

RADAR

# SOLOS

**Embrapa**

1ª EDIÇÃO | DEZEMBRO | 2020

**Radar Solos** é uma publicação da Embrapa Solos que trata de temas relacionados ao futuro da ciência do solo

ANA PAULA DIAS TURETTA | ANDRÉ JÚLIO DO AMARAL | BEATA EMOKE MADARI | CELSO VAINER MANZATTO | CLAUDIA REGINA DELAIA MACHADO | DJALMA MARTINHÃO GOMES DE SOUSA (*in memoriam*) | EDUARDO DELGADO ASSAD | FABIANO DE CARVALHO BALIEIRO | FÁBIO BUENO DOS REIS JUNIOR | GUILHERME MONTANDON CHAER | IÊDA CARVALHO MENDES | JOSÉ CARLOS POLIDORO | LÍVIA ABREU TORRES | MARGARETH GONÇALVES SIMÕES | MAURÍCIO ANTÔNIO LOPES | PATRÍCIA ROCHA BELLO BERTIN | PETULA PONCIANO NASCIMENTO | RENATO DE ARAGÃO RIBEIRO RODRIGUES | RODRIGO DEMONTE FERRAZ | SEGUNDO SACRAMENTO URQUIAGA CABALLERO | VINICIUS DE MELO BENITES



# SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| PETULA PONCIANO<br>NASCIMENTO<br><b>Apresentação</b>  | 03 |
| ANA PAULA DIAS TURETTA<br><b>O papel dos solos<br/>na segurança alimentar</b>   | 04 |
| ANDRÉ JÚLIO DO AMARAL<br><b>Geotecnologias aplicadas<br/>ao manejo e conservação<br/>do solo e da água</b>  | 05 |
| BEATA EMOKE MADARI<br><b>Carbono no solo, mudança do<br/>clima e segurança alimentar</b>  | 06 |
| CELSO VAINER MANZATTO<br><b>Solos: estratégico para as<br/>mudanças climáticas</b>  | 07 |
| CLAUDIA REGINA DELAIA<br>MACHADO E PATRÍCIA ROCHA<br>BELLO BERTIN<br><b>Governança de dados do solo<br/>e água: o que o futuro<br/>nos reserva?</b>   | 08 |
| EDUARDO DELGADO ASSAD<br><b>Água, sabendo usar<br/>não vai faltar</b>   | 09 |
| IÊDA CARVALHO MENDES,<br>DJALMA MARTINHÃO GOMES<br>DE SOUSA ( <i>in memoriam</i> ), FÁBIO<br>BUENO DOS REIS JUNIOR E<br>GUILHERME MONTANDON CHAER<br><b>Tecnologia de bioanálise<br/>de solo BioAS Embrapa:<br/>a mais nova aliada da<br/>sustentabilidade agrícola</b> | 10 |

|   |    |
|---|----|
| JOSÉ CARLOS POLIDORO<br><b>A profunda relação<br/>do homem com o solo</b>   | 11 |
| LÍVIA ABREU TORRES E FABIANO<br>DE CARVALHO BALIEIRO<br><b>Agrivoltaics: uma nova<br/>agricultura?</b>  | 12 |
| MARGARETH GONÇALVES<br>SIMÕES E RODRIGO<br>DEMONTE FERRAZ<br><b>A convergência tecnológica<br/>nos campos das Tecnologias<br/>Espaciais, Inteligência<br/>Artificial e a Computação de<br/>Alto Desempenho abrem novas<br/>perspectivas e avanços para o<br/>monitoramento dos solos e das<br/>culturas agrícolas</b> | 13 |
| MAURÍCIO ANTÔNIO LOPES<br><b>Segredos do microbioma do solo</b>   | 14 |
| PETULA PONCIANO<br>NASCIMENTO<br><b>ESG e a relação com<br/>o setor Agropecuário</b>  | 15 |
| RENATO DE ARAGÃO<br>RIBEIRO RODRIGUES<br><b>O papel dos solos nos sistemas<br/>integrados de produção<br/>agropecuária</b>  | 16 |
| SEGUNDO SACRAMENTO<br>URQUIAGA CABALLERO<br><b>Uma reflexão sobre o caminho<br/>que seguimos na pesquisa<br/>para atender demandas de<br/>tecnologias agrícolas</b>   | 17 |
| VINICIUS DE MELO BENITES<br><b>Fertilizantes organominerais<br/>como tecnologia verde,<br/>alinhada à bioeconomia</b>   | 18 |

## EXPEDIENTE

**Coordenação técnico-científica** Petula Ponciano Nascimento | Daniel Vidal Pérez | Lívia Abreu Torres  
**Editores** Fabiano de Carvalho Balieiro | Lívia Abreu Torres  
**Revisão de texto** Marcos Antônio Nakayama | Jacqueline Silva Rezende Mattos  
**Projeto gráfico e diagramação** Alexandre Esteves Neves  
**Imagens** Banco Multimídia Embrapa | Pexels.com

# APRESENTAÇÃO

## O futuro trará cada vez mais desafios! Questões

sobre mudanças climáticas, intensificação sustentável e manutenção da biodiversidade moldam um cenário de crescentes vulnerabilidades, incertezas e riscos. Ao mesmo tempo, avanços científicos, inovações disruptivas e tecnologias emergentes descortinam inúmeras oportunidades. Como nos preparar para evitar possíveis ameaças e aproveitar melhor as possibilidades? Como ajudar a construir o futuro que desejamos?

O **Radar Solos** tem como missão fomentar questionamentos e *insights* sobre o futuro da Ciência do Solo. Seu objetivo é promover análise de eventos que estão ocorrendo no presente e refletir sobre seus impactos e desdobramentos no futuro. Por meio da identificação de tendências e sinais de mudança, busca-se “olhar para frente”, estimulando o pensamento crítico e visões de longo prazo.

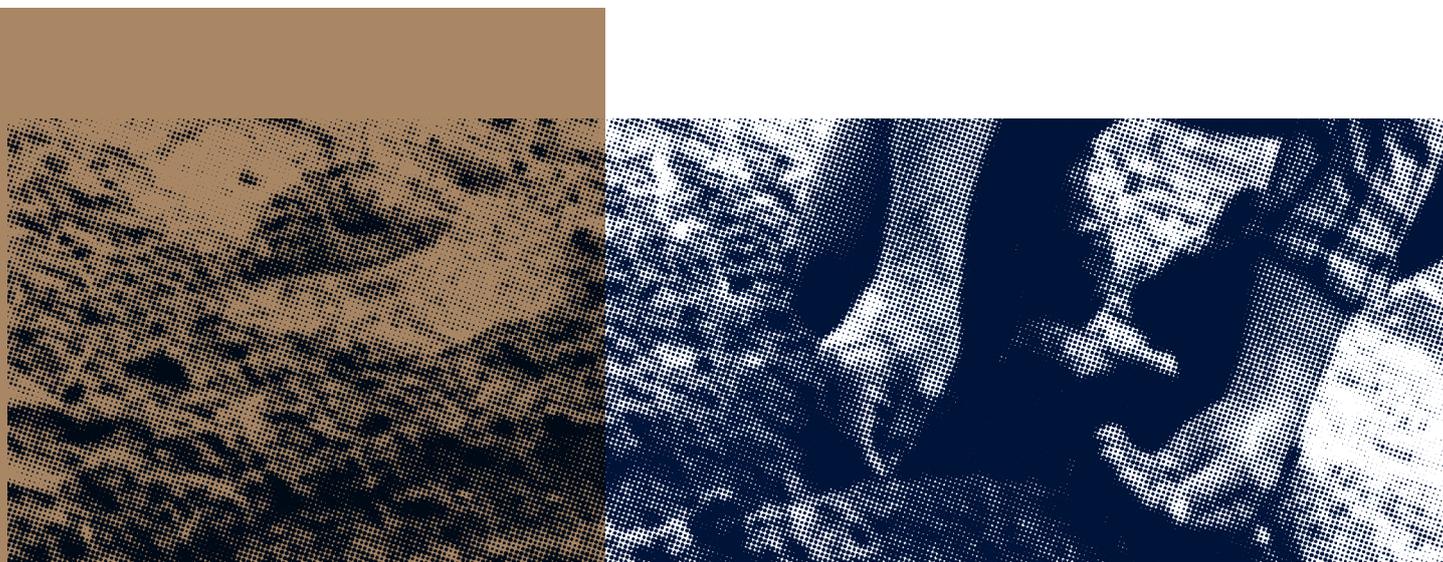
Nesta primeira edição, trazemos ensaios de convidados da Embrapa. São textos curtos que abordam variados assuntos relacionados às temáticas solos e água. É destacado o papel que o solo desempenha na segurança alimentar, nas mudanças climáticas e nos sistemas integrados de produção agropecuária. Meio ambiente é também tema dos textos

que tratam da importância do solo como um reservatório de carbono, do uso racional da água e da relação da ESG (*Environmental Social Governance*) com o setor agropecuário. Geotecnologia, convergência tecnológica e governança dos dados são exploradas, demonstrando as perspectivas que trazem para o solo. Adicionalmente, são apresentados desafios para produção de fertilizantes organominerais, bem como benefícios potenciais de novas tecnologias: “Bioanálise de solo BioAS Embrapa” e “Agrivoltaics”. Por fim, abordam-se a profunda relação do homem com o solo, a oportunidade de desvendar os segredos do seu microbioma e o caminho que seguimos na pesquisa para atender a demandas de tecnologias agrícolas.

Agradecemos a todos que, em meio aos seus inúmeros compromissos, aceitaram participar desta iniciativa. Esperamos que as reflexões e *insights* apresentados estimulem e inspirem outros profissionais a se engajar no universo dos estudos de futuro, contribuindo para ampliar a percepção do presente e promover avanços na pesquisa agropecuária brasileira.

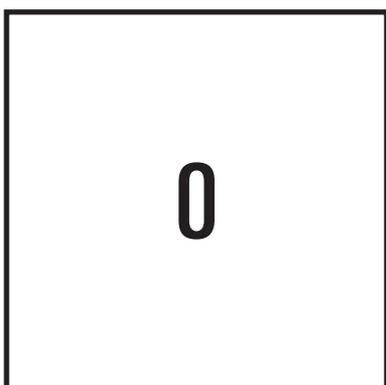
## Petula Ponciano Nascimento

Pesquisadora e Chefe-Geral da Embrapa Solos



ANA PAULA DIAS TURETTA  
PESQUISADORA DA EMBRAPA SOLOS

## O papel dos solos na segurança alimentar



### solo é base para a produção

de alimentos: 98,8% dos nossos alimentos provêm dos solos (Kopittke et al., 2019), o que coloca esse recurso natural em posição relevante quando falamos em segurança alimentar. No entanto, são alarmantes os números relacionados à degradação desse recurso natural. Apenas para citar alguns exemplos, segundo relatório da FAO (FAO & ITPS, 2015), entre 1961 e 2000, a percentagem de terras aráveis per capita diminuiu de 0,45 ha para 0,25 ha. Se o cenário relacionado à erosão dos solos

se mantiver, a expectativa é que ocorra uma perda de produtividade equivalente à remoção de 150 M ha da produção agrícola ou 4,5 M ha por ano, o equivalente a aproximadamente um campo de futebol a cada cinco segundos.

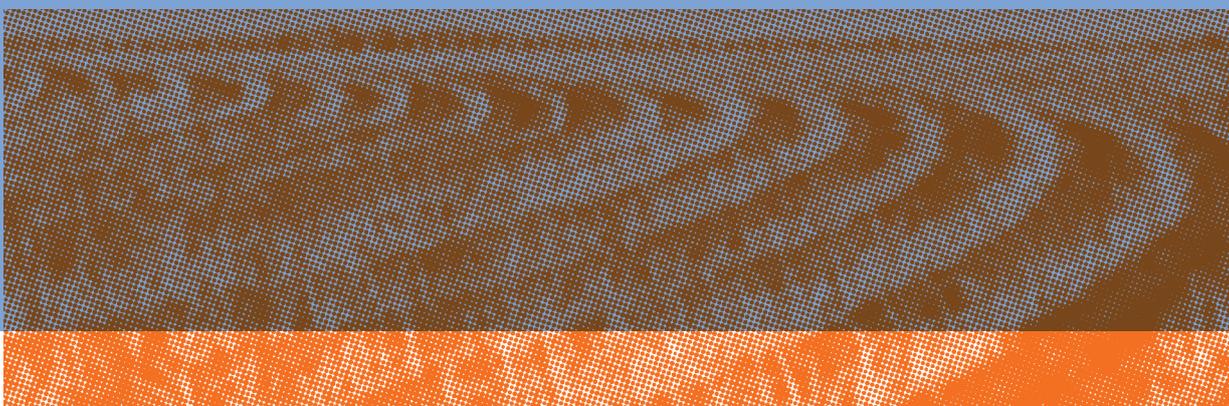
Somam-se a esse contexto as projeções dos impactos gerados pelas mudanças climáticas e do aumento da população mundial. De acordo com a ONU (2012), em 2050, a população mundial será de aproximadamente 9,5 bilhões, e a demanda por alimentos poderá aumentar de 40% a 70% comparado a 2010 (FAO & ITPS, 2015). Projeções futuras apontam que os trópicos terão uma redução das chuvas e elevação na temperatura (de 1 °C a 2 °C), o que resultará no encolhimento das terras agriculturáveis e redução da produtividade de várias culturas brasileiras, comprometendo, assim, a segurança alimentar (Agritempo, 2020).

No entanto, as terras agrícolas, por meio de diferentes práticas de manejo do solo, oferecem oportunidades de mudança para um cenário positivo. Algumas dessas práticas são capazes de aumentar a produtividade e armazenar carbono no solo, reduzindo as emissões de GEE, e de melhorar a eficiência do uso de nitrogênio, reduzindo as emissões de  $N_2O$ .

Esses exemplos demonstram a viabilidade de conciliar produção de alimentos, manutenção das múltiplas funções ecossistêmicas do solo e consequente aumento de resiliência dos nossos sistemas agrícolas. Somam-se a isso as tecnologias de informação e comunicação (TIC) que podem ser aliadas na comunicação entre consumidores e produtores por meio de mídia social, e-commerce e visitas a fazendas, reduzindo custos e trazendo mais transparência para os sistemas de produção e consumo de alimentos.

### Referências:

- AGRITEMPO. **Aquecimento global e produção agrícola no Brasil**. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/causa-e-efeito.html#> Acesso em: 16 out. 2020.
- FAO. **Status of the world's soils**: Food and Agriculture Organization of the United Nations and intergovernmental technical panel on soils. Rome, Italy. 2015.
- KOPITKE, P. M.; MENZIES, N. W.; WANG, P.; MCKENNA, B. A.; LOMBI, E. Soil and the intensification of agriculture for global food security. **Environmental International**. v. 132, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>. Acesso em: 16 out. 2020.
- ONU, United nations, department of economic and social affairs The United Nations, Population Division, Population Estimates and Projections Section, 2012.



ANDRÉ JÚLIO DO AMARAL | PESQUISADOR E COORDENADOR TÉCNICO DA EMBRAPA SOLOS

## Geotecnologias aplicadas ao manejo e conservação do solo e da água

O

### avanço de sistemas de informações

geográficas, sensoriamento remoto e de tecnologias da informação e comunicação surgem com o advento da agricultura 4.0. Os sistemas de produção agropecuários evoluíram muito a partir de sistemas computacionais avançados, acesso à internet, imagens de satélite com boas resoluções, drones e sensores proximais no campo, além do desenvolvimento de softwares, algoritmos e inteligência artificial que integram e interpretam informações de solo, clima, plantas e animais em diferentes plataformas digitais. Isso tudo pode aumentar a eficiência e eficácia na gestão de propriedades rurais, conhecidas como “fazendas inteligentes” ou “smart farms”.

No entanto, considerando as dimensões continentais do Brasil e os serviços ecossistêmicos prestados pelo solo, é de fundamental importância um melhor conhecimento dos solos brasileiros com adequada governança e política de gestão de dados para compartilhamento de informações. Em síntese, essa é uma das metas do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos), que tem por objetivo mapear os solos de todo o território nacional na escala 1:100.000 até 2048.

A geração de novos dados de solos em sua ambiência com volume, quantidade e qualidade permitirá desenvolver modelos preditivos que contribuam com o monitoramento agrícola e ambiental e uma agricultura de precisão ampla e abrangente, desde escala regional até o nível de microbacias hidrográficas, importantes para o planejamento agrícola e ambiental. Essas informações são disponibilizadas nos estudos de zoneamentos agrícolas de risco climático, pedoclimáticos para culturas agrícolas, agroecológicos e mapas de atributos do solo correlacionados com o crescimento e desenvolvimento de plantas usando

geotecnologias. Tais estudos devem apresentar maior precisão e acurácia e deverão ser interligados a sistemas de inteligência artificial e aprendizado profundo de máquina.

Agricultores brasileiros já utilizam pelo menos uma tecnologia relacionada à agricultura de precisão ou estão dispostos a adotar pelo menos uma nas próximas duas safras. Nos próximos anos, um dos maiores desafios será fazer com que as tecnologias relacionadas à agricultura digital e ao manejo e conservação do solo e da água tenham um maior percentual de adoção, atendendo pequenos, médios e grandes produtores rurais. Isso necessitará de um esforço contínuo e deverá ser baseado em uma estratégia multidisciplinar e interinstitucional com ações de forma cooperada e atuação em redes para fomentar ensino, pesquisa, desenvolvimento, inovação, assistência técnica e extensão rural, visando à sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários.

### Referências:

BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. S.

#### Manejo e conservação do solo e da água.

Viçosa, MG: SBCS, 2019.

A MENTE do agricultor brasileiro na era digital. 2020. Palestra McKinsey & Company. Disponível em: [http://www.aeapcuritiba.com.br/admin/arquivos/A%20mente%20do%20Agricultor%20Brasileiro%20na%20Era%20Digital%20\[AGCO\].pdf](http://www.aeapcuritiba.com.br/admin/arquivos/A%20mente%20do%20Agricultor%20Brasileiro%20na%20Era%20Digital%20[AGCO].pdf). Acesso em: 18 out. 2020

BEATA EMOKE MADARI

PESQUISADORA DA EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO

# Carbono no solo, mudança do clima e segurança alimentar



## As

### atividades humanas emitem

enormes quantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera, o que aumenta o efeito estufa e acelera as mudanças climáticas.

A cada ano, 30% do CO<sub>2</sub> é absorvido pelas plantas via processo de fotossíntese. Quando as elas morrem, os organismos vivos do solo as transformam em húmus. Esse material orgânico rico em carbono (C) é essencial para a vida porque retém água e nutrientes para o crescimento das plantas.

O solo é o maior reservatório terrestre de C (1.500-2.400 Gt)\* – sendo maior

que a vegetação (450-650 Gt)\* – e participa ativamente no ciclo global do C, com importante papel no controle dos níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera. A produção agrícola, historicamente, contribuiu a grandes perdas globais (78 Gt)\*\* de C do solo, que é uma das causas do acúmulo desbalanceado de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Entretanto, o C do solo, sendo um reservatório ativo e dinâmico, também é parte da solução para a remoção acelerada de CO<sub>2</sub> da atmosfera, pelo manejo sustentável de sistemas de produção agropecuária. Produção sustentável, ao invés de diminuir os níveis de C, aumenta seus estoques no solo. Com isso, o sequestro de C no solo por meio da agricultura contribui não somente para a mitigação da mudança do clima, mas também para a resiliência e maior capacidade adaptativa dos sistemas de produção.

Os solos e o sequestro de C receberam importante atenção no âmbito de criação de políticas públicas e iniciativas em nível de atuação global (Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável, Programa Neutralidade na Degradação das Terras da UNCCD, Aliança Mundial para os Solos da FAO, Iniciativa 4 por 1000, Trabalho Conjunto de Koronivia na Agricultura da UNFCCC).

O reconhecimento dos solos como solução para a mitigação da mudança do clima também coloca a agricultura sob nova lente no contexto das mudanças climáticas, criando oportunidades e incentivos para o desenvolvimento e uso de boas práticas que almejam sustentabilidade ambiental, social e econômica, focando, como objetivo maior, a segurança alimentar e o bem-estar da humanidade.

### Referências:

\*Le Quéré et al. Global Carbon budget. 2018  
<https://www.earth-syst-sci-data.net/10/2141/2018/essd-10-2141-2018>

\*\*ZOMER, R. J.; BOSSIO, D. A.; SOMMER, R. VERCHOT, L. V. Global Sequestration Potential of Increased Organic Carbon in Cropland Soils.

**Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15794-8>.

CELSO VAINER MANZATTO | PESQUISADOR DA EMBRAPA MEIO AMBIENTE

# Solos: estratégico para as mudanças climáticas

**A**

## Atualmente, a agropecuária

brasileira enfrenta diversos desafios decorrentes dos efeitos da globalização e das mudanças climáticas e, por outro lado, das condições socioeconômicas dos agricultores, que buscam ganhos

de produtividade como estratégia para o aumento da produção e redução dos custos como resposta às exigências dos mercados. Discussões sobre sustentabilidade e emissões de gases de efeito estufa (GEEs) do setor agropecuário sinalizam uma oportunidade de negócio com mercados exigentes. Neste período de transição, o tema mudanças climáticas ainda é um assunto abstrato para a sociedade e produtores rurais, principalmente em relação às métricas de emissões, riscos e oportunidades de mercado e compromissos internacionais assumidos pelo País, que influenciaram e irão influenciar as mudanças na dinâmica territorial e uso do solo pelo agronegócio brasileiro.

O Brasil foi pioneiro em reunir estratégias de fomento a tecnologias sustentáveis no Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), que em 2020 completa 10 anos de execução, sendo o maior plano de fomento a tecnologias sustentáveis de produção do mundo, apoiadas principalmente na conservação e aumento do carbono no solo, que contribuem para a redução das emissões de C.

Entretanto, mesmo previsto no PronaSolos (Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil), o País ainda não dispõe de uma base de dados de abrangência nacional com informações confiáveis sobre estoque de carbono nos solos para demonstrar a sustentabilidade dos nossos sistemas produtivos e apoiar a evolução tecnológica da agricultura de precisão, inteligência artificial e modelagem em larga escala para ganhos futuros de produtividade, diminuição de custos, adubação e manejo e conservação dos solos e água. Precisamos de uma ação colaborativa entre instituições de pesquisa, setor financeiro, extensionistas, técnicos e agricultores para responder às demandas atuais e futuras sobre a sustentabilidade da agropecuária brasileira.

Chama-se atenção que o esforço é político e econômico, pois os conhecimentos e as tecnologias necessários já estão disponíveis.





CLÁUDIA REGINA DELAIA MACHADO | ANALISTA DA EMBRAPA SOLOS

PATRÍCIA ROCHA BELLO BERTIN | PESQUISADORA E SUPERVISORA

DA SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL DA EMBRAPA

## Governança de dados de solo e água: o que o futuro nos reserva?

U

ma das fontes para produção de alimentos está sob nossos pés: o solo. Tamanha importância desse recurso para a humanidade, tanto no cenário rural quanto urbano, que, junto à água, formam base da vida e equilíbrio dos ecossistemas. Analogamente ao organismo humano, poderíamos dizer que o solo é a pele e a água é o sangue de um sistema perfeito, a Terra.

Organizações de pesquisa avançam em estudos de conservação e uso desses recursos. Enorme quantitativo de pesquisas tem gerado grande

volume de dados - alguns de alto valor agregado, como dados observacionais.

O “acesso aos dados” contribui para as demandas apresentadas pela sociedade mundial, razão pela qual as organizações buscam estabelecer liderança na gestão de dados de pesquisa. Contudo, na perspectiva de futuro, a comunidade acadêmica anseia por uma forma fluida, integrada e tecnológica de acesso a esses dados, cuja qualidade ou origem não se define apenas pela organização responsável na sua produção, mas pela metodologia adotada, revisão por pares, formato e fácil localização.

Nessa intenção, surgiram princípios para gestão de dados de pesquisa conhecidos como *FAIR*<sup>1</sup>. O acrônimo, derivado da palavra inglesa *Findable, Accessible, Interoperable e Reusable*, de autoria EU Expert Group on FAIR Data<sup>2</sup>, vem sendo adotado em organizações de pesquisa e ensino como fórmula para governança

e gestão de dados. Aliados à inteligência artificial e processamento e análise de Big Data, os princípios *FAIR* possibilitam compartilhamento dos dados entre humanos e entre máquinas.

Ressalta-se que os metadados, ou seja, os elementos que descrevem os dados, são tão valiosos quanto os dados de pesquisa *per se*, pois fazem com que “bits e bytes” armazenados por pesquisadores e organizações sejam identificados e reutilizados, bastando a adoção de padrões, protocolos reconhecidos e aceitos.

A *Research Data Alliance*<sup>3</sup> (RDA) é uma iniciativa dedicada à construção da infraestrutura social e técnica que permita o compartilhamento aberto e reuso dos dados produzidos pela ciência global. Face à capilaridade da RDA, é seguro afirmar que esta será uma forte aliada na governança e gestão dos dados de solos e água, fornecendo base técnica e neutra para desenvolvimento e disseminação dos mecanismos de reconhecimento pela autoria dos dados, diretrizes para gestão e indicadores que possibilitem retratar reuso e impacto dos mesmos, pelo bem das gerações futuras e ecossistemas globais.

### Referências:

- <sup>[1]</sup> WILKINSON, M. D. et al. The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, v. 3, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata201618>. Acesso em: 16 out. 2020.
- <sup>[2]</sup> EUROPEAN COMMISSION. *Guidelines on FAIR data management in Horizon 2020: version 3.0*. 2016. Disponível em: [https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants\\_manual/hi/oa\\_pilot/h2020-hi-oa-data-mgt\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants_manual/hi/oa_pilot/h2020-hi-oa-data-mgt_en.pdf). Acesso em: 16 out. 2020.
- <sup>[3]</sup> RESEARCH DATA ALLIANCE. *Research Data Alliance*. Disponível em: <https://www.rd-alliance.org/>. Acesso em: 18 out. 2020.

EDUARDO DELGADO ASSAD | PESQUISADOR DA EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA

# Água, sabendo usar não vai faltar



## Recentemente, a ANA (Agência

Nacional de Águas) publicou um excelente trabalho abordando o consumo da água no Brasil. Pelo menos 50% dos municípios brasileiros tem problemas de tratamento de água. Essa discussão é antiga e vem se alongando nos últimos 20 anos.

Mas o mais importante é que, apesar das soluções lentas, a preocupação aumenta, e aí temos vários exemplos, como a crise do Sistema Cantareira, que resultou num sério problema de abastecimento de água no estado de São Paulo, onde várias cidades de médio porte adotaram o sistema de rodízio para uso de água. No Rio Grande do Sul, no ano de 2020, uma seca importante (já acontecida em anos anteriores) promoveu também desabastecimento de água. A partir desses fenômenos, são feitos diagnósticos de regiões que podem ter conflito de uso de água para irrigação no Brasil. No caso da Cantareira, é necessário revegetar mais de 36 mil hectares de áreas de proteção permanente (APP), para que se volte a ter uma oferta de água mínima, redução de erosão, melhor infiltração etc.

Tudo isso já sabemos e aprendemos nas aulas de manejo e conservação de solo e água. As soluções estão pulando aos olhos. Em 4 mil municípios compreendendo o bioma Cerrado e Mata Atlântica, o passivo ambiental em APPs é de 12 milhões de hectares. É preciso revegetar urgentemente, e as políticas públicas existem.

As tendências futuras apontam para aumento de temperatura, redução de chuvas em boa parte do Brasil, exceto na Bacia do Rio Paraná, aumento da evapotranspiração e, conseqüentemente, aumento da insegurança hídrica. Estudos do INPE indicam que, até o ano 2050, a probabilidade de a temperatura subir 2 °C é de 100%. Portanto, além de termos que nos adaptar às mudanças climáticas, será necessário evitar que falte água. Estudos de relação chuva/vazão/solos são urgentes e devem ter maior capilaridade.

Não basta na escala da bacia hidrográfica: é preciso atingir a escala da microbacia. Soluções baseadas em ecossistemas (SbE), como a revegetação de APPs hídricas, são fundamentais para evitarmos o colapso nos sistemas de abastecimento e de uso da água doce no Brasil, por possuírem vários cobenefícios sociais, ambientais e econômicos. Além disso, é preciso monitorar sistemas naturais e de produção por meio de estudos detalhados de chuva/vazão/solos para estabelecimento de cenários futuros de clima com menor nível de incerteza. Devemos atentar à nova resolução

do financiamento da irrigação como prática de redução de emissão de CO<sub>2</sub>, que será incluído na agricultura ABC. Sabendo usar, não vai faltar.

## Referências:

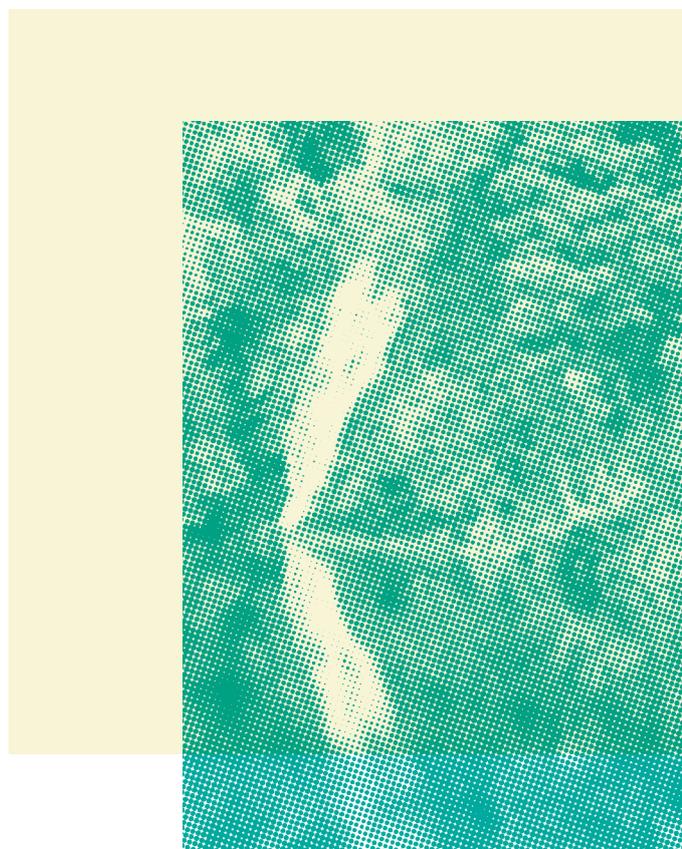
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS.

**O conjuntura apresenta:** segurança hídrica, 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/crisehidrica>. Acesso em: 18 out. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS.

**O conjuntura apresenta:** uso da água, 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/usoagua>. Acesso em: 18 out. 2020.

<http://www.mcti.gov.br/documents/10179/1727212/Modelagem+Clim%C3%A1tica+e+Vulnerabilidade+Setoriais+C3%A0%20Mudan%C3%A7a+do+Clima+no+Brasil/eeb454eb-95cc-455f-b856-a6df31b846a5>



IÊDA CARVALHO MENDES | PESQUISADORA DA EMBRAPA CERRADOS

DJALMA MARTINHÃO GOMES DE SOUSA | PESQUISADOR DA EMBRAPA CERRADOS *(in memoriam)*

FÁBIO BUENO DOS REIS JUNIOR | PESQUISADOR DA EMBRAPA CERRADOS

GUILHERME MONTANDON CHAER | PESQUISADOR DA EMBRAPA AGROBIOLOGIA

## Tecnologia de bioanálise de solo BioAS Embrapa: a mais nova aliada da sustentabilidade agrícola



Em

**Em julho de 2020, foi lançada a** tecnologia de bioanálise de solo BioAS Embrapa, visando agregar o componente biológico nas análises de rotina de solos. A BioAS tem como base a análise da atividade das enzimas arilsulfatase e beta-glicosidase, associadas aos ciclos do enxofre e do carbono, respectivamente. Por estarem relacionadas ao potencial produtivo e à sustentabilidade do uso do solo, essas enzimas funcionam

como bioindicadores, permitindo avaliar a saúde dos solos. Pesquisas desenvolvidas pela Embrapa permitiram estabelecer valores de referência para essas enzimas em diferentes solos, de modo a avaliar o estado do funcionamento biológico do solo. Valores elevados de atividade enzimática indicam sistemas de produção e/ou práticas de manejo do solo adequadas e sustentáveis. Ao contrário, valores baixos servem de alerta ao agricultor para uma reavaliação do sistema de produção na direção da adoção de boas práticas de manejo.

A tecnologia BioAS também envolve o cálculo de *Índices de Qualidade de Solo* (IQS), calculados com base nas propriedades químicas e biológicas em conjunto (IQSFertbio) e separadamente (IQSBio e IQSQuim). A grande vantagem da BioAS é que as enzimas são mais sensíveis que indicadores

químicos e físicos, detectando com maior antecedência alterações que ocorrem na saúde do solo, em função do seu uso e manejo. Assim, a BioAS pode auxiliar nas tomadas de decisões relacionadas aos sistemas de manejo adotados nas propriedades agrícolas. No seu estágio atual, a tecnologia está formatada para áreas sob cultivos anuais no bioma Cerrado.

A BioAS inaugura uma forma mais abrangente de interpretação da saúde dos solos, indo além das questões de deficiência/excesso de nutrientes. Considerada a mais nova aliada para a sustentabilidade da agricultura brasileira, a BioAS é uma iniciativa inovadora que poderá credenciar o Brasil como embaixador mundial da saúde do solo. Por meio da adoção de sistemas de manejo que favoreçam a saúde do solo, todos saem ganhando: o agricultor, o meio ambiente e a sociedade.

JOSÉ CARLOS POLIDORO | PESQUISADOR DA EMBRAPA SOLOS

## A profunda relação do homem com o solo

0

### solo é um recurso natural

esgotável que possui múltiplas funções no ecossistema, tais como: produção de alimentos, fibras e combustíveis, sequestro de carbono, purificação da água e degradação de contaminantes, regulação do clima, ciclagem de nutrientes, regulação de enchentes, fontes de recursos genéticos e farmacêuticos. É o habitat natural dos organismos, produz materiais para a construção civil, mineração e infraestrutura e, ainda, é uma fonte inesgotável de nossa herança cultural.

Hoje, há bons exemplos de que essa relação já é muito benéfica para a sociedade, somos o País que pratica a agricultura mais sustentável do mundo, que se baseia no uso do sistema de plantio direto na palha, combinado com o mais moderno e complexo sistema de produção: a Integração Lavoura-Pecuária-Florestas. Porém, ainda estamos distantes de uma relação equilibrada. Um exemplo são as grandes áreas degradadas que ocorrem no País e no mundo: só no Brasil há mais de 60 milhões de hectares de pastagens degradadas,

e convive com um processo de erosão que causa, somente na cultura da soja, prejuízo equivalente a mais de 2 bilhões de dólares por ano.

E por que isso acontece? O Brasil conhece adequadamente apenas 5% do solo que ocorre nos 8,5 milhões de km<sup>2</sup> do território nacional. Esse fato se dá porque, para que possamos planejar, ocupar, usar e conservar o solo (e a água), é necessário que tenhamos levantamentos pedológicos e interpretações de solos em escalar acima de 1:100.000 (nível de município), idealmente, 1:25.000 (nível de propriedade rural, bairro da cidade etc.). O primeiro passo já foi dado.

Em 19 de junho de 2018, foi publicado o Decreto Presidencial n. 1.914, que instituiu o PronaSolos – Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil.

O PronaSolos, no futuro, disponibilizará a todos os cidadãos brasileiros dados, informações e serviços sobre solos e suas interações localizados numa plataforma tecnológica, via internet, interativa, em tempo real. Dessa forma, a agricultura, mineração, cidades e reservas naturais serão planejadas e executadas em detalhes suficientes para tomadas de decisões que levem à conservação do recurso natural mais importante da natureza.



LÍVIA ABREU TORRES

ANALISTA DA SECRETARIA DE INTELIGÊNCIA

E RELAÇÕES ESTRATÉGICAS - SIRE

FABIANO DE CARVALHO BALIEIRO

PESQUISADOR DA EMBRAPA SOLOS

## *Agrivoltaics:* uma nova agricultura?



F

**ruto da combinação entre** “agriculture” e “photovoltaic”, *agrivoltaics* é um conceito de agricultura que consiste na instalação de painéis solares fotovoltaicos em terrenos com agricultura convencional, posicionando-os sobre o cultivo.

Estudo publicado na *Nature Sustainability* apresenta essa tecnologia como uma solução potencial para a intensa competição pelos recursos terrestres – entre a produção de alimentos e energia. Segundo o estudo, em determinadas condições, o sombreamento causado pelos módulos fotovoltaicos ajuda a aliviar a evaporação hídrica, resultando em economia de água com ganhos significativos em áreas de secas severas. Além disso, ao reduzir a evaporação e a temperatura

do solo, sua atividade biológica e qualidade física também são beneficiadas pela presença dos painéis, com a mitigação à erosão do solo e o sequestro de C.

Um outro estudo, realizado no Oregon em pastagem não irrigada que frequentemente sofre estresse hídrico, também sinalizou o potencial dessa tecnologia no combate à competição pela terra e no conflito entre energia renovável e produção agrícola. O experimento demonstrou que as áreas sob painéis solares fotovoltaicos provocaram aumento significativo na biomassa, elevação na humidade do solo e maior eficiência no uso de água.

Além dos Estados Unidos e Japão, inúmeros países europeus têm investido em pesquisas nesse tema, mas ainda são necessários estudos para comprovar a viabilidade dessa tecnologia em diversas culturas e áreas geográficas. Poderemos “colher” energia e alimentos no mesmo espaço de terra? Onde esses sistemas gerarão mais benefícios ao agricultor? Poderão as *Agrivoltaics* maximizar o uso do solo de forma sustentável? Embora essa seja uma solução mais adequada a áreas mais secas e com elevada incidência luminosa, não temos todas

essas respostas; mas sabemos que as células fotovoltaicas, assim como usinas eólicas, podem prover maior resiliência com relação à insegurança hídrica gerada pelas mudanças climáticas, e ao mesmo tempo mitigar emissões de gases de efeito estufa oriundos de fontes de energia como termoelétricas e a queima de combustíveis fósseis. Diminuir a vulnerabilidade do homem no campo às mudanças climáticas deve ser prioridade e essa pode ser mais uma alternativa.

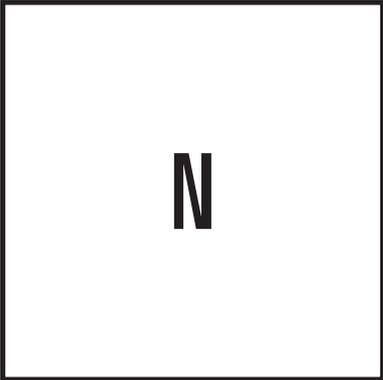
### Referências:

- BARRON-GAFFORD, Greg; PAVAO-ZUCKERMAN, Mitchell; MINOR, Rebecca; SUTTER, Leland; BARNETT-MORENO, Isaiah; BLACKETT, Daniel; THOMPSON, Moses; DIMOND, Kirk; GERLAK, Andrea; MACKNICK, Jordan. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, v. 2, p. 848-855, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>
- ADEH, Elnaz Hassanpour; SELKER, John S.; HIGGINS, Chad W. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE*, v. 13, n. 11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>

MARGARETH GONÇALVES SIMÕES | PESQUISADORA DA EMBRAPA SOLOS

RODRIGO DEMONTE FERAZ | PESQUISADOR DA EMBRAPA SOLOS

# A convergência tecnológica nos campos das Tecnologias Espaciais, Inteligência Artificial e a Computação de Alto Desempenho abrem novas perspectivas e avanços para o monitoramento dos solos e das culturas agrícolas



**Novas plataformas orbitais,** constelações de nanossatélites e frotas de drones equipados com os mais diversos sensores (fotográficos, multiespectrais, hyperspectrais e LIDAR – *Light Detection and Ranging*) fornecem imagens digitais cada vez mais precisas da superfície terrestre, primeiro pilar da convergência, capazes de “digitalizar” o campo, visando ao mapeamento e ao monitoramento da produtividade das culturas e dos atributos dos solos. O aumento da resolução espaço-temporal-espectral desses sensores gera grandes volumes de dados, armazenados não mais como uma cena de imagem, mas em cubos de dados, os data cubes, com milhares de pixels. A extração de informações desses cubos exige sofisticada

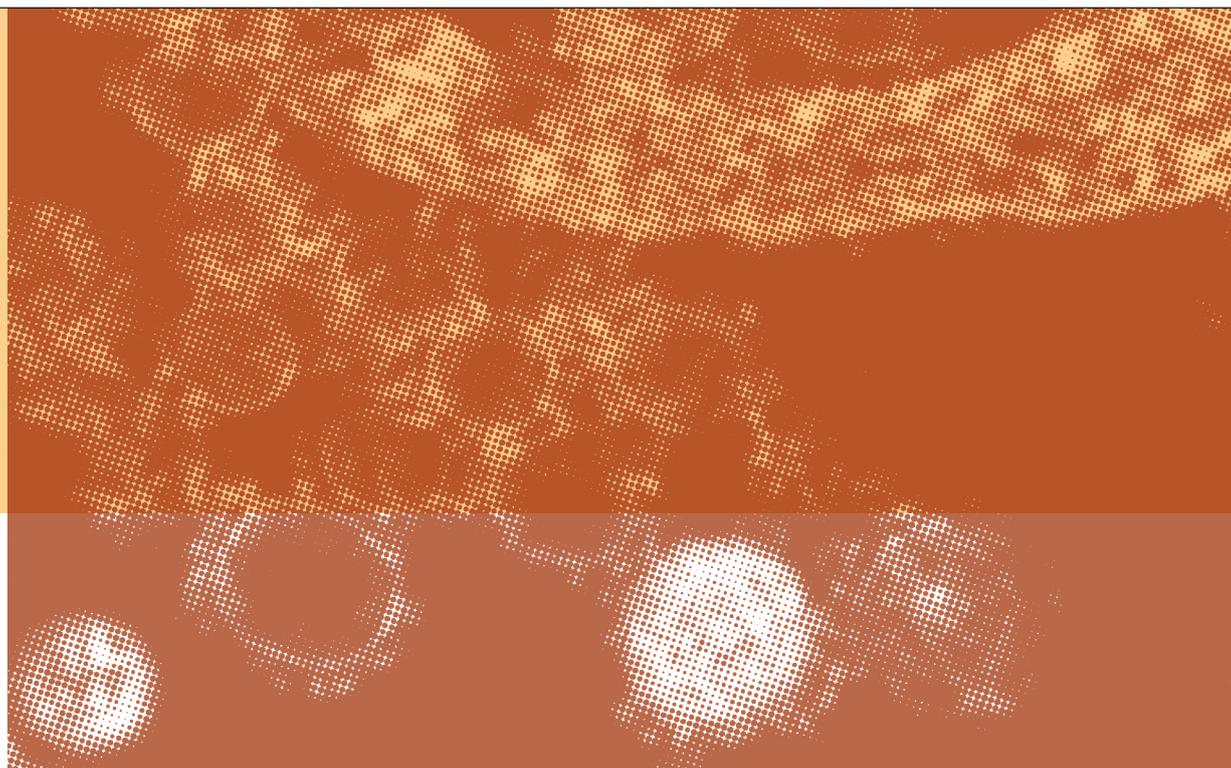
modelagem e grande capacidade de processamento computacional.

Nesse contexto, os avanços no domínio da Inteligência Artificial, em atendimento a essa demanda, surgem como o segundo pilar dessa convergência. Diversos algoritmos de aprendizado de máquina (*machine e deep learning*) têm sido empregados para a classificação digital de imagens (*Random Forest, Redes Neurais Convolucionais* etc.), tornando possível a extração de informações espaciais por meio de técnicas das ciências de dados (*data science*) aplicadas ao diagnóstico do solo e ao monitoramento de culturas. Esses algoritmos necessitam de imensa quantidade de dados/imagens para treinamento e validação, exigindo enorme capacidade de processamento computacional.

Figurando como terceiro pilar da convergência desse novo paradigma, surgem os avanços tecnológicos na área da Computação de Alto Desempenho, *Cloud parallel computing e Big Data Analytics*, que fornecem o aparato de hardware/software necessário. Essas convergências

tecnológicas prometem novas perspectivas na coleta, modelagem e processamento de grandes volumes de dados advindos de sensores, potencializando a geração de conhecimento e *insights* científicos inovadores e transformadores para a ciência do solo e para o Agro 4.0, uma agricultura digitalizada em um contínuo de valores n-dimensionais, um campo representado por meio de nuances espaço-temporal-hyperspectral que vão muito além das faixas do visível do olhar do agricultor.





MAURÍCIO ANTÔNIO LOPES | PESQUISADOR DA EMBRAPA AGROENERGIA

## Segredos do microbioma do solo

Os

**microbiomas são comunidades** de microrganismos que vivem em um determinado habitat, como o corpo humano, animais e plantas. Mas os solos, os lagos, os oceanos e até os edifícios numa cidade são também povoados por microbiomas. A ciência moderna tem nessas abundantes e complexas comunidades microbianas uma fronteira fascinante de pesquisa, na busca de compreender e modular as centenas de trilhões de organismos associados aos microbiomas.

O microbioma do solo tem uma importância estratégica para a humanidade, uma vez que impacta serviços ecossistêmicos essenciais para a vida na terra, como ciclos biogeoquímicos, trocas gasosas, fixação de carbono, promoção do crescimento das plantas, dentre muitas outras funções. Melhor compreensão do microbioma é essencial para se prever os impactos de perturbações ambientais, como mudanças de clima, poluição, queimadas etc. nas funções do solo, e os meios de preveni-los ou mitigá-los. E o microbioma poderá se tornar provedor importante de genes, moléculas e metabólitos valiosos para a emergente Bioeconomia – a economia de base biológica, renovável, reciclável e sustentável, que poderá levar a um novo paradigma de desenvolvimento no futuro.

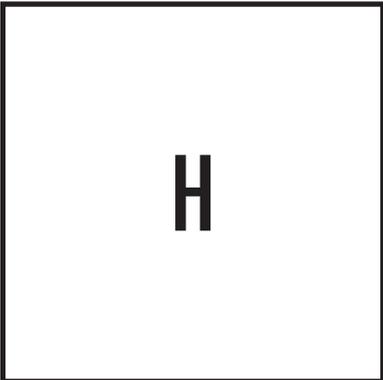
O solo abriga as comunidades microbianas mais complexas do

planeta, com diversidade taxonômica e funcional que desafia o conhecimento corrente. São bactérias, fungos, vírus, protozoários etc. em número desconhecido de táxons e vias metabólicas dispersos em um mosaico de microambientes extremamente complexo e dinâmico. Compreender a plethora de associações microbianas e de capacidades metabólicas dispersas espacial e temporalmente no solo demandará métodos e instrumentos cada vez mais sofisticados, com resolução capaz de detectar desde componentes mais abundantes até aqueles raros ou quiescentes, que possam moldar funções críticas do solo.

A ciência moderna tem, portanto, uma fronteira fascinante a desvendar. Compreender e modular centenas de trilhões de organismos associados aos nossos solos será um desafio formidável para a criatividade e o engenho humano no futuro.

PETULA PONCIANO NASCIMENTO | PESQUISADORA E CHEFE-GERAL DA EMBRAPA SOLOS

# ESG e a relação com o setor agropecuário



## oje a lógica do investimento

está cada vez mais voltada para ESG (*Environmental, Social and Governance*, ou, em português, Ambiental, Social e de Governança), e isso é uma tendência. São consideradas empresas ESG aquelas com modelos de negócios pautados na sustentabilidade e na responsabilidade social. A sustentabilidade está cada vez mais presente no ambiente corporativo, e o setor financeiro também está cada vez mais atento ao tema. Temos uma forte sinalização de mudança de rota nas análises corporativas e no setor de investimento, onde as empresas, por exigência de seus *stakeholders*, precisam dar transparência sobre suas relações com o meio ambiente, com os colaboradores, com a sociedade e com a ética nos negócios.

A crescente importância da ESG nas atividades organizacionais provocará uma mudança significativa nos próximos anos. As métricas

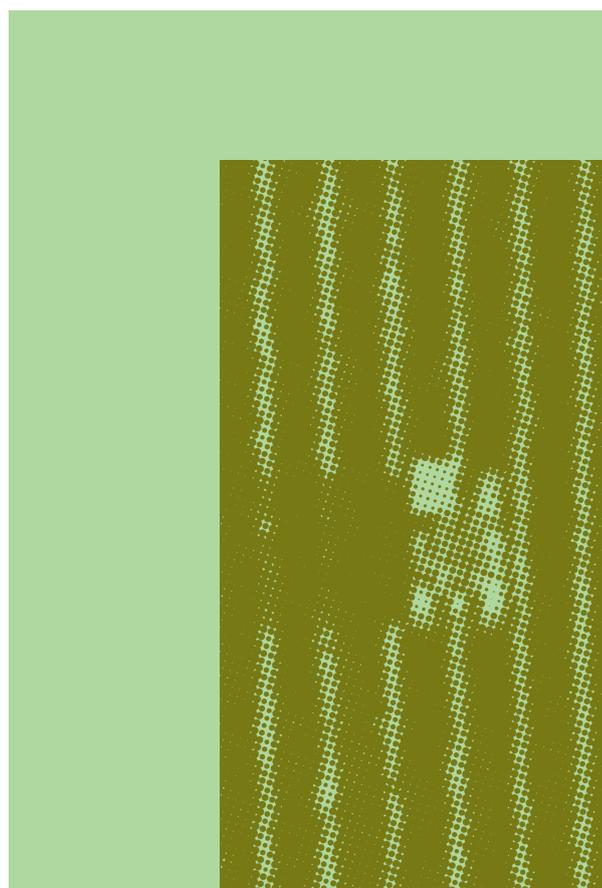
ambientais, sociais e de governança ajudarão o investidor a: entender o relacionamento da empresa com o meio ambiente e a sua relação com recursos naturais escassos; valorizar análise de risco sobre preocupações relacionadas a direitos humanos, relações trabalhistas, comunidades e com o público; e identificar empresas que tenham foco na boa governança, que são mais confiáveis e menos propensas a ceder para corrupção ou coerção.

A agricultura brasileira pode – e deve – desempenhar um papel importante na “descarbonização” da economia brasileira, pela produção de fontes renováveis de energia (como os biocombustíveis), pelas práticas preconizadas no Plano Agricultura de Baixo Carbono, pela provisão dos serviços ecossistêmicos, provenientes das atividades agropecuárias, e, em especial, pelo manejo e conservação de seus solos.

O governo já sinaliza ações para aproveitar o cenário de oportunidades para investimento verde no agronegócio brasileiro e criou um *pipeline* de projetos que sejam financiáveis por meio da emissão de títulos verdes e outros instrumentos de dívida. O plano de investimento “Destravando o Potencial de Investimento Verde do Brasil para Agricultura e Pecuária” sinaliza como o Brasil irá promover o *green bond* como

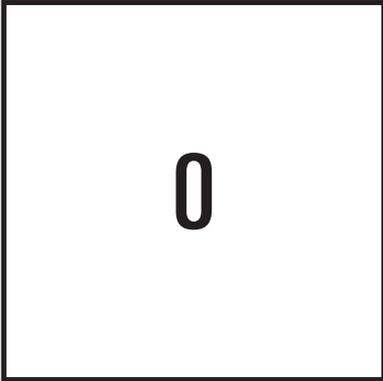
um dos importantes instrumentos financeiros para impulsionar investimentos na agricultura no Brasil. Atualmente, só o setor florestal tem utilizado os títulos verdes.

Embora haja uma atenção crescente nessa temática, é preciso avançar rapidamente na maior compreensão das barreiras, lacunas, métricas, critérios e procedimentos que possibilitem integrar fatores de ESG nas atividades agropecuárias. Empresas e governos deverão investir em conhecimento mais profundo, ajudando a mitigar riscos e promover valor no longo prazo.



RENATO DE ARAGÃO RIBEIRO RODRIGUES  
PESQUISADOR DA EMBRAPA SOLOS  
E PRESIDENTE DO CONSELHO GESTOR DA REDE ILPF

## O papel dos solos nos sistemas integrados de produção agropecuária



0

**Brasil é o quinto maior país em** extensão territorial e o terceiro maior produtor de produtos agropecuários do planeta. Nos últimos 40 anos (da safra 1979/1980 para 2019/2020), a produção de grãos aumentou quase 400%, enquanto a área de produção aumentou pouco mais de 60%. Isso reflete um aumento de produtividade de mais de 200% e um “efeito poupa-terra” de mais de 250 milhões de hectares.

Esses resultados incríveis foram obtidos graças ao desenvolvimento de ciência e tecnologia pelo setor público, ao empreendedorismo do produtor rural, ao dinamismo do setor privado, às políticas de crédito e seguro rural, ao zoneamento agrícola e ao clima do País, entre outros fatores. No entanto, a base fundamental para o desenvolvimento de toda essa produção é o solo.

O mundo possui um grande desafio para as próximas décadas: aumentar

a produção e a qualidade dos alimentos para uma população cada vez maior e com maiores demandas de segurança alimentar e nutricional, em um cenário de mudança do clima e degradação do meio ambiente.

O Brasil pode ser protagonista desse cenário e se tornar a primeira potência agroambiental do planeta. O País se comprometeu voluntariamente a recuperar, até 2030, 20 milhões de hectares de pastagens degradadas com sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e pastagens bem manejadas. Mesmo conseguindo atingir essa meta ambiciosa, ainda teremos outros 70 milhões de hectares degradados. Isso significa que o Brasil tem potencial de se tornar o maior produtor e exportador mundial de alimentos sem cometer mais desmatamentos.

Os sistemas integrados de produção, com destaque para a ILPF, representam uma oportunidade ímpar de trabalhar a ciência do solo em vários aspectos. O sucesso desses sistemas depende inteiramente do manejo do solo, que resulta na redução drástica da erosão em primeira instância. Além disso, o solo na ILPF fornece uma vasta gama de serviços ecossistêmicos, como mitigação das emissões de gases de efeito estufa, sequestro de carbono, retenção de água e nutrientes agregados de solo.

O sucesso dependerá de como o País vai tratar o solo. É preciso investir em práticas conservacionistas, que gerem o manejo adequado desse importante recurso. É preciso conhecer adequadamente as funções do solo (química, física, microbiologia, capacidade de armazenamento de água, carbono e nutrientes etc.) e valorar seus benefícios nos produtos gerados. É preciso entender e reconhecer que o solo é a base da vida.

SEGUNDO SACRAMENTO URQUIAGA CABALLERO | PESQUISADOR DA EMBRAPA AGROBIOLOGIA

## Uma reflexão sobre o caminho que seguimos na pesquisa para atender às demandas de tecnologias agrícolas



soluções tecnológicas são derivadas de fase muito inicial da pesquisa, a partir de um resultado promissor depois de vários experimentos com resultados insatisfatórios, e sem o estudo adequado desses resultados negativos; ou seja, muitas tecnologias lançadas são produtos de “acerto e erro”, sem o devido conhecimento científico que deve governar um resultado positivo; e 2) na experimentação primária, na avaliação dos novos insumos, deveria ser referência o tratamento que melhor controla o problema em estudo (no caso da nutrição de plantas, a dose do nutriente que garanta o potencial de rendimento da cultura, ou seja, o crescimento da planta sem limitação do nutriente em estudo, independentemente dos custos).

É preciso pensar na frente, pensar grande, pois somente assim deixaremos de fazer pesquisa apenas para remediar e estaremos buscando soluções tecnológicas para o nosso futuro, quando as culturas estiverem no nível de produção de, pelo menos, quatro vezes a atual média nacional. Será necessário obter tecnologias que se apliquem exitosamente nas diversas condições de solo, clima, planta etc., sendo por isso necessário determinar as limitações das técnicas. Isso, acredito, demandará o futuro da pesquisa. Somente assim, valorizaremos mais os recursos solo e água da agricultura.

# E

### **xiste uma crescente demanda**

por diversas tecnologias que ajudem o desenvolvimento da agricultura, como as relacionadas com o adequado uso e manejo do solo, um “ecossistema” complexo nos seus diversos componentes: físicos, químicos e biológicos. Nos solos tropicais, geralmente é necessário o

uso de insumos diversos, destacando-se as fontes de nutrientes e a fixação biológica de nitrogênio. Exige-se cada vez mais a participação da biologia na produção agrícola. Os insumos biológicos exigem extremo cuidado na produção e uso, o que muitas vezes não se observa. Nos últimos tempos, têm sido lançadas tecnologias com soluções biológicas indicadas como “salvadoras” de diversos problemas que enfrenta a agricultura, e o produtor as aplica mesmo sem saber se obterá, com certa segurança, algum benefício.

A maioria dos insumos ou tecnologias propostas tem vida curta ou muito curta no campo, devido principalmente a problemas da pesquisa, destacando-se, entre os problemas: 1) muitas

0

VINÍCIUS DE MELO BENITES | PESQUISADOR DA EMBRAPA SOLOS

## Fertilizantes organominerais como tecnologia verde, alinhada à bioeconomia

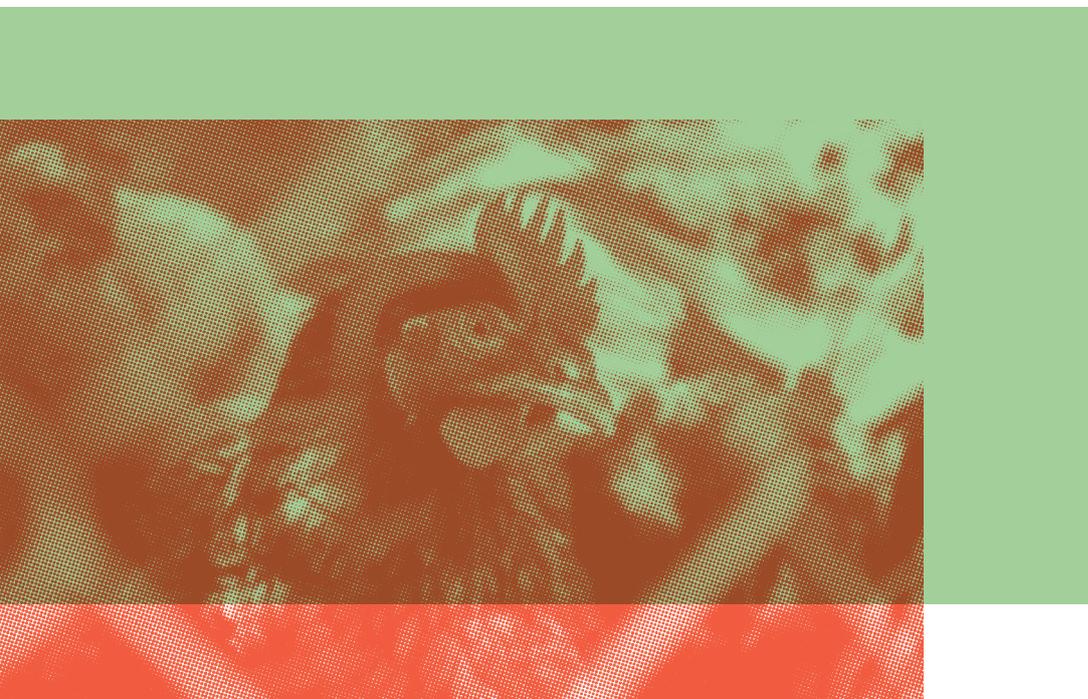
**Brasil é um importante produtor** de aves, suínos e bovinos, gerando enormes quantidades de resíduos que, se forem dispostos inadequadamente, podem causar impactos ambientais significativos. Esses resíduos são ricos em nutrientes importantes para a adubação de plantas, contendo, por exemplo, aproximadamente 25% da demanda nacional por NPK. Considerando a expansão da produção de carnes no Brasil e o aumento de pressão ambiental sobre os sistemas de produção, alternativas tecnológicas para o aproveitamento desses resíduos são estratégicas para o País.

Fertilizantes organominerais são produtos obtidos a partir da mistura entre resíduos orgânicos e fontes minerais de nutrientes, de forma que o produto final seja adequado ao

uso como fertilizante. A indústria de organominerais tem crescido a passos largos, e o Brasil é pioneiro nesse tema. Dependemos fortemente da importação de nutrientes para manter uma boa produtividade e a fertilidade dos nossos solos. Grande parte dos nutrientes importados são destinados à produção de grãos, que, por sua vez, são utilizados na alimentação animal. Logo, o nutriente importado termina seu ciclo de vida na forma de dejetos animais. Nada mais coerente do que reutilizarmos esses resíduos, fazendo com que os nutrientes voltem ao sistema produtivo, caracterizando uma economia circular. O desenvolvimento de processos de produção de fertilizantes organominerais vai ao encontro dessa necessidade, permitindo que os nutrientes possam ser reciclados de forma correta e ambientalmente segura.

Contudo, ainda existem enormes desafios para a indústria de fertilizantes organominerais. Os custos de produção ainda são elevados, fazendo com que o produto final perca a competitividade em relação aos fertilizantes minerais. Alguns desafios tecnológicos precisam ser superados para alavancar o setor e permitir a expansão da prática no Brasil. Os sistemas de produção industrial precisam ser aprimorados, reduzindo o custo de produção e permitindo o ganho de escala. A eficiência dos fertilizantes pode ser melhorada, incorporando biotecnologias, balanceando a relação entre nutrientes e melhorando os aspectos físicos do produto. E, por fim, mas não menos importante, é preciso possibilitar a utilização de resíduos de outras agroindustriais nos processos de produção de fertilizantes organominerais, permitindo que o valor pago pelo recebimento e destinação desses resíduos subsidie o processo de produção de organominerais, tornando-os mais competitivos.

Uma vez superadas essas barreiras, a atividade de produção de organominerais tende a crescer nos próximos anos, contribuindo para minimizar a nossa dependência por importação de nutrientes e ao mesmo tempo prestando um serviço ambiental, fortalecendo a bioeconomia e a sustentabilidade da agricultura brasileira.



<https://www.embrapa.br/fale-conosco>  
[www.embrapa.br/solos](http://www.embrapa.br/solos)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

