover o equilíbrio entre os 5 “Ps” da sustentabilidade: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias (Yang et al., 2020). Eles expressam a necessidade urgente de acabar com a fome e pobreza, melhorar a saúde e educação, bem como promover o desenvolvimento e reduzir as de-

sigualdades, ao passo que estão fortemente relacionados com as mudanças climáticas e degradação dos solos (Yin et al., 2022).

Os solos têm um papel fundamental para o cumprimento dos ODS, pois influenciam diretamente os 5 Ps da sustentabilidade, atuando na produção global de alimentos, sustentação de ecossistemas, produção de biomassa, filtragem de contaminantes e transferência de massa e energia. No entanto, a degradação dos solos tem ocorrido severamente ao redor do globo terrestre de diversas formas - degradações químicas, físicas, biológicas, erosões, etc., e isso tem comprometido o

estabelecimento de suas funções para os ODS, pois o solo é um recurso não renovável, e o manejo inadequado e práticas não sustentáveis podem ameaçar esse importante recurso natural.

Para que o solo cumpra suas funções no atendimento dos ODS de forma eficaz, é necessário que a sociedade compreenda a importância deste recurso em nossas vidas. Atualmente vivemos um cenário global onde o intenso crescimento populacional, ao longo dos anos, vem dificultando o atendimento dos ODS. O aumento da pressão antropogênica exercida sobre os solos está cada vez mais a exaurir seus nutrientes, reduzindo sua biodiversidade e aumentando os riscos de subnutrição, com consequências negativas sobre a saúde e o bem-estar humano (Bouma et al., 2019). Neste sentido, conhecer e entender os solos, desde sua formação até o seu papel sobre o ambiente e sua importância sobre

nossa saúde e nossas vidas nos traz um maior senso de responsabilidade e preservação deste recurso, e isso contribuirá efetivamente para o atendimento dos ODS. Embora os solos não estejam “explicitamente” mencionados nos ODS, o solo está incluído neles e possui relação direta com praticamente todos.

Química do solo x ODS

A química do solo, como ciência, impacta diretamente a efetividade dos ODS (Figura 1). Solos degradados quimicamente impactam negativamente a produção de alimentos, a saúde humana, a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, a fome, a pobreza, as desigualdades e vários outros fatores importantes para a sobrevivência sustentável do nosso planeta. Neste sentido é importante conhecer as relações entre as características edafoclimáticas e a ação antrópica, para verificar as condições



Figura 1. Relação química do solo x Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Fonte: Autoral



Figura 2. Degradação química do solo pela elevada salinização no semiárido de Pernambuco. Neste nível de degradação, o solo não exerce suas funções no ecossistema e compromete o alcance dos ODS.
Foto: Luiz Guilherme Medeiros Pessoa.

de degradação do ambiente e decaimento da qualidade química do solo (Figura 2).

Uma breve descrição de como a química do solo atende os ODS será abordada neste artigo, e refletirá a importância de uma base holística e interdisciplinar na ciência do solo para o bem-estar humano e a preservação deste recurso. É importante enfatizar que a avaliação da química de um solo envolve a seleção de “parâmetros indicadores” que geralmente fornecem um índice final que pode ser relacionado com outros parâmetros e, assim, nos permitirá mensurar e avaliar a qualidade química de determinado solo para uma determinada finalidade.

ODS 1 – Erradicação da pobreza: Nas zonas rurais, onde a agricultura é o principal meio de subsistência para a população, sobretudo dos pequenos produtores com acesso a poucos recursos, a gestão sustentável do solo e a melhoria da agricultura são fatores chave na luta para a erradicação da pobreza. A química do solo pode auxiliar na melhoria da fertilidade do solo, valorizando conhecimen-

tos locais e tradicionais das comunidades, contribuindo para aumentar as capacidades produtivas e oportunidades de trabalho e geração de renda entre as famílias mais pobres do campo.

ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável: A adoção de práticas agrícolas como o emprego de leguminosas em sistemas de adubação verde, as quais fornecem nitrogênio para as culturas subsequentes e estimulam a atividade biológica do solo, e a instalação de sistemas de produção diversificados, integrando a produção animal a policultivos anuais e perenes, contribuem para uma agricultura sustentável, priorizando a ciclagem de nutrientes e a produção de alimentos mais saudáveis e ricos em nutrientes.

ODS 3 – Saúde e Bem-Estar: A boa saúde e o bem-estar estão interligados com o solo porque solos saudáveis produzem culturas saudáveis que, por sua vez, nutrem os seres humanos e os animais, permitindo sua saúde e produtividade. Há evidências de que solos saudáveis sustentam alimentos nutritivos e saudáveis.

A química do solo contribui para a saúde global através do armazenamento e do adequado fornecimento de nutrientes, o que por sua vez apoia a produção de alimentos e fibras.

ODS 4 – Educação de qualidade:

Além da formação de especialistas em ciências do solo, a educação e a comunicação sobre a química do solo, dos níveis básicos aos mais tecnificados, têm um grande potencial para enriquecer e alargar o alcance e a qualidade da educação, pois abrange a possibilidade de uma abordagem integrada às questões ambientais, despertando a sensibilização sobre os solos entre as pessoas que não estão em contato direto com os solos e com as suas funções produtivas e ambientais, uma vez que hoje em dia a maioria da população vive em áreas urbanas.

ODS 5 – Igualdade de Gênero:

A química do solo atrelada a um manejo sustentável, pode auxiliar na autonomia econômica e no fortalecimento das produtoras rurais. Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 2022), no Brasil o número de estabelecimentos agropecuários liderados por mulheres é de 18,66%, representando um aumento de 38% em relação a 2006, sendo a participação feminina maior em estabelecimentos localizados em terras indígenas (23,43%). Na ciência, o número de homens mestres/doutores em ciência do solo (2.119) ainda é superior ao das mulheres (1.423), observando-se o quadro de docentes dos programas de pós-graduação em ciência do solo, dos 224 professores permanentes, apenas 30 são mulheres.

ODS 6 – Água Potável e Saneamento:

Os solos, de maneira geral, desempenham um papel importante no movimento e armazenamento da água e influenciam a qualidade e disponibilidade do abastecimento de água. No que diz respeito à química do solo, este desempenha uma função importante no controle da poluição das águas subterrâneas por meio do tamponamento e da filtragem de substâncias tóxicas. Em áreas agrícolas onde há manejo inadequa-

do de insumos agrícolas, como pesticidas e fertilizantes, as partículas do solo, sobretudo a matéria orgânica, têm a capacidade de complexar essas substâncias, evitando que cheguem até os corpos d'água.

ODS 7 - Energia limpa e acessível:

A química do solo está diretamente relacionada às energias limpas e acessíveis por promover melhorias na fertilidade do solo e nas condições de cultivo para a produção das chamadas “culturas energéticas”, cujas biomassas produzidas podem ser direcionadas para a produção de energia, como, por exemplo, cana-de-açúcar, espécies forrageiras, espécies florestais e outras.

ODS 8 - Trabalho decente e crescimento econômico:

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil encerrou o ano de 2023 com um crescimento de 2,9% em relação a 2022, e a economia brasileira movimentou R\$ 10.856,1 bilhões. A agropecuária foi o grande destaque do PIB nacional, com um crescimento de 15,1% de 2022 para 2023 (IBGE, 2024). A química do solo certamente teve uma grande relação e impacto sobre esses dados, uma vez que a agricultura, em muitos casos, exige a aplicação de insumos no solo (corretivos, adubos, etc.) cujas doses são definidas, por diversas vezes, com base nos atributos químicos dos solos.

ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura:

Diversas atividades produtivas de diversos setores econômicos geram resíduos que podem ser reaproveitados, por exemplo, como fonte de carbono e nutrientes em propriedades rurais. A química do solo serve como subsídio para o desenvolvimento de estudos e pesquisas que possam verificar a efetividade da aplicação dos diversos resíduos gerados (por indústrias e sociedade de um modo geral), para assegurar a sustentabilidade da atividade agrícola e do meio ambiente. O desenvolvimento de infraestruturas e pesquisas em inovação que contribuam para o aproveitamento de resíduos para aumentar a disponibilidade de nutrientes e a capa-

cidade de troca catiônica (CTC) em solos com baixa CTC, como a não contaminação do solo e lençol freático são exemplos de como a química do solo contribui para o atendimento desta ODS.

ODS 10 - Redução das desigualdades: Em regiões mais vulneráveis às desigualdades no Brasil, como o semiárido do Nordeste, o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação precisam atender ao contexto local, para que se atinjam os objetivos desejados. A química do solo está diretamente relacionada com a produtividade do solo, e a transferência do conhecimento sobre a química do solo e seu manejo, para os agricultores, deve se dar de forma extensionista, inclusiva, com baixo custo e adequada à sua realidade. Técnicas de cultivo que envolvam o mínimo de revolvimento do solo, preservação da matéria orgânica e o reduzido uso de águas salinas são essenciais para a manutenção da qualidade química do solo e, assim, contribuir com maiores produtividades alcançadas em pequenas propriedades.

ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis: A relevância da química do solo para atender este ODS está no fato de que não apenas a falta de nutrientes pode ser prejudicial ao equilíbrio de um ecossistema, mas teores excessivos de certos nutrientes e/ou metais pesados podem ser tóxicos e prejudiciais para muitos organismos. Assim, a avaliação e o monitoramento da química do solo são essenciais para verificar se os teores dos íons constituintes dos solos estão adequados ou mesmo para indicar se determinado solo está contaminado por algum metal pesado ou produto químico, permitindo o funcionamento sustentável de ecossistemas rurais e urbanos (por meio da agricultura urbana, espaços de jardinagem, hortas verticais, parques públicos, etc.).

ODS 12 - Consumo e produção responsáveis: As atividades agropecuárias são potenciais poluidoras do meio ambiente e devem ser manejadas objetivando a conservação e preservação dos recursos

naturais. Práticas de manejo que visem otimizar a produção agrícola de modo a manter ou aumentar os teores de matéria orgânica do solo, aumentar a eficiência de uso do nitrogênio e outros nutrientes são essenciais para a manutenção da qualidade química e sustentabilidade do solo. Por outro lado, parte dos alimentos desperdiçados no consumo humano deve ser reaproveitado para uso na agricultura, por meio de um criterioso monitoramento dos atributos químicos do solo, para garantir o uso sustentável dos solos.

ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima: As propriedades químicas dos solos e a cobertura vegetal têm relação direta com as condições climáticas. Além disso, há uma forte relação entre a cobertura vegetal e os nutrientes do solo, devido à ciclagem de nutrientes. A adoção de práticas de rotação de culturas, o uso de plantas de cobertura, adubação verde e outras práticas de manejo e conservação do solo permitem o sequestro e a manutenção do carbono no solo, e assim, ocorre a mitigação das emissões de gases do efeito estufa, pois conciliam processos de ciclagem de nutrientes com o mínimo revolvimento do solo.

ODS 14 – Vida na água: A química do solo ajuda a reter e complexar resíduos e poluentes tóxicos depositados nos solos, evitando que estes contaminem os corpos d'água e cheguem às águas costeiras adjacentes. Além disso, os mangues, ecossistema costeiro de grande importância para conservação de mares e oceanos, são áreas de sedimentos finos e apresentam vegetação típica que estabiliza o sedimento entre suas raízes e troncos. A química do solo influencia de forma que esses sedimentos são capazes de reter e complexar poluentes. Além disso, a vegetação se beneficia dos nutrientes minerais presentes no solo, produzindo fitomassa que, além de prover sustento para a base de teias alimentares costeiras, gera bens e serviços ecossistêmicos que incluem o sequestro de carbono, a regulação do clima e a proteção das zo-

nas costeiras contra o assoreamento.

ODS 15 – Vida terrestre: A qualidade química do solo está fortemente relacionada com a vida terrestre. Solos com teores adequados de nutrientes e bons indicadores químicos possibilitam a sobrevivência de macro e microrganismos, contribuindo para a sua saúde. Qualquer degradação química do solo, redução nos teores de carbono orgânico e nutrientes afeta toda biodiversidade existente no solo.

ODS 16 – Paz, justiça e instituições eficazes: solos quimicamente ricos e produtivos têm grande importância no estabelecimento da segurança alimentar, principalmente em países em desenvolvimento, e assim o setor agrícola assume um papel crucial na prevenção de conflitos. Isto tem fortes consequências sobre as migrações, com reflexos positivos sobre a paz e estabilidade política destes países.

ODS 17 – Parcerias e meios de implementação: Este último ODS está fora do escopo da química do solo.

Considerações finais

Vale refletir sobre o nosso papel, enquanto pesquisadores(as) e profissionais da ciência do solo, no atendimento dos ODS, para desenvolver tecnologias que possam cada vez mais entender e respeitar os limites dos solos, assegurando sua sustentabilidade, com muita inclusão, crescimento econômico sustentado e condições de trabalho dignas para os agricultores e a sociedade de modo geral. O envolvimento dos cientistas do solo na articulação e atendimento aos ODS ainda tem sido limitado, e os cientistas precisam ampliar, em suas pesquisas e projetos, a interação com diversas áreas do conhecimento (cientistas sociais, políticos, ambientais, economistas, etc.), para o êxito do processo.

Diversos ODS são diretamente impactados pelas propriedades químicas do solo. Assim, o manejo sustentável dos atributos químicos do solo é crucial para o atendimento e avanços nos ODS. Embora exista muito conhecimento científico e

informações sobre técnicas e tecnologias comprovadas, ainda há muito a se avançar e descobrir não apenas em relação à ciência, mas também em relação às políticas públicas. Além disso, as informações geradas nos centros de pesquisa e na academia precisam chegar aos agricultores de forma mais eficaz, e para isso o fortalecimento da extensão é de fundamental importância. A sociedade também deve participar mais ativamente na construção das propostas para que se alcancem os ODS com mais efetividade.

Ref. Bibliográficas

BOUMA, J.; MONTANARELLA, L.; EVANYLO, G. The challenge for the soil science community to contribute to the implementation of the UN Sustainable Development Goals. *Soil Use and Management*, v. 35, n. 4, p. 538–546, 2019. <https://doi.org/10.1111/sum.12518>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE. 172 p. 2022. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3101/agro_2017_caracteristicas_gerais.pdf

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE. Contas Nacionais Trimestrais: Indicadores de Volume e Valores Correntes. Brasília: IBGE. 41 p. 2024. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2024/03/pib-2023-ige.pdf>

YANG, S. et al. Prioritizing sustainable development goals and linking them to ecosystem services: A global expert's knowledge evaluation. *Geography and Sustainability*, v. 1, n. 4, p. 321–330, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.09.004>

YIN, C.; ZHAO, W.; PEREIRA, P. Soil conservation service underpins sustainable development goals. *Global Ecology and Conservation*, v. 33, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01974>

Contribuições do Bom Manejo da Fertilidade do Solo e da Nutrição Mineral de Plantas para o Atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Airon José da Silva
Aline de Almeida Vasconcelos

Universidade Federal de Sergipe

E-mails: aironjs@gmail.com;
alinevasconcelos@academico.ufs.br

A busca por um desenvolvimento sustentável como modelo de crescimento econômico sem comprometer os recursos naturais para as próximas gerações deve ser a base da política de um país e de todo cidadão, devendo realizar ações na sua vida pessoal e profissional que atendam aos direcionamentos dos Objetivos de Desenvolvimento Sus-

tentável (ODS). A ONU (Organização das Nações Unidas) prevê 17 ODS que direcionam ações para melhoria da qualidade de vida das pessoas e proteção do planeta para a agenda até 2030, estando os profissionais das Ciências Agrárias inseridos nesse processo, devendo incluir princípios dos ODS em suas atividades de assistência técnica, ensino, pesquisa e extensão. Entre esses profissionais, destacam-se os

que atuam diretamente no manejo da Fertilidade do Solo e na Nutrição Mineral de Plantas, área que contribui de forma direta e indireta nos princípios dos ODS.

Entre os 17 ODS, podemos entender que os principais objetivos ligados diretamente à Fertilidade do Solo e à Nutrição Mineral de Plantas são: ODS 1 – Erradicação da pobreza, ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável, ODS 12 – Consumo e produção responsáveis, ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima, ODS 15 – Vida terrestre.

A fertilidade do solo pode ser definida como a ciência que estuda, avalia e recomenda corretivos e fertilizantes para o manejo correto do solo no cultivo das plantas domesticadas. É um pilar fundamental da ciência do solo, pois garante o aumento da produtividade das culturas agrícolas, sendo uma ferramenta na redução da pobreza e da fome sem causar mais impacto na natureza como abertura de novas áreas com desmatamento, desertificação e minimização das emissões de gases de efeito estufa (NOVAIS, R. F. et al., 2007). Além disso, no manejo são empregados produtos, corretivos e fertilizantes, oriundos de mineração e com grande gasto energético na sua produção. Enquanto isso, a nutrição mineral de plantas cuida de uma produção com boa qualidade organoléptica dos alimentos produzidos, garantindo uma qualidade nutricional e mineral desses alimentos, sendo estes a base da alimentação humana. Apesar disso, é importante salientar que os nutrientes aplicados ao solo via corretivos e fertilizantes, seguindo a cadeia trófica, também são aproveitados pelos animais e humanos.

Com a evolução da agricultura e dos processos que envolvem os sistemas de produção eficiente, a fertilidade do solo não envolve mais apenas os aspectos

relacionados à química do solo, atenção aos aspectos físicos e biológicos do solo também devem ser observados para proporcionar as melhores condições para obtenção de máxima produtividade econômica em equilíbrio com os custos de produção. A fertilidade do solo usa como tecnologia a correção da acidez do solo, via aplicação de calcário (carbonato de cálcio e magnésio) ou de outros corretivos de acidez (silicatos, hidróxidos e óxidos de cálcio e magnésio), condicionadores do solo, fornecimento dos macronutrientes e micronutrientes na quantidade e suprimento nutricional adequados a cada cultura agrícola e o manejo de plantas de cobertura para aumento da matéria orgânica do solo, ciclagem de nutrientes e diversidade de organismos no solo. A aplicação desse conhecimento permite que as culturas obtenham o máximo de produtividade, influenciada justamente pela disponibilidade nutricional e hídrica. Pois, áreas bem manejadas permitem que as plantas acessem água pelo aprofundamento do sistema radicular em períodos de veranicos e mitiguem os estresses abióticos com maior facilidade devido ao acesso de nutrientes que participam de rotas metabólicas de proteção da planta.

Atualmente a fertilidade do solo e a nutrição mineral de plantas passam por evolução tecnológica com desenvolvimento de produtos agregados aos fertilizantes. Por exemplo, fertilizantes revestidos com tecnologia que reduzem perdas de nutrientes como fósforo, potássio e principalmente nitrogênio na agricultura (Figura 1) ou bioestimulantes que preparam a planta para uma recuperação mais rápida mediante estresse sofrido. Os fertilizantes revestidos são capeados com materiais inorgânicos (enxofre, boro, cobre, bentonita, fosfogesso e etc.) e/ou



Figura 1. Exemplos de fertilizantes protegidos com polímeros Kimcoat. Ureia revestida com polímero (A), cloreto de potássio revestido com polímero (B); fertilizantes fosfatados não revestidos (posicionados acima) e revestidos (posicionados abaixo) com polímeros (C) e detalhe do fertilizante fosfato monoamônico – MAP protegido com polímero Kimcoat. Fonte: Kimcoat Agrociências (Arquivo empresa 2024).

com materiais orgânicos (biocarvão, colofônia e polifenol; polímeros orgânicos podem ser sintéticos, como poliuretano, polietileno, resina alquídica, etc., ou naturais, como amido, quitosana e celulose).

Antigamente, era imaginável falar de capeamento do fósforo devido a sua baixa mobilidade no solo. No entanto, no mercado existem fertilizantes fosfatados que recebem o tratamento de capeamento com tecnologia de liberação controlada de acordo com a curva de demanda da cultura ou com o bloqueio dos sítios de adsorção das superfícies dos coloides ou com íons Fe, Al e Ca que possam precipitar com o fósforo (GARCÍA, M. C. et al., 1997). Os fertilizantes capeados contendo cloreto de potássio são menos encontrados, mas têm como princípio a liberação mais lenta, evitando perdas por lixiviação e principal-

mente o rápido aumento da concentração dos íons K^+ e Cl^- em volta de sementes e raízes provocando a seca fisiológica.

Os fertilizantes nitrogenados têm suas perdas por lixiviação quando se trata de nitratos, volatilização quando se trata de amônio em solos com pH maiores que 7 ou quando a fonte é amídica. A ureia pela maior concentração de N, é o fertilizante mais utilizado e, das fontes nitrogenadas, é a com maior capacidade de perdas por volatilização devido ao aumento do pH em volta do grânulo no processo de transformação da forma amídica em amônio mediado pela enzima urease. As tecnologias empregadas em fertilizantes nitrogenados incluem a estabilização de nitrogênio, liberação lenta ou quimicamente modificada e liberação controlada (LAWRENCIA, D. et al., 2021).

Esses fertilizantes, ditos “inteligentes”,

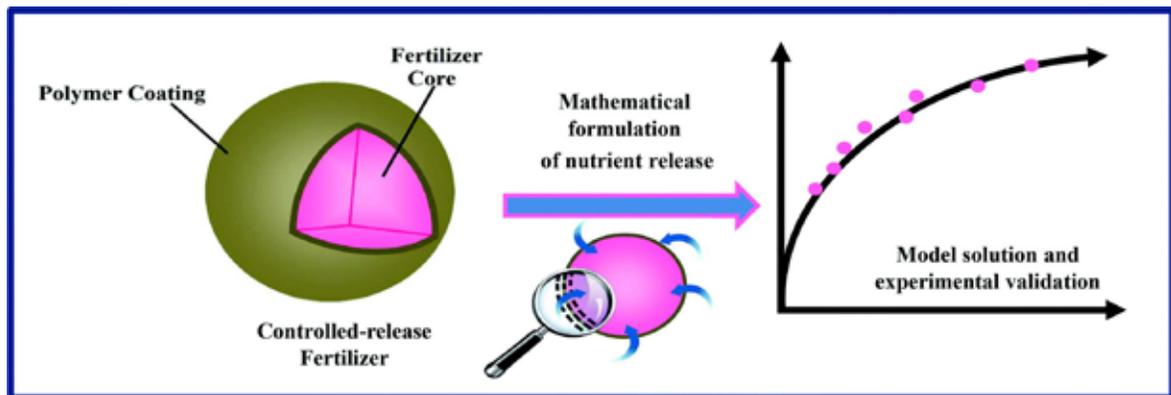


Figura 2. Representação de grânulo de um fertilizante capeado com polímero que proporciona liberação controlada. Fonte: Irfan et al. (2018).

possibilitam a redução da dose aplicada e a redução do parcelamento das aplicações dos fertilizantes no campo. Fertilizante de liberação lenta é aquele no qual a sua liberação total é mais lenta em relação ao fertilizante convencional e os fertilizantes de liberação controlada têm o mesmo princípio dos fertilizantes de liberação lenta, mas diferem destes porque o tempo de sua liberação no solo é conhecido (Figura 2). Ambas as tecnologias são capazes de reduzir a dose de fertilizante a ser aplicado ao solo e minimizar as perdas de nutrientes para o meio ambiente, sendo considerados o futuro dos fertilizantes comerciais.

Os fertilizantes revestidos com enxofre, por exemplo, são uma tecnologia de liberação controlada que pode garantir maior produtividade às lavouras, por levar enxofre ao solo, elemento muitas vezes negligenciado nas formulações das misturas de fertilizantes comerciais e pela possibilidade de aumentar a disponibilidade de N pela diminuição da volatilização pelo efeito de acidificação na proximidade do grão e barreira de proteção (Figura 3).

O revestimento da ureia com cobre e boro é exemplo de fertilizantes nitrogenados estabilizados, protege a ureia do processo de volatilização pela inibição da urease, reduzindo as perdas e garantindo maior nutrição às plantas (FARAHNAZ, E. B. et al., 2015; CRUSCIOL, C. A. et al., 2019).

São observados também avanços nos estudos de correção do solo, sendo disponibilizados pelo mercado novos produtos chamados de remineralizadores do solo (pó de rocha), trazendo com isso novas perspectivas, além do tradicional uso do calcário na agricultura (Figura 4). A calagem promove a redução de características referentes a acidez, como alumínio trocável, tóxico às plantas. Com isso, promove melhorias de ordem química, e aumenta o grau de disponibilidade de nutrientes às plantas, além de aumentar a eficiência das adubações. Os remineralizadores de solo são rochas moídas e usadas na agricultura na forma de pó, tendo como objetivo rejuvenescer o solo e enriquecer com nutrientes. Existem diversos produtos no mercado, a exemplo do MB-4,



Figura 3. Adubação na cultura do meloeiro com fertilizante revestido com enxofre elemental. Fonte: Autoral.



Figura 4. Incorporação de calcário no momento do encanteiramento do solo para o cultivo de hortaliças. Fonte: Autoral.

Azomite, Minerale, Terra Diatomácea, etc.

Na área de nutrição mineral de plantas, temos aliada à fertilidade o fornecimento de nutrientes, atendendo às leis da fertilidade, nas quantidades, modos, épocas de aplicação e fontes adequados possibilitando que o vegetal tenha todo seu aparato fisiológico nas melhores condições de funcionamento em todos os estádios fenológicos. Isso permite que tenhamos maior produtividade na mesma área e com a utilização de menos recursos naturais (FERNANDES, et al., 2018).

Outro destaque é o cultivo hidropônico, técnica que cultiva as plantas na ausência do solo, em uma solução nutritiva. Essa técnica apresenta várias vantagens, por gerar economia de água e nutrientes, redução do ciclo das culturas, aumento da

produtividade, etc. A técnica consiste na aplicação direta da solução nutritiva com todos os macronutrientes e micronutrientes sobre as raízes das plantas. Além disso, temos a fertirrigação, que usa os sistemas de irrigação como meio de aplicação de fertilizantes, conjugada com a irrigação, o que aumenta a eficiência das adubações e reduz os impactos no solo, quando bem manejada. Na figura 5, é possível observar o desenvolvimento de manjerição cultivado em solução nutritiva na ausência de nitrogênio, apresentando sintomas de deficiência nas folhas mais velhas (clorose) e pouco desenvolvimento da planta, mesmo na presença adequada de todos os outros nutrientes.

A Fertilidade do Solo e a Nutrição Mineral de Plantas são duas áreas da ciência



Figura 5. Cultivo de manjerição em solução nutritiva cultivado na ausência de nitrogênio. Fonte: José Carlos Freitas de Sá Filho (Arquivo pessoal, 2022).

do solo que andam juntas, e podem contribuir com os ODS da ONU, uma vez que a aplicação de seus conhecimentos permite um desenvolvimento do campo de forma mais adequada. Atendendo diretamente aos ODS, a redução da pobreza pode ocorrer pela geração de trabalho e renda, sendo o campo uma possibilidade de redução da pobreza, por ser a terra a base de sustentação de milhares de famílias ao redor do mundo. Neste caso, o bom manejo do solo, associado à sua correção química e ao fornecimento adequado de nutrientes necessários ao bom desenvolvimento vegetal.

O campo é o local de produção primária de alimentos para a sociedade moderna, seja ele para consumo in natura ou produtos a serem industrializados. A garantia de maiores produtividades depende da boa fertilidade do solo e da adequada nutrição mineral das plantas, garantindo com isso maior volume de produção de alimentos, o que deve ajudar na redução da fome no mundo. Sabemos que a fome é uma preocupação mundial, e os avanços na fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas podem garantir uma produção de alimentos em quantidade e qualidade adequadas, assegurando a segurança alimentar.

Por fim, entendemos que a Fertilidade do Solo e a Nutrição Mineral de Plantas podem garantir uma produção sustentável de alimentos, respeitando o meio ambiente e causando cada vez menos impactos na produção de alimentos. Para isso, novas tecnologias devem ser testadas e estudadas.

Ref. Bibliográficas

CRUSCIOL, C. A. et al. Mitigation of ammonia volatilisation from urea with micronised sulfur applied to common bean. *Soil Research*, v. 57, p. 357-364. 2019.

FARAHNAZ, E. B. et al. New coating formulation for the slow release of urea using a mixture of gypsum and dolomitic limestone. *Particuology*, v. 23, p. 62-67. 2015.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. *Nutrição Mineral de Plantas*. 2ª Edição. Rio de Janeiro – RJ, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018.

GARCÍA, M. C. et al. Effect of Applying Soluble and Coated Phosphate Fertilizers on Phosphate Availability in Calcareous Soils and on P Absorption by a Rye-Grass Crop. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 45, p. 1931–1936. 1997.

IRFAN, et al. A Review of Mathematical Modeling and Simulation of Controlled-Release Fertilizers. *Journal of Controlled Release*, v. 271, 45–54. 2018.

LAWRENCIA, D. et al. Controlled Release Fertilizers: A Review on Coating Materials and Mechanism of Release. *Plants (Basel)*, 238, p. 1-25. 2021.

NOVAIS, R. F. et al. *Fertilidade do solo*. Viçosa – MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

Desertificação: Monitoramento, Políticas Públicas e Desafios Atuais em Conexão com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Fábia Shirley Ribeiro Silva¹

Angelo Jamil Maia¹

Cinthia Maria Cordeiro Atanázio Cruz Silva¹

Rennan Cabral Nascimento²

Yuri Jacques Agra Bezerra da Silva²

¹ Universidade Federal Rural do Pernambuco;

E-mail: shirleyfsrs@gmail.com;

request.angelo@gmail.com;

cinthia.ufupe@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Piauí

E-mail: rennancabral2@yahoo.com.br;

yurijacques@ufpi.edu.br

A degradação da terra ocorre rapidamente em todo o mundo. No Brasil, destaca-se a região Nordeste onde foram identificadas áreas suscetíveis ao processo de desertificação. De acordo com a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), a desertificação é a degradação de terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas do planeta, resultante de fatores como o clima e atividades antrópicas. A UNCCD é um importante instrumento para fomentar as políticas de combate à desertificação e, juntamente com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), estabelece ações para intervir nos processos que causam a desertificação. Entre as metas estabelecidas pela Agenda 2030 de seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destaca-se “Até 2030, combater a desertificação, e restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela desertificação, secas e inundações, e lutar para alcançar um mundo neutro em termos de degradação do solo” (ODS 15.3). A criação desses acordos para combater a desertificação é necessária para garantir uma melhoria na qualidade de vida, entretanto, para que esses compromissos sejam cumpridos é indispensável o papel do governo, da sociedade civil e do setor privado, assegurando a efetividade dos instrumentos políticos criados.

É fundamental a participação da comunidade científica na construção de políticas públicas por meio das pesquisas científicas, pois estas servem de respaldo para a formulação de instrumentos políticos baseados em evidências. No entanto, na prática, predominam os interesses de setores dominantes. Por isso, é cada vez mais necessário o fortalecimento das organizações científicas para que

as pesquisas realizadas sejam aplicadas em seus respectivos países, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, em que haja um equilíbrio entre o progresso da sociedade, a conservação dos ecossistemas e o desenvolvimento da economia dos países.

No Brasil, foi criado o Plano de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil) como resultado do compromisso assumido pelo país em seguir as diretrizes da UNCCD, resultado da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio 92. O documento elaborado versa por temas como o cenário da desertificação no Brasil, estratégias, principais ações e as providências para implantação do PAN-Brasil. Uma das principais propostas de ação apresentadas é a redução da pobreza e desigualdade social, um fenômeno que se relaciona com a desertificação, principalmente pela redução na capacidade produtiva dos solos resultante desse processo. O solo é a base da produção de alimentos. Um solo fértil garante a alimentação das populações e o fornecimento de renda. No entanto, em áreas sob processos de desertificação há um comprometimento dessas funções, gerando insegurança alimentar. Apesar das limitações na disponibilidade dos recursos naturais, as comunidades tendem a utilizar o pouco recurso disponível para sua sobrevivência, acarretando o aumento dos processos de degradação. Entre os causadores da desertificação no Brasil, destaca-se o manejo inadequado dos solos, uso indiscriminado dos recursos florestais, pecuária extensiva pelo sobrepastejo e manejo inadequado da irrigação.

Uma nova versão do Plano de Ação Brasileiro de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAB) está

em processo de discussão envolvendo especialistas, gestores públicos e representantes de organizações não governamentais, com a finalidade de especificar o papel do governo e comunidades locais no combate à desertificação, assim como a definição das áreas suscetíveis à desertificação, sendo elas prioridades para ações de combate à desertificação e mitigação dos efeitos das secas. A importância da atualização do PAB se dá pela mudança no cenário, tendo em vista, principalmente, os impactos decorrentes das mudanças climáticas, que aumentam a vulnerabilidade dos ecossistemas e das comunidades locais.

A reavaliação do plano está sendo pautada de acordo com os ODS. Um importante ponto a ser levantado é o da sustentabilidade das florestas, destacada no ODS 15.2 “Até 2020, promover a implementação da gestão sustentável de todos os tipos de florestas, deter o desmatamento, restaurar florestas degradadas e aumentar substancialmente o florestamento e o reflorestamento globalmente”. No caso da Caatinga, vegetação nativa dominante do semiárido, faz-se necessário mais esforços para garantir sua proteção, pois há um grande avanço das queimadas e desmatamento nesse bioma. Essas alterações antrópicas resultam na degradação ambiental, e a problemática é ainda mais preocupante nesse contexto devido à regeneração natural da vegetação ser lenta. Com a remoção da vegetação, o solo exposto encontra-se mais suscetível ao processo de desertificação. Nesse contexto, observa-se um atraso do Brasil no cumprimento das metas estabelecidas pela Agenda 2030, e uma maior atenção do poder público é fundamental para garantir a implementação dessa agenda em território nacional. Além de ser um dever efetivar o

compromisso assumido pelo país, essas metas versam por temas como saúde, educação, agricultura sustentável, erradicação da pobreza, que são importantes para garantir uma melhoria efetiva na qualidade de vida das pessoas.

A participação do Brasil nas discussões sobre desertificação é imprescindível tendo em vista as vastas áreas semiáridas e subúmidas secas em sua extensão territorial. Como resultado do comprometimento com a temática, em 2015 foi sancionada a Lei nº 13.153 que estabelece a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PNCD). Por muito tempo o Brasil tratou da problemática como “combate à seca”, no entanto não se combate um fenômeno natural. Com o passar dos anos houve um avanço, tratando o tema como “mitigação dos efeitos da seca”, em que é possível adotar estratégias para identificar os riscos como a criação de sistemas de alerta precoce em caso de seca. Outro ponto é o de “combate à desertificação”, essa sim pode ser combatida já que tem grande influência antrópica, sendo possível o desenvolvimento de estratégias para conscientização das comunidades e políticas públicas para o desenvolvimento local. Dessa forma, a PNCD está diretamente associada ao clima árido ao adotar abordagens específicas para enfrentar os desafios ambientais e sociais nessas regiões.

Núcleos de Desertificação: Gilbués, Irauçuba, Seridó e Cabrobó

Os primeiros estudos sobre desertificação no Brasil, que definiam este fenômeno como sendo a degradação das terras produtivas no semiárido, foram conduzidos na região Nordeste por Vasconcelos Sobrinho em 1971. O semiárido

brasileiro foi então descrito como um deserto em potencial, principalmente devido ao desequilíbrio ambiental causado pelas atividades antrópicas. Por muito tempo, a desertificação foi associada de forma literal à formação de desertos. No entanto, como mencionado anteriormente, a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD) define desertificação como a degradação das terras em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, causada por diversos fatores, incluindo variações climáticas e atividades humanas (Brasil, 1999). Ainda

na década de 70, Vasconcelos Sobrinho selecionou áreas que foram caracterizadas como de alto risco à desertificação, que foram por sua vez designadas de Núcleos de Desertificação. Nessas áreas, os processos de degradação do solo e da vegetação atingiram níveis considerados irreversíveis. Esses Núcleos de Desertificação perduram até hoje como as principais áreas sob processo de desertificação no Brasil, sendo eles: Gilbués, no Piauí; Irauçuba, no Ceará; Seridó, no Rio Grande do Norte; e Cabrobó, em Pernambuco.

Os quatro Núcleos de Desertificação



Figura 1. Núcleo de Desertificação de Gilbués, localizado no estado do Piauí. Fonte: Autoral.

do Nordeste brasileiro, apesar de compartilharem desse fenômeno, apresentam diferenças que residem principalmente em suas características climáticas, mais especificamente seus regimes pluviométricos. O Núcleo de Gilbués (Figura 1) é o único, dentre os quatro, que apresenta o clima subúmido seco, onde a pluviosidade média anual é de cerca de 1200 mm (Silva, 2014). Já os Núcleos de Irauçuba, Seridó e Cabrobó compartilham do clima

semiárido, apresentando pluviosidades médias anuais de 629, 432 e 541 mm, respectivamente (Brasil, 2004). Muitos debates já foram levantados a respeito do enquadramento do Núcleo de Gilbués como uma área sob processo de desertificação, principalmente por causa de suas características climáticas. Esse debate ainda continua nos dias de hoje, mas a área já é notadamente conhecida pelo seu processo de desertificação pe-

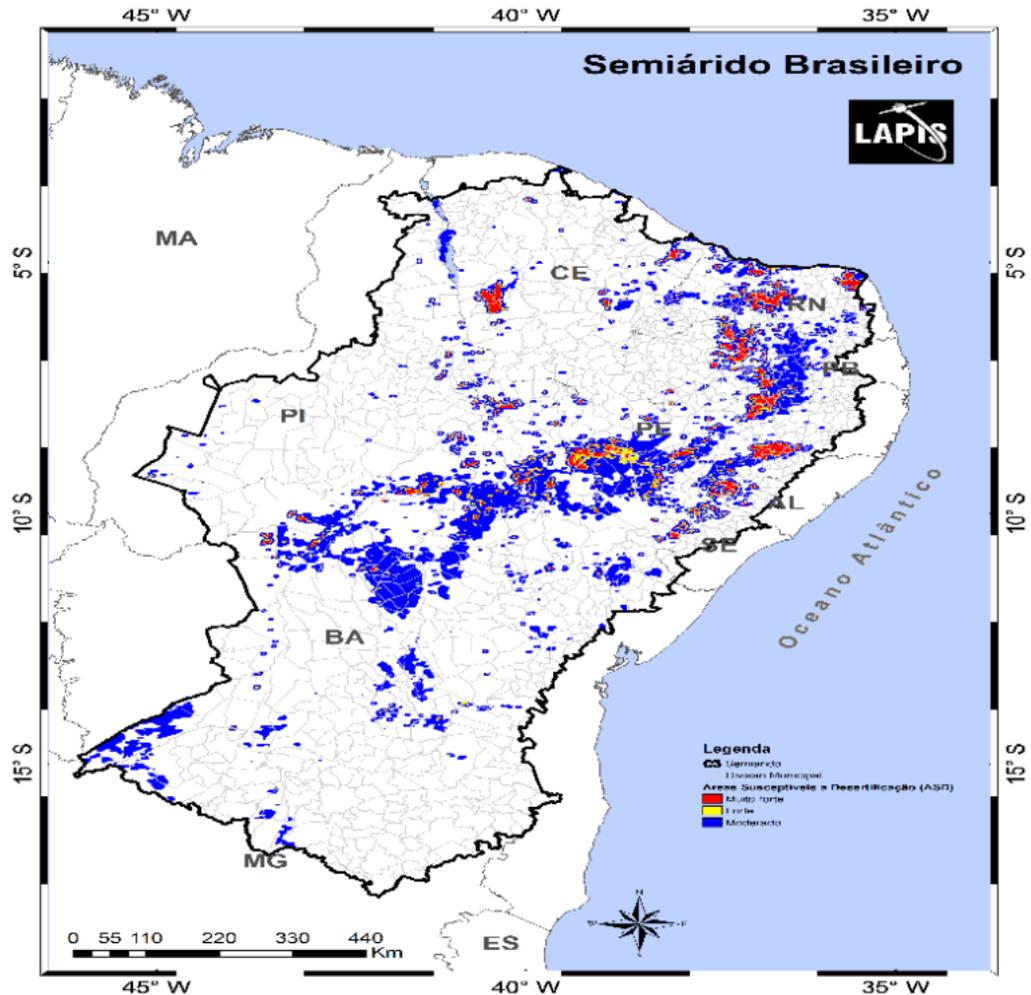


Figura 2. Mapeamento das áreas suscetíveis à desertificação (ASD) no Nordeste.
Fonte: LAPIS – Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites.

cular, em que uma erosão violenta transformou o ambiente em um cenário que remete a paisagens dignas de pertencerem a outros planetas.

Dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) determinados pelas Nações Unidas, a problemática da desertificação se enquadra em alguns deles, sendo especialmente relevante para o Objetivo 15, “Vida na terra”. O ODS 15 traz a seguinte redação: “Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerenciar florestas de forma sustentável, combater a desertificação e interromper e reverter a degradação da terra e interromper a perda de biodiversidade”. Apesar de ter um objetivo claro e direto, essa proposta se traduz em um desafio extremamente complexo para o Brasil, envolvendo desde a sociedade civil aos órgãos regulatórios federais. No contexto de combate à desertificação, a existência prévia dos Núcleos de Desertificação presentes no Nordeste ajuda a nortear essa prática, principalmente no que tange ao direcionamento de recursos e políticas públicas. Diante dessa realidade, é possível afirmar que o Brasil largou na frente no combate à desertificação, pelo menos em relação ao mapeamento das áreas de maior risco desse fenômeno (Figura 2). Entretanto, já existem evidências de formações de outros Núcleos de Desertificação em diferentes localidades do país, como é o caso de Cariris Velhos, na Paraíba, de Inhamuns, no Ceará, e do Sertão do São Francisco, na Bahia (Perez-Marin et al., 2012). O surgimento de novas áreas sob processo de desertificação é um fato que levanta a importância da continuidade do monitoramento e mapeamento para manter a eficiência no combate a esse fenômeno.

Clima árido: primeira evidência no Brasil

Uma região com cerca de 5763 km² de área, localizada no Norte do estado da Bahia e incluindo municípios como Chorrochó e Macururé, foi classificada recentemente como árida (índice de aridez inferior a 0,2). É a primeira vez que uma região no Brasil apresenta indicadores de clima árido. Essa constatação foi feita por um levantamento do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) e do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Os pesquisadores conduziram uma análise a partir de mapas de índice de aridez, referentes ao período de 1990 a 2020. Além disso, outro estudo recente mostrou, por meio de imagens processadas de satélite, que, no período de 2004-2022, essa mesma região apresentou uma tendência de aumento das temperaturas e diminuição das chuvas (Barbosa, 2023). Essas descobertas revelam um agravamento real das condições climáticas nessa área específica - tradicionalmente classificada como semiárida - ao longo dessas três décadas.

É possível afirmar que não estamos falando de uma região árida extrema, como os conhecidos desertos do mundo, e sim de uma região que mantém uma proximidade - no sentido ambiental - com o tradicional semiárido brasileiro. Sabe-se que as elevadas temperaturas e a redução das chuvas podem contribuir para o aumento da evaporação, resultando em uma diminuição na umidade do solo e agravando a estabilidade da vegetação na região. Esse processo pode, por sua vez, influenciar negativamente na qualidade do solo e do ambiente ao longo do tempo. Entretanto, essa nova informação científica levanta a bola para diversas outras questões, numa visão multidisciplinar:

- Quais são/foram as implicações para o ecossistema local, a disponibilidade hídrica, a qualidade do solo e do ambiente e o desenvolvimento socioeconômico da população local, frente a essa significativa alteração nos padrões climáticos?

- A área em questão apresenta níveis consideráveis de degradação ambiental que a predisponham a se tornar um novo núcleo de desertificação no Brasil?

- A mudança de status de semiárido para árido indica também um processo significativo de degradação ambiental local promovida pelo homem, como o desmatamento do bioma da Caatinga?

- Considerando um horizonte de curto e longo prazo, qual é a previsão climática e ambiental para essa nova região árida?

- Qual é a contribuição da degradação

do solo na formação desse clima árido local?

- Há outras áreas no semiárido brasileiro que estão próximas de também transitar para o clima árido?

O engajamento de pesquisadores, comunidades locais e autoridades é importante para enfrentar os desafios iminentes relacionados a essa transformação ambiental. Acreditamos que a conscientização sobre a necessidade de enfrentamento dos núcleos de desertificação, começando por essa região árida do norte da Bahia, seja fundamental para mobilizar esforços em direção a esses objetivos. Nota-se que, nos últimos anos, uma quantidade expressiva de trabalhos científicos notáveis foi produzida nos núcleos de Irauçuba, Seridó, Gilbués e Cabrobó.

Ref. Bibliográficas

BARBOSA, H. A. Flash Drought and Its Characteristics in Northeastern South America during 2004–2022 Using Satellite-Based Products. *Atmosphere*, v. 14, n. 11, 2023.

BRASIL, GOVERNO DO. Desertificação – III Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Prática, 1999. 23 p.

BRASIL, GOVERNO DO. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca - PAN-Brasil. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos, 2004. 242p

PEREZ-MARIN, A.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S.; TINÔCO, L.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: Ocorrência natural ou antrópica?. *Parcerias Estratégicas*, v. 17, p. 87-106, 2012.

SILVA, I. A. S. Clima e arenização em Gilbués-Piauí: dinâmica das precipitações e a vulnerabilidade da paisagem aos eventos pluviais intensos. 2014. 185 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. Núcleos de desertificação no polígono das secas - nota prévia. In: ICB – UFPE, 1971, p. 69-73.

Integrando a Remediação do Solo aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: um Caminho para Mitigar o Impacto da Poluição Ambiental

Cácio Luiz Boechat¹

Clístenes Williams Araújo do Nascimento²

Maria Eugenia Ortiz Escobar³

Karina Patrícia Vieira da Cunha⁴

¹Universidade Federal do Piauí;

E-mail: cacioboecat@ufpi.edu.br

E-mail: ²Universidade Federal Rural de Pernambuco;

E-mail: clistenes.nascimento@ufrpe.br;

³Universidade Federal do Ceará;

E-mail: mariaeugenia@ufc.br;

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Norte;

E-mail: karina.cunha@ufrn.br

Introdução

A sustentabilidade ambiental é um dos grandes desafios enfrentados pela humanidade. Neste cenário, os impactos da poluição ambiental e da degradação dos solos em todo o planeta são um dos principais limitadores à sustentabilidade. Estima-se que mais de 30% dos solos do planeta têm algum nível de degradação por erosão, poluição, salinização, desertificação e perdas de matéria orgânica e biodiversidade edáfica. Esses processos culminam com a perda de dezenas de bilhões de toneladas de solo produtivo todos os anos.

Dentre as formas de degradação de solo, a poluição, decorrente da geração e do descarte inadequado de resíduos industriais e urbanos, uso intensivo de agroquímicos e mineração, tem preocupado as autoridades e órgãos governamentais e exigido monitoramento e remediação. Por exemplo, o excesso de elementos potencialmente tóxicos (EPTs) como chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e mercúrio (Hg) não apenas prejudicam o metabolismo vegetal e as colheitas, mas também geram sérios riscos à saúde humana pela ingestão desses elementos via alimentos contaminados (FAO, 2017). Importante ressaltar que 95% da produção global de alimentos depende unicamente do solo, o que torna a qualidade deste recurso essencial para a qualidade do ambiente como um todo. No entanto, o avanço sobre áreas naturais, as práticas de manejo insustentáveis e o crescimento populacional, demandam cada vez mais da produtividade dos solos e, por conseguinte, pressionam a sua qualidade e a dos alimentos produzidos (FAO, 2022; Miranda et al., 2022).

No presente texto, será apresentada a integração de algumas práticas de remediação de solos contaminados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

para auxiliar na mitigação dos efeitos negativos da poluição ambiental, promovendo assim a sustentabilidade ambiental e social, contribuindo para a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida no planeta.

Impacto da Poluição no Solo e no Ambiente

A contaminação do solo se refere ao aumento da concentração de determinado elemento ou substância acima dos teores considerados naturais. Poluição, por outro lado, ocorre quando as concentrações anômalas não apenas excedem os padrões considerados naturais, mas também passam a causar dano aos seres vivos ou ao ecossistema. Dentre os principais poluentes, podem ser citados os EPTs, que podem levar à degradação de habitats naturais e à diminuição da diversidade de espécies, afetando negativamente os ecossistemas terrestres. Isso resulta em uma redução da estabilidade e resiliência dos ecossistemas, comprometendo serviços ecossistêmicos vitais para o bem-estar humano, como a regulação do clima e a purificação do ar e da água. Os EPTs em determinadas concentrações possuem o potencial de causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. Estes elementos podem ser encontrados naturalmente na crosta terrestre ou serem liberados no ambiente como resultado de atividades humanas, como mineração, queima de combustíveis fósseis, agricultura pelo uso intensivo de insumos e descarte inadequado de resíduos industriais e domésticos (Figura 1).

Em termos econômicos, a poluição do solo acarreta custos significativos para a sociedade. Os esforços para remediar estes problemas e restaurar ecossistemas degradados exigem investimentos substanciais de recursos financeiros e humanos. Por outro lado, a exposição de seres vivos a EPTs presentes no solo, água e alimentos pode causar uma variedade de



Figura 1. Solos contaminados por elementos potencialmente tóxicos em áreas desativadas de disposição irregular de resíduos sólidos municipais, apresentando: plantio agrícola (a), rejeitos da mineração de scheelita dispostos no solo no município de Currais Novos/RN - pilha de rejeito metálico (b), crescimento espontâneo de vegetal nativa (c) e rejeito grosso (d). Fonte: Karina Patrícia Vieira da Cunha.

problemas de saúde, limitando o desenvolvimento urbano e industrial em determinadas áreas. A exposição a altas doses de Hg e Pb, por exemplo, pode causar, entre outros problemas, cólicas abdominais, diarreia com sangue e insuficiência renal, enquanto em baixas doses, perturbações neuropsiquiátricas, incluindo fadiga, ansiedade e impactos prejudiciais no quociente de inteligência (QI) e na função intelectual em crianças. Outros EPTs como As, Cd e cromo (Cr) interrompem a síntese e o reparo do DNA, além de causar distúrbios neurológicos (Balali-Mood et al., 2021). Santos et al. (2018) relatam diversos casos da doença de Minamata (considerada uma das quatro grandes doenças oriundas de poluição no Japão), onde muitos bebês nasce-

ram com graves deficiências de desenvolvimento, devido a gestantes com elevadas concentrações de Hg no corpo.

Remediação do Solo: Métodos e Tecnologias

Atualmente, existem diversas estratégias ou técnicas com o objetivo de minimizar o risco para a biota e para a saúde humana causados por EPTs, que são considerados de grande preocupação por serem não-degradáveis e bioacumulativos. A primeira envolve medidas preventivas como a gestão de resíduos, controle de fontes de poluição, monitoramento ambiental, uso de tecnologias limpas, educação e conscientização, regulamentação e legislação e investimentos em pesquisa. A segunda, envolve solucionar ou mitigar o

problema existente com a remediação dos solos afetados, sendo um processo essencial para restaurar a saúde dos ecossistemas. Os métodos envolvidos no processo visam recuperar a qualidade do solo, restaurar a biodiversidade e promover o uso sustentável dos recursos naturais. Nas últimas décadas, vários métodos físicos, químicos e biológicos têm sido utilizados para remediar áreas impactadas e podem ser divididos em dois grupos: *in situ*, quando a remediação ocorre no local, ou *ex situ*, quando é necessário o tratamento do solo em outro ambiente (Miranda et al., 2022).

A remediação física e química, por exemplo, inclui a manipulação física do solo, lavagem ou aplicação de soluções térmicas ou ácidas, entre outras, com as desvantagens da complexidade técnica, alto custo e alteração das propriedades do solo, gerando resíduos ricos em metais que requerem tratamento extra (Gomes et al., 2016). Por outro lado, a técnica de biorremediação (ou abordagens biológicas) é uma estratégia que emprega microrganismos, plantas ou enzimas para desintoxicar contaminantes no solo e em outros ambientes. Baseia-se em processos naturais que combinam conhecimentos de microbiologia, bioquímica, fisiologia vegetal e engenharia para criar condições favoráveis para processos de biorremediação, fitorremediação, biolixiviação, *landfarming*, biorreatores, compostagem, bioaugmentação e bioestimulação, os quais não apresentam efeitos nocivos ao meio ambiente, sendo essa a sua principal vantagem (Miranda et al., 2022).

Como aplicação dessas técnicas em condições de campo, podemos citar a utilização de agentes quelantes como o ácido cítrico na remoção de Pb presente em solo contaminado por atividades de reciclagem de baterias no estado da Paraíba, o qual favoreceu a solubilidade do metal e facilitou a fitoextração (Freitas et al., 2013). Outra opção é a biosorção, téc-

nica de origem biológica e de baixo custo, principalmente quando os biossorventes provêm de fontes que não possuem valor econômico ou destino adequado para descarte, como resíduos de produtos agrícolas e agroindustriais, a exemplo dos resíduos de sisal (*Agave sisalana*), que se mostraram eficientes na diminuição da disponibilidade de cádmio e chumbo em solos contaminados (Silva et al., 2023).

Integração com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) (Figura 2) e as 169 metas que compõem a Agenda 2030 apontam para a dependência sistêmica do nexos Água-Alimento-Energia, do qual emergem os conceitos de segurança hídrica e alimentar, tão difundidos na atualidade (Lal, 2015).

O rápido crescimento da população humana aumentou substancialmente a demanda pelos serviços ecossistêmicos do solo. O fornecimento de alimentos para uma população em constante crescimento que deve chegar a 9,5 bilhões até 2050 (Figura 3), requer um aumento de 70% na produção agrícola (Lal, 2015). Dois importantes conflitos são gerados em decorrência disso: (1) crescimento da população versus escassez de terras aráveis, o que ameaça a segurança alimentar, desafio que depende do aumento da produtividade e da diminuição da desigualdade social; (2) demanda não apenas de alta produtividade agrícola, mas também de alimentos nutricionalmente ricos e livres de contaminantes. Portanto, a segurança alimentar tem estreita relação com a segurança e qualidade ambiental do solo, incluindo-se aqui a necessidade de seu monitoramento para evitar a entrada de EPTs e a remediação dos mesmos, quando necessário.

A produção de alimentos depende



Figura 2. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas. Fonte: ONU.

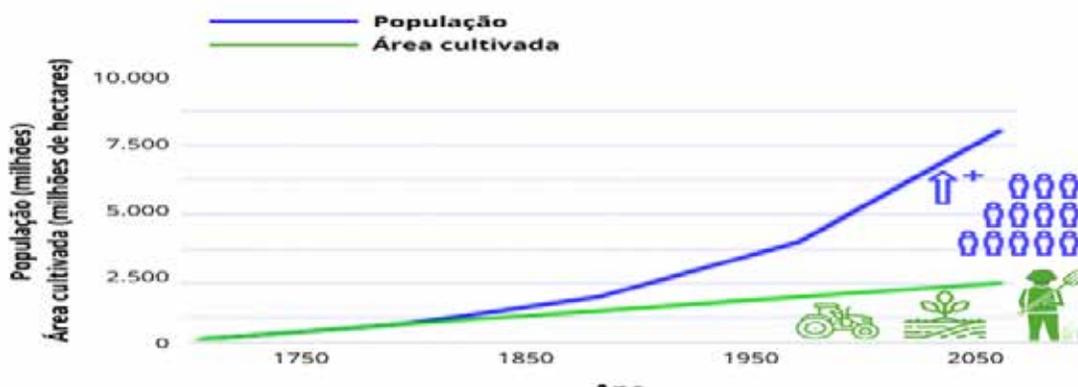


Figura 3. Aumento da população mundial e necessidade de manter a qualidade do solo em áreas cultivadas ameaçam a segurança alimentar. Fonte: Autoral

quase inteiramente do solo, mas a sua contaminação pela intensificação agrícola e uso indiscriminado de insumos contendo potenciais contaminantes reduz a capacidade dos solos em longo prazo de fornecer a complexa diversidade de serviços ecossistêmicos dos quais depende a sobrevivência da humanidade.

É evidente que para alcançar a Meta de Desenvolvimento Sustentável proposto pelas Organizações das Nações Unidas, o uso indiscriminado do solo, dos recursos hídricos e energéticos para manter a produção alimentar não poderá continuar o mesmo. É preciso investir e fomentar pesquisa para aprimoramento e desenvolvimento de tecnologias de remediação do solo a fim de reduzir os impactos da atividade antrópica na contaminação e aumentar a sustentabilidade dos sistemas agro-ambientais.

A gestão do solo é fundamental para resolver os problemas globais, especialmente aqueles relacionados à segurança alimentar, segurança hídrica, mudança climática e biodiversidade. À medida que nos esforçamos para atingir as metas de desenvolvimento sustentável relacionadas com alimentos, saúde, água e clima, as pressões sobre o solo aumentaram ainda mais e precisamos voltar o interesse público para esse recurso se quisermos alcançar êxito. A comunidade científica do solo deve fortalecer a pesquisa básica e aplicada para desenvolver novas tecnologias e métodos de avaliação de risco. A difusão da popularização da ciência do solo deve ampliar a compreensão das pessoas sobre a relação entre os serviços ecossistêmicos do solo e as metas de desenvolvimento sustentável da ONU.

Desafios e Perspectivas Futuras

A integração da remediação do solo e recuperação de áreas degradadas aos ODS apresenta benefícios, mas também enfrenta desafios significativos. Isso in-

clui: a) a falta de recursos financeiros, como, por exemplo, investimentos em pesquisa e ações de extensão, treinamento de pessoal e sistemas integrados de monitoramento; b) a complexidade dos processos de remediação, que incluem, além dos custos, tempo e mão de obra técnica qualificada e c) a resistência de alguns setores da sociedade em adotar práticas sustentáveis e ambientalmente seguras. Por outro lado, existe um crescente reconhecimento da importância da saúde do solo e da restauração de ecossistemas degradados para o bem-estar humano e a sustentabilidade ambiental.

Neste contexto, algumas tendências e abordagens emergentes merecem destaque: a) Abordagens integradas: As iniciativas de remediação do solo e recuperação de áreas degradadas estão cada vez mais integrando conhecimentos científicos, tecnologias inovadoras e práticas tradicionais de manejo sustentável do solo. Isso inclui o uso de técnicas de bioengenharia, como plantio de vegetação nativa, biochar e micorrizas, em combinação com práticas agrícolas sustentáveis e manejo adequado de resíduos; b) Participação comunitária e governança: Reconhece-se cada vez mais que a gestão eficaz do solo e dos ecossistemas requer a participação ativa das comunidades locais e uma governança inclusiva. As abordagens participativas, baseadas em princípios de justiça ambiental e direitos humanos, estão se tornando mais prevalentes na concepção e implementação de projetos de remediação e recuperação; c) Inovação tecnológica: Avanços tecnológicos, como sensoriamento remoto, modelagem de dados geoespaciais, inteligência artificial e biotecnologia, estão sendo cada vez mais aplicados para monitorar a saúde do solo, prever a degradação e otimizar as estratégias de remediação e recuperação; d) Parcerias multi-stakeholders: Parcerias entre governos, setor privado, organizações

não governamentais e comunidades locais são essenciais para mobilizar recursos, compartilhar conhecimentos e promover a colaboração em larga escala para enfrentar os desafios da degradação do solo e recuperação de áreas degradadas; e) Integração com políticas globais: A integração da remediação do solo e recuperação de áreas degradadas aos ODS requer uma coordenação eficaz entre as políticas globais, regionais e nacionais relacionadas ao desenvolvimento sustentável, biodiversidade, mudanças climáticas, segurança alimentar e redução da pobreza.

Em resumo, as perspectivas futuras sobre a integração da remediação do solo e a recuperação de áreas degradadas aos ODS são complexas, mas também oferecem oportunidades significativas para promover a sustentabilidade ambiental, social e econômica. O sucesso exigirá um compromisso renovado com a cooperação global, a inovação tecnológica e a inclusão social, a fim de alcançar um futuro mais resiliente e sustentável para as gerações presentes e futuras.

Conclusão

A integração da remediação do solo aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável oferece um caminho de oportunidades para mitigar o impacto da poluição ambiental, sendo um mecanismo de fomento para as discussões e investimentos sobre temas tão relevantes e que resultem na promoção de ações efetivas no controle e recuperação de áreas impactadas pelas ações antrópicas. No entanto, é necessário um esforço conjunto dos governos, empresas e sociedade civil para superar os desafios e implementar medidas eficazes de proteção ambiental. Investimentos em pesquisa, tecnologia, educação e conscientização ambiental são fundamentais para alcançar esses objetivos.

Ref. Bibliográficas

Balali-Mood, M.; Naseri, K.; Tahergorabi, Z.; Khazdair, M. R.; Sadeghi, M. Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. *Front. Pharmacol.*, v. 12, 2021. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>

FAO. Poluição contribui para perdas de bilhões de toneladas de solos por ano. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589391>. Acesso em: março de 2024.

FAO. Solos saudáveis para as pessoas e para o planeta: FAO pede reversão da degradação do solo. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/fr/c/1472352/>. Acesso em: março de 2024.

Freitas, E. V.; Nascimento, C. W. A.; Souza, A.; Silva, F. B. Citric acid-assisted phytoextraction of lead: A field experiment. *Chemosphere*, v. 92, p. 213-217, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.103>

Gomes, M. A. C.; Hauser-Davis, R. A.; Souza, A. N.; Vitória, A. P. Metal phytoremediation: General strategies, genetically modified plants and applications in metal nanoparticle contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 134, p. 133-147, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.08.024>

Lal, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, v. 7, n. 5, p. 5875-5895, 2015. <https://doi.org/10.3390/su7055875>

Miranda, R. S.; Boechat, C. L.; Bomfim, M. R.; Santos, J. A. G.; Coelho, D. G.; Assunção, S. J. R.; Cardoso, K. M.; Cardoso, E. B. Phytoremediation: A sustainable green approach for environmental cleanup. In: Kumar, V.; Shah, M. P.; Shahi, S. K. *Phytoremediation technology for the removal of heavy metals and other contaminants from soil and water*. Netherlands: Elsevier, 2022.

Santos, A. A.; Chang, L. W.; Liejun Guo, G.; Aschner, M. "Chapter 35 - fetal Minamata disease: a human episode of congenital methylmercury poisoning," in *Handbook of developmental neurotoxicology*. (Eds) Slikker, W.; Paule, M. G.; Wang C. 2nd Ed. Cambridge, MA: Academic Press, 2018. p. 399-406.

Silva, M. G.; Garcia, K. G. V.; Mattos, A. L. A.; Perez, E. H.; Martins, T. S.; Sousa, L. F. R. A.; Pinto, A. M. C.; Ortiz-Escobar, M. E. Reduction of Cd²⁺ and Pb²⁺ bioavailability in contaminated soil treated with sisal residues (*Agave sisalana*). *Water Air & Soil Pollution*, v. 234, p. 111, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06140-y>.

Contribuições da Educação em Solos para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU

Adriana de Fátima Meira Vital¹
Sebastiana Maely Saraiva²
Nildo da Silva Dias³

¹ Universidade Federal de Campina Grande;
E-mail: adriana.fatima@professor.ufcg.edu.br

² Instituto Federal do Sertão Pernambucano
E-mail: maely.saraiva@ifsertao-pe.edu.br

³ Universidade Federal Rural do Semi-Árido
E-mail: nildo@ufersa.edu.br

O modelo de desenvolvimento implantado no mundo tem ocasionado sérios problemas ambientais, como o aquecimento global, decorrente do excesso de poluição e da emissão de gases de efeito estufa lançados na atmosfera, principalmente pela queima de combustíveis fósseis; os

desmatamentos de grandes extensões de vegetação nativa, para expansão da área de produção agropecuária e dos conglomerados urbanos, gerando perda de biodiversidade aquática e terrestre em diversos biomas ao redor do mundo e, por fim, a exaustão e poluição dos solos agricultáveis, em decorrência do uso inadequado, do cultivo intensivo e dos

sistemas de irrigação mal planejados, entre outras causas.

Todas essas atividades têm empurrado a humanidade para um abismo com sérios problemas ambientais e socioeconômicos, tendo como consequências as desigualdades sociais, escassez de água e alimentos, pobreza, falta de acesso à educação e saúde, entre outros, em um padrão de crescimento desigual e que têm deteriorado de forma acelerada os recursos naturais, tornando a sobrevivência na Terra insustentável.

Por outro lado, o desenvolvimento sustentável tem sido pautado na sociedade de forma intensiva nos últimos anos, seja devido às transformações vivenciadas pelo mundo atual, que ocasionaram sérios problemas ambientais como o aquecimento global e as mudanças climáticas, alicerçadas no efeito estufa, seja em decorrência da demanda por produtos e serviços em quantidades cada vez maiores para atender aos anseios da sociedade moderna. Em 2015, líderes mundiais de 193 países assinaram um acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), prometendo que até 2030, a vida de bilhões de pessoas iria melhorar e, ninguém seria esquecido. Este acordo está contemplado nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pautados na Agenda 2030 da ONU para planejar, implementar e construir políticas públicas que levem o Brasil e o mundo ao alcance do progresso social com sustentabilidade em 5 perspectivas: pessoas, planeta, prosperidade, parceria e paz.

O esforço da ONU para atingir as metas desta agenda global é uma oportunidade única para nortear as comunidades universitárias, que desenvolvem estudos em Educação em Solos e, assim, poderem demonstrar o seu papel e a sua importância na construção e consolidação dos ODS, especialmente no que se refere aos objetivos Fome Zero

e Agricultura Sustentável com vista a soberania alimentar e nutricional dos países periféricos (ODS 2), acesso à água potável, saneamento e a gestão sustentável dos recursos hídricos (ODS 6), fonte de energia limpa e acessível para todos (ODS 7), adoção de medidas para atenuação dos efeitos das alterações climáticas (ODS 13) e, finalmente, o ODS 15, por meio da atuação da educação em solos para a formação cidadã visando proteger os solos, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação dos solos, bem como a perda da biodiversidade.

É importante destacar que os 17 ODS são indissociáveis e, nesse contexto, considerando que o solo é vida e os projetos de extensão universitária em educação em solos podem promover a sensibilização global para a conservação e o uso sustentável dos solos; então a educação em solos, especialmente quando se utilizam metodologias ativas e criativas, contribui significativamente com todas as temáticas abordadas nos 17 ODS da agenda 2030.

O potencial da Educação em Solos para promover a conexão com os ODS pode ser visualizado na perspectiva de se trabalhar os temas em atividades de ensino, pesquisa e extensão, inclusive estimulando ações de curricularização na Educação em Solos (Quadro 1).

Entretanto, devido à complexidade dos ODS, é importante que esses projetos de educação em solos possam internalizar as metas da agenda 2030, isto é, realizar o debate e as ações sempre considerando uma realidade local ou regional.

Os ODS são um apelo global a fim de que todos os países cresçam e cooperem nessa agenda de sustentabilidade, para acabar com a pobreza, proteger o Meio Ambiente e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz

Quadro 1. Perspectivas de abordagens dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em projetos de Educação em Solos.

ODS	ATIVIDADES
1. ERRADICAÇÃO DA POBREZA	Programas de reforma agrária Áreas com bom potencial produtivo Sustentabilidade da produção
2. FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL	Trabalhar os diferentes tipos de solos no contexto da produção de alimentos Práticas de conservação para manutenção do solo produtivo Estimular as feiras agroecológicas
3. SAÚDE E BEM-ESTAR	Alimentação saudável nas escolas Solos na inclusão e saúde mental O solo é fonte de nutrientes para as plantas Microbiota do solo tem potencial para fármacos
4. EDUCAÇÃO DE QUALIDADE	Ofertar cursos de formação continuada a professores da rede de Educação Básica, instrumentalizando-os para uma abordagem contextualizada e eficiente sobre o solo Fomentar a produção de material didático sobre solos Discutir mudanças nos currículos da Educação Básica para sensibilização sobre os solos Trabalhar políticas públicas em nível municipal e estadual para apoiar a abordagem do solo no calendário escolar
5. IGUALDADE DE GÊNERO	Valorizar os saberes e fazeres das mulheres do barro, fortalecendo a atividade de artesanato Estimular a participação de mulheres na Ciência do Solo
6. ÁGUA LIMPA E SANEAMENTO	Estimular práticas de construção e manutenção de fossas sépticas e canteiros econômicos
8. TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO	Organizar atividades que deem visibilidade às pessoas que lidam diretamente com o solo (agricultores, louceiras e oleiros)
9. INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA	Aprimorar as conexões com entidades e organizações para disseminar as melhores práticas de cuidado com o solo em projetos de construção Incentivar a arte com solo por meio da pintura com tinta de solo
11. CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS	Estimular ações de compostagem e vermicompostagem de resíduos e a reciclagem Fortalecer a agricultura urbana, periurbana e as hortas domésticas
12. CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS	Projetos de capacitação de agricultores para a prática da compostagem de resíduos alimentares
13. AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA	Trabalhar a gestão sustentável dos recursos e da recuperação dos solos degradados Trabalhar o aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo como um importante sumidouro de C
15. VIDA TERRESTRE	Trabalhar o solo como o abrigo, a casa e a sustentação de inúmeras formas de vida Desenvolver ações que evidenciem o solo como o guardião das civilizações (objetos enterrados)
17. PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO	Promover ações que estimulem políticas de gestão e conservação dos solos e valorização dos agricultores

e de prosperidade. Entretanto, seu alcance depende do esforço conjunto de países, empresas, instituições e sociedade civil. Nesse contexto, os educadores têm um papel fundamental, pois a Educação será o caminho mais eficaz na promoção dos ODS entre as pessoas.

Assim, a Educação Ambiental, pautada nas premissas do desenvolvimento sustentável, tem como objetivo desenvolver competências para que as pessoas possam refletir sobre as próprias ações, formando indivíduos capacitados para agir em situações complexas de forma sustentável, levando-os a adotar novas direções, participar dos processos sociopolíticos, promovendo assim o desenvolvimento sustentável da sociedade (UNESCO, 2017).

Como parte indissociável da Educação Ambiental, a Educação em Solos, processo pedagógico que tem como objetivo sensibilizar sobre a importância do solo na vida das pessoas, despertando para a necessidade da sua conservação e uso sustentável, bem como a interação desse recurso com os demais componentes ambientais (Muggler et al., 2006), vem ganhando destaque nas últimas décadas e atraindo a atenção de muitos educadores e pesquisadores da Ciência do Solo e afins, no Brasil e no mundo.

Em um levantamento realizado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBSCS, constatou-se um aumento substancial de iniciativas de Educação em Solos desenvolvidas em todas as regiões do país, saltando de quatro, em 2008, para 31 em 2014 e, posteriormente, em 2020, foram catalogadas 78 iniciativas (Lima et al., 2020a). O número de artigos científicos publicados acerca do tema também se expandiu, de aproximadamente cinco artigos anualmente, no período entre 1998 e 2011, para uma média de aproximadamente 15 artigos anuais na última década (Lima et al., 2020b).

É notável o potencial da Educação em Solos na promoção do desenvolvi-

mento sustentável e exemplo disso pode ser percebido na diversidade de iniciativas exitosas desenvolvidas por Instituições de Ensino e Pesquisa no Brasil e no mundo.

Na região Nordeste do Brasil, a luta para representar os solos em um contexto interdisciplinar já vem sendo desenvolvida há algum tempo: são inúmeros os exemplos de projetos e programas bem-sucedidos que evidenciam o papel importante de Educação em Solos para popularizar o conhecimento do solo e de seus serviços ecossistêmicos conectados aos ODS, evidenciando o comprometimento dos cientistas e educadores do solo com a disseminação de informações e orientações para promover o uso sustentável dos solos, numa perspectiva inter e transdisciplinar, com um público que vai de crianças, a adultos, estudantes e professores a agricultores, extensionistas e comunidade em geral (Figura 1).

Considerações Finais

Estimular a reflexão sobre as contribuições da Educação em Solos no cumprimento das metas estabelecidas nos 17 ODS da agenda 2030 da ONU é oportuno e desafiador, pois exige investir na formação dos agentes de assistência técnica e extensão rural, professores do ensino fundamental e médio, agricultores, além do desafio de inserir a sociedade civil na discussão sobre a importância do cuidado com os solos, entrelaçando os tomadores de decisão para fortalecer programas e projetos.

Em relação às políticas universitárias, torna-se urgente e necessária a inserção da disciplina em Educação em Solos na grade curricular dos cursos de graduação, especialmente aqueles voltados para as Ciências Agrárias e para os cursos de Licenciatura em Educação do Campo, Pedagogia e Geografia, como ferramenta de formação profissional dos principais agentes de transformação dos conceitos do solo como elemento essencial para a vida no planeta Terra.



Figura 1. Atividades desenvolvidas com estudantes da Educação Básica e Agricultores pelo Projeto Solo na Escola/UFPG (Campus Sumé-PB). Fonte: Autoral, 2022

Ref. Bibliográficas

Lima, M.R de; Vezzani, F.M; Silva, V. da; Muggler, C.C. Iniciativas de educação em solos no Brasil. SBCS, 2020. 92p. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/wpcontent/themes/b4stchild/files/iniciativas-deeducacaoemsolosnobrasil.pdf>. Acesso em: 04 jan 2024.

Lima M. R.; Knopki, A.V.G.; Pires, K. H.; Staben, L. A.; Araújo, M. F.; Sant'Ana, P. Catálogo de artigos de educação em solos no Brasil. Curitiba: Programa de Extensão Universitária Solo na Escola/UFPR; 2020b. Disponível em: https://www.sbcs.org.br/wp-content/themes/b4stchild/files/catalogo_artigoseducacaoem Acesso em: 10 jan 2024.

Muggler, C. C.; Pinto Sobrinho, F. A.; Machado, V. A. Educação em solos: princípios, teoria e métodos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 733-740, ago. 2006.

UNESCO. Teaching and Learning for a sustainable future. Disponível em: <https://en.unesco.org/themes/education/>. Acesso em: 28 dez 2023.

TESES E DISSERTAÇÕES

Contribuições da Ciência do Solo para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Nordeste do Brasil



ANALICE NUNES CLARINDO

ORIENTADOR: PROF. DR. JEAN CHEYSON DE B. SANTOS

Trabalho: *Estudo da origem de elevados valores de fósforo disponível em sistemas solo-saprolito derivados de rochas cristalinas do estado de Pernambuco*

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – Solos e Meio Ambiente – UFRPE

O estudo dos saprolitos revela sua importância tanto para a agricultura quanto para o meio ambiente. No entanto, a análise integrada dos atributos químicos e mineralógicos dos sistemas solos-saprolitos tem sido historicamente limitada, assim como os estudos sobre os teores de P-disponível em subsuperfície de solos de agricultura familiar em Pernambuco. Esse cenário é particularmente relevante em regiões semiáridas, onde os solos rasos têm saprolitos subjacentes e a classificação tradicional de aptidão agrícola negligencia o potencial dos saprolitos, limitando seu uso para a agricultura. Este projeto visa compreender os atributos dos solo-saprolitos, sua influência na profundidade efetiva e dinâmica do P-disponível. Sendo assim, é possível incluí-lo nos ODS 2: Agricultura sustentável, por meio da compreensão da aptidão do sistema solo-saprolito, apoiando o desenvolvimento agrário; ODS 8 e 9: apoiando ações de convivência no semiárido e estratégias para o desenvolvimento econômico, contribuindo para a redução das desigualdades.



NAYARA ROSE DA CONCEIÇÃO LOPES
ORIENTADORA: GISELLE GOMES MONTEIRO FRACETTO
CO-ORIENTADOR: EDIVAN RODRIGUES DE SOUZA

Trabalho: *Micorriza Arbuscular E Bactérias Promotoras De Crescimento De Plantas: Alternativa Sustentável Para O Crescimento E Desenvolvimento De Plantas Em Condições De Estresse Hídrico*

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – Solos e Meio Ambiente – UFRPE

Devido às mudanças climáticas, estudos ambientais preveem um aumento na frequência e intensidade da seca nos próximos anos, o que prejudica o crescimento e saúde das plantas, pois provoca o estresse hídrico, um dos principais estresses abióticos. Dessa forma, no Nordeste do Brasil e no mundo, nossa pesquisa contribui, principalmente, para o ODS 13 (Combater Mudanças Climáticas), pois promove educação, resiliência e adaptação das produções agrícolas aos riscos relacionados às mudanças climáticas e seus impactos, como é o caso da seca. Além disso, o trabalho também contribui para metas do ODS 2 (Acabar com a fome), que visa garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e práticas agrícolas resilientes e, para o ODS 15 (Ecossistemas Terrestres e Biodiversidade), no que diz respeito a preservação da biodiversidade do solo, recuperação e uso sustentável de terras áridas e semiáridas, que são afetadas pela seca.



NEILA BARBOSA FARIAS
COLABORADORES: VICTOR LIRA, LAVÍNIA VASCONCELOS
ORIENTADOR: CÍCERO GOMES DOS SANTOS

Trabalho: *Utilização de Stylosanthes spp. cv. Campo Grande na recuperação de solos degradados na região agreste de alagoas em diferentes sistemas de manejo.*

Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente

A população humana ultrapassou a marca de 8 bilhões e continua num crescente aumento, impactando diretamente nos sistemas de produção de alimentos-fibras e biocombustíveis. Os efeitos disso têm reflexos diretos nas propriedades do solo, causando a degradação, com maiores danos nos sistemas de pastagens nas regiões secas, em zonas áridas, semiáridas e climas de baixa umidade. A degradação em pastagens é uma realidade brasileira, principalmente no ambiente semiárido, levando o poder público a lançar diversas iniciativas, com o objetivo de equilibrar o hiato: produção e preservação ambiental. O Stylosanthes Campo Grande apresenta-se muito promissor no estabelecimento em áreas com elevado grau de degradação, auxiliando na manutenção ou melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo, além de contribuir para fixação de nitrogênio e carbono e de possuir alto teor de proteínas colaborando com o sistema produtivo sustentável e assim, atendendo o 2º e 15º Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.



LUCIANA DA LUZ SILVA

ORIENTADOR: WASHINGTON DE JESUS SANT' ANNA DA FRANCA-ROCHA.

CO-ORIENTADOR(A): DEORGIA TAYANE MENDES DE SOUZA

Trabalho: ***Determinação De Espectros De Referência Do Solo, Com Ênfase No Estoque De Carbono Orgânico No Bioma Caatinga – BA***

Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Programa de Pós-Graduação em modelagem em ciências da terra e do ambiente – PPGM

Os solos presentes no bioma caatinga possuem características diversas devido às condições da biodiversidade e climática, com isso é necessário conhecer as características dos solos para promover melhor manejo e conservação, buscando entender a sua capacidade de estoque de carbono orgânico para promover melhor qualidade de vida. Nesse sentido, a presente Tese tem como objetivo desenvolver uma biblioteca espectral de referência do solo do Bioma Caatinga com ênfase nos estoques de carbono orgânico. Tendo em vista a contribuição dos ODS, como a 2. Fome zero, Buscando uma melhor qualidade e conhecimento do solo podemos produzir mais e melhores alimentos e assim combater a fome. Já com o ODS 13 combate às alterações climáticas, tendo em vista que os estudos dos estoques de carbono orgânico nos solos do bioma caatinga, para promover a ciclagem de nutrientes do solo e o estoque de carbono emitido para a atmosfera. Já o ODS 15 anos de vida sobre a terra, visa promover melhor qualidade de vida, pois o solo é um dos principais recursos naturais para a manutenção da vida na terra. Para além das contribuições com os ODS. Os estudos dos solos em ambiente de caatinga é de suma importância para entender suas especificidades e adotar melhores práticas e manejos.



ERASMO VENÂNCIO DE LUNA NETO

ORIENTADOR:

Trabalho: ***ÁCIDO FÚLVICO NO CULTIVO DE COUVE – FLOR (Brassica oleracea L. var. botrytis) NA REGIÃO DO CURIMATAÚ PARAÍBANO***

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela UFPB-CCA

Este trabalho tem o objetivo de implementar o bioestimulante à base de ácido fúlvico no cultivo de hortaliças no Cariri paraibano, visto que essa substância é derivada da matéria orgânica e possui grande potencial para auxiliar na produção agrícola sustentável e na produção saudável de alimentos. Isto se dá através de seu potencial em aumentar a biodisponibilidade dos nutrientes do solo, ajudar a complexar metais pesados tóxicos para plantas e pessoas, além de aumentar a produção.



ANTONIO YAN VIANA LIMA
ORIENTADOR: MAURÍCIO ROBERTO CHERUBIN

Trabalho: *Soil health assessment in desertified drylands in Brazil*

Instituição e Programa de Pós-Graduação: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” | Universidade de São Paulo (Esalq/USP) – Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas

Este estudo pode contribuir de forma significativa para que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no Nordeste do Brasil sejam alcançados. Ao abordar a saúde do solo em regiões desertificadas, ele se alinha diretamente com vários ODS, como o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima) e ODS 15 (Vida Terrestre). Por meio de métodos de avaliação para saúde do solo, o estudo oferece insights cruciais para restaurar ecossistemas degradados, melhorar a produtividade agrícola e mitigar os impactos da desertificação, promovendo assim a segurança alimentar (ODS 2) e a resiliência climática (ODS 13). Além disso, ao valorizar a biodiversidade e a saúde do solo (ODS 15), ele direciona estratégias para a conservação e uso sustentável da terra, bem como a melhora na qualidade de vida animal e humana (ODS 3), beneficiando comunidades rurais e promovendo o desenvolvimento sustentável no Nordeste brasileiro.



JAMILES CARVALHO GONÇALVES DE SOUZA HENRIQUE
ORIENTADOR: ALEXANDRE CAMPELO DE OLIVEIRA

Trabalho: *Atividade enzimática e incrementos produtivos do sorgo forrageiro sob déficit hídrico e adubação nitrogenada e molibídica no semiárido brasileiro*

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PGPV).

Contribuição para o desenvolvimento sustentável no Nordeste do Brasil: A adubação nitrogenada e molibídica desempenha um papel crucial no incremento produtivo do sorgo forrageiro, especialmente em regiões semiáridas como o Nordeste do Brasil. Essa prática agrícola tem implicações significativas para o desenvolvimento sustentável da região, oferecendo diversos benefícios como aumento da produtividade, tolerância ao déficit hídrico e qualidade nutricional da forragem. Este trabalho teve como proposta obter parâmetros que possam contribuir para o incremento na produção, produtividade e qualidade nutricional do sorgo no semiárido, favorecendo o aporte de alimentos para o rebanho ao longo do ano (sendo um dos principais problemas para a maioria dos produtores dessa região), especialmente em períodos de estiagem. Os parâmetros pesquisados visam compreender o equilíbrio entre estes nutrientes, bem como a eficiência de utilização, podendo auxiliar trabalhos futuros na calibração da dosagem adequada, trazendo uma redução nos custos de fertilizantes para os produtores, além de ajudar na escolha da época de aplicação do nutriente.



JOSEANI SANTOS ÁVILA
ORIENTADOR: JOILSON SILVA FERREIRA

Tese: *Inoculação de *Herbaspirillum seropedicae* e *Azospirillum brasilense* associada com diferentes espécies de adubos verdes no cultivo de milho orgânico*

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PPGA. – Vitória da Conquista – BA

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de extrema importância socioeconômica, sendo o grão mais produzido e consumido no mundo. O cultivo orgânico, além de fornecer proteção ao produtor, disponibiliza alimentos de qualidade para a população. No sistema orgânico existem algumas formas eficientes e econômicas de fornecer o nitrogênio: através da FBN, realizada por organismos diazotróficos que são capazes de converter o N₂ presente no ar atmosférico em forma assimilável e com a utilização de adubação verde, que, além de fornecer o nitrogênio requerido pelas culturas, proporciona qualidade química, física e biológica no solo. Ao utilizar a FBN e adubação verde em substituição à fertilização nitrogenada, torna o alimento mais saudável, com menor impacto ambiental e menor custo de produção. O estudo é desenvolvido pela necessidade de descobrir qual a melhor espécie para ser utilizada como adubação verde e a melhor bactéria associativa para a cultura do milho em cultivo orgânico.



JEFFERSON FERREIRA DE FREITAS FEITOSA
ORIENTADORA: PROF. DR^a. ROSILENE OLIVEIRA MESQUITA
CO-ORIENTADORA: PROF. DR^a. ADRIANA GUIRADO ARTHUR

Trabalho: *Biocarvão da casca do coco verde nos atributos do solo e na produção do meloeiro*

Universidade Federal do Ceará- UFC | Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo -PPGCS

O Nordeste se destaca como a principal região produtora de melão e de coco verde do Brasil. O potencial produtivo do coco verde tem trazido ganhos significativos para a economia local. Entretanto, tem gerado transtornos urbanos diante do descarte inadequado. A decomposição desse material na natureza demora em torno de uma década, permanecendo liberando gases do efeito estufa. A utilização de resíduos para produção de biocarvão tem mostrado ser uma grande alternativa agrícola, principalmente no contexto da sustentabilidade. Diante da destinação imprópria atual e por ser um material rico em K, o biocarvão da casca do coco verde apresenta potencial para ser utilizado como fonte de K na cadeia produtiva do melão, favorecendo o rendimento da cultura e melhorando os atributos do solo. Portanto, esse material quando incorporado ao solo melhora a nutrição do meloeiro e aumenta a quantidade de carbono retido no solo, mitigando a liberação de gases do efeito estufa.



MARLLON RINALDO DE LIMA ANDRADE

ORIENTADOR(A): **DRA. MARIA AVANY BEZERRA-GUSMÃO (UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA)**

CO-ORIENTADORES: **DR. JOSÉ JOÃO LELIS LEAL DE SOUZA (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA) E DR. ARAM MIKAELIAN (NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY)**

Trabalho (em andamento - 2025): ***Respostas edáficas à redução da precipitação e suas implicações no processo de decomposição no semiárido paraibano***

Programa de pós-Graduação em Ecologia e Conservação - Universidade Estadual da Paraíba.

Projeções climatológicas apontam uma redução nas chuvas do semiárido brasileiro para os próximos 100 anos. Com isso, esta tese de doutorado visa avaliar como essa redução pode impactar a bioecologia dos solos desta região a partir da observação da pedofauna e microbiota edáfica sob regimes de redução hídrica no semiárido paraibano, e como isso pode afetar o funcionamento desses ecossistemas a partir do processo de decomposição e ciclagem de nutrientes. Nossos resultados podem contribuir para a tomada de decisões acerca da mitigação dos efeitos da redução hídrica nesses ambientes e gerar medidas de preservação dessas áreas que já sofrem com a limitação de água. Ao final desta tese, nossos dados poderão auxiliar no alcance dos objetivos 13 e 15 dos ODS, que versam sobre o combate às alterações climáticas e a vida sobre a terra, respectivamente, no semiárido que compreende a maior parte da região Nordeste do Brasil.



LEANDRO CORRÊA PEREIRA

ORIENTADOR: **RAPHAEL MOREIRA BEIRIGO**

Trabalho: ***Serviço Ecológico do Solo de Estoque de Carbono e Plano de Segurança da Água***

Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias
Departamento De Solos E Engenharia Rural – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

A capacidade de estocar carbono (C) é um dos serviços ecossistêmicos do solo - SES. Os estoques de C estão relacionados à retenção e distribuição de água no solo, influenciando no SES do ciclo da água. Com isso, no Plano de Segurança da Água de 4 cidades da Paraíba estamos avaliando os estoques de C e sua relação com dinâmica da água no solo. O levantamento dos estoques de C é fundamental para o planejamento e implementação de políticas de pagamento dos SES, melhorando a economia sustentada, inclusiva e sustentável através da preservação ambiental, despertando para a conservação ecossistêmica terrestre, combatendo a desertificação nas regiões semiáridas. Nossas ações visam contribuir com os objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU, 3 - Saúde de qualidade, 6 - Água potável e saneamento, 11 - Cidades e comunidades sustentáveis, 13 - Ação climática e 15 - Proteger a vida terrestre.

SÓCIOS DO NRNE/SBCS (PERÍODO 01/01/2024 – 08/07/2024)

ADRIANA DE FATIMA MEIRA VITAL
AIRON JOSE DA SILVA
ALCEU PEDROTTI
ALEXANDRE TAVARES DA ROCHA
ANA LUCIA BORGES
ANA MARIA SOUZA DOS SANTOS MOREAU
ANDRÉIA TEIXEIRA DA SILVA
ANDRE RODRIGUES NETTO
CACIO LUIZ BOECHAT
CARMEM SUEZE SILVA MIRANDA
CAROLINA MALALA MARTINS SOUZA
CICERO GOMES DOS SANTOS
CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA
CLISTENES WILLIAMS A. DO NASCIMENTO
CRISTIANE BARBOSA DA SILVA
DEORGIA TAYANE MENDES DE SOUZA
DIANA FERREIRA DE FREITAS
DIANA SIGNOR DEON
DIVINO LEVI MIGUEL
DJAIL SANTOS
DOUGLAS MONTEIRO CAVALCANTE
EDIVAN RODRIGUES DE SOUZA
EDVALDO SAGRILO
FLAVIO ADRIANO MARQUES
FLAVIO PEREIRA DE OLIVEIRA

FRANKLIN EDUARDO MELO SANTIAGO
GABRIEL NUTO NÓBREGA
GISELLE GOMES MONTEIRO FRACETTO
GLAILSON BARRETO SILVA
GRACE BUNGENSTAB ALVES
GUSTAVO SOUZA VALLADARES
HENRIQUE ANTUNES DE SOUZA
HENRIQUE JOSÉ G. MOREIRA MALUF
IVANDRO DE FRANCA DA SILVA
JAEDSON CLAUDIO ANUNCIATO MOTA
JEAN CHEYSON BARROS DOS SANTOS
JEANE CRUZ PORTELA
JOAO SANTIAGO REIS
JOSE COELHO DE ARAUJO FILHO
JUSSARA SILVA DANTAS
KAMYLLA GONÇALVES OLIVEIRA ASSIS
LAERTE BEZERRA DE AMORIM
LEONARDO TEIXEIRA SOUSA
LUANA SOUSA COSTA
LUCIANA DA LUZ SILVA
LUIZ ANÍBAL DA SILVA FILHO
LUIZ FRANCISCO DA SILVA SOUZA FILHO
MANUELLA VIEIRA BARBOSA NETO
MARCOS MARTINS MASUTTI
MARIA ELOISA CARDOSO DA ROSA

**MARIA EUGENIA ORTIZ ESCOBAR
MARIA BETANIA G. DOS SANTOS FREIRE
MATEUS ROSAS RIBEIRO FILHO
MILTON CESAR COSTA CAMPOS
MIRIAN CRISTINA GOMES COSTA
OLDAIR DEL'ARCO VINHAS COSTA
PATRICIA ANJOS B. BARRETO-GARCIA
PAULA RENATA MUNIZ ARAUJO
QUINTINO REIS ARAUJO
RAFAEL CIPRIANO DA SILVA
RAIMUNDO NONATO DE ASSIS JUNIOR
REGLA TOUJAGUEZ LA ROSA MASSAHUD
RICARDO ESPINDOLA ROMERO
RICHARD JOHN HECK
RISELY FERRAZ DE ALMEIDA
ROMULO VINICIUS CORDEIRO CONCEICAO DE SOUZA
RONNY SOBREIRA BARBOSA
SAMMY SIDNEY ROCHA MATIAS
SILVIO ROMERO DE MELO FERREIRA
TAMARA CLAUDIA DE ARAUJO GOMES
VALDEVAN ROSENDO DOS SANTOS
VALDOMIRO SEVERINO DE SOUZA JUNIOR
YGOR JACQUES AGRA BEZERRA DA SILVA
YURI JACQUES AGRA BEZERRA DA SILVA**

**Associe-se e fortaleça a Ciência do Solo no
Nordeste!**



NRNE