



**AGRO
EXTENSÃO**

Ano 3 | Nº 1 | Janeiro de 2025

ISSN 2965-6389

BOLETIM AGRONÔMICO

PRODUZINDO CONHECIMENTO PARA O CAMPO!

Boletim Informativo

Projeto Agro Extensão

Faculdade de Agronomia - UFRGS



@agro_extensao

SAÚDE DO SOLO E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Fabiane Machado Vezzani

Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

INTRODUÇÃO

Saúde do Solo é um conceito essencial na agricultura moderna, especialmente para garantir a longevidade de sistemas de produção agrícola que aliam produtividade, entrega de serviços ecossistêmicos e conservação do ambiente. Compreender a condição de um solo saudável vai além de avaliar sua fertilidade, envolve reconhecer o solo como um sistema dinâmico e multifuncional, que reage às práticas de manejo que recebe.

Este texto apresenta o conceito de Saúde do Solo e as implicações para a agricultura, aborda as práticas de manejo que promovem a Saúde do Solo e os benefícios de atingir solo saudável nos sistemas agrícolas.

DESENVOLVIMENTO

Saúde do Solo expressa uma condição de desempenho produtivo e ambiental do solo que reflete no conjunto de ecossistemas do planeta Terra; a esse conjunto denominamos biosfera.

Alinhados com alguns autores (Vezzani et al., 2024; Evangelista et al., 2023; Guo, 2021; Karlen et al., 2021; Janzen et al., 2021; Lehman et al., 2020; Pankhurst et al., 1997), podemos considerar que Saúde do Solo é um avanço em relação ao entendimento tradicional de Fertilidade do Solo, representando uma evolução conceitual que inclui, ao longo desse percurso, a Qualidade do Solo (**Figura 1**).



A Fertilidade do Solo tem a preocupação sobre a capacidade do solo fornecer nutrientes às plantas em quantidades e proporções adequadas e necessárias ao seu desenvolvimento e manter a ausência de elementos tóxicos (Tisdale et al.,1993; Bissani et al., 2004; Sousa e Lobato, 2004; Cantarutti et al., 2007; Lopes e Guilherme, 2007; van Raij, 2011).

É avaliada por meio de indicadores químicos que ao serem relacionados com a produtividade das culturas é

possível, por meio de uma rede de experimentos em diferentes condições edafoclimáticas e a longo prazo, classificar a disponibilidade de nutrientes em classes baixa, média, alta e muita alta para uma cultura agrícola específica. É como está apresentado no Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016).

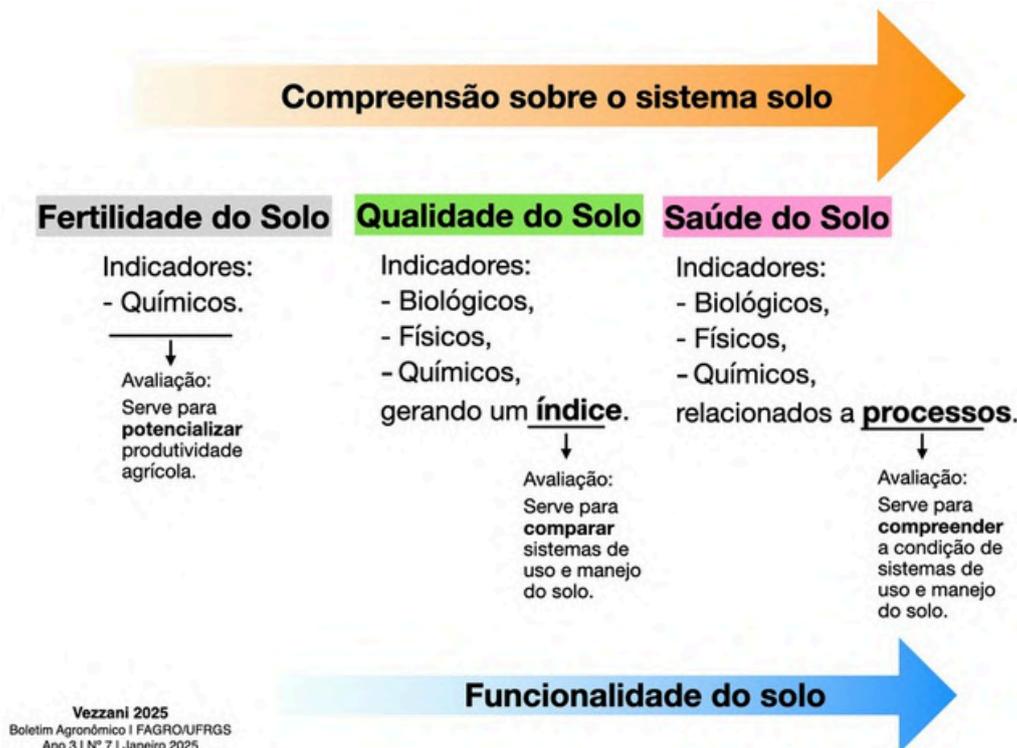


Figura 1. Sucessão de conceitos sobre o solo e a respectiva finalidade da sua avaliação, considerando a evolução da compreensão sobre a funcionalidade do solo além da produtividade agrícola.

Para a Qualidade do Solo, a avaliação deve considerar além da dimensão química, as dimensões biológicas e físicas do solo de uma forma integrada. Isto porque Qualidade do Solo refere-se à capacidade do solo executar suas funções no ecossistema para sustentar a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar e apoiar a saúde e a habitação humanas (Doran & Parkin, 1994; Karlen et al., 1997). As funções do solo nos ecossistemas agrícolas estão na faixa laranja da **Figura 2.**

Apesar da definição de Qualidade do Solo considerar a relação com a qualidade do ambiente e o bem-estar e saúde humanos, e apesar de as propostas dos procedimentos para determinar um índice de Qualidade do Solo levem em conta algumas funções do solo que são desejadas para situações específicas (Doran e Parkin, 1994; Karlen e Stott, 1994) – tendo a produtividade como a principal meta –, o valor dos índices de Qualidade do Solo gerado por esses protocolos de avaliação fazem apenas comparativos sobre a produtividade de ecossistemas com maior e menor

Qualidade do Solo, sem preocupar com o que de fato o valor do índice representa. Dito de outra forma, sem preocupar em qual dimensão do solo – se biológica, física ou química – sistemas de uso e manejo do solo são similares ou distintos. Vários procedimentos para avaliar Qualidade

do Solo já foram propostos e ainda não existe um procedimento único ou padrão, pois a variabilidade de tipos de solo e condições ambientais e de uso e manejo do solo empregadas impossibilita que se tenha um índice universal para avaliar Qualidade do Solo.

Funções do solo na biosfera:

Funções do solo nos ecossistemas agrícolas:

- **Regular e compartimentalizar o fluxo de água no ambiente.^{1 2}**
- **Estocar e promover a ciclagem dos elementos na biosfera.²**
- **Atuar como tampão ambiental, na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente.^{1 2}**
- **Servir como meio para o crescimento das plantas.^{1 2}**
- **Reserva de biodiversidade - habitats, espécies e genes.³**
- **Ambiente físico e cultural para humanos e atividades humanas.³**
- **Arquivo de patrimônio geológico e arqueológico (cultural).³**

Fonte: ¹ Karlen et al., 1997; ² Larson & Pierce, 1994; ³ EC, 2006.

Vezzani 2025
Boletim Agrônomo | FAGRO/UFRGS
Ano 3 | Nº 7 | Janeiro 2025

Figura 2. Funções do solo na biosfera (conjunto de ecossistemas da Terra) indicando as funções do solo específicas para os ecossistemas agrícolas (faixa laranja). Fonte: 1 Karlen et al., 1997; 2 Larson & Pierce, 1994; 3 EC, 2006.

O escopo da Saúde do Solo é um avanço nessa sequência de conceitos, pois enfatiza a relevância de compreender o solo como um sistema aberto e dinâmico, que faz elo com a atmosfera, a água, e os seres vivos, incluindo os humanos. Saúde do Solo é a capacidade contínua do solo executar suas múltiplas funções socioecológicas na biosfera (todas as funções apresentadas na Figura 2) de forma a gerar serviços ecossistêmicos para a manutenção da vida humana no planeta (Vezzani et al., 2024; Guo, 2021; Karlen et al., 2021; Janzen et al., 2021; Lehman et al., 2020; Pankhurst et

al., 1997).

É importante atentar que os serviços ecossistêmicos do solo não são apenas capacidade produtiva de alimentos, plantas medicinais, fibras e madeira. Os serviços ecossistêmicos do solo incluem a capacidade de ciclar nutrientes, regular o ciclo da água e a concentração de gases na atmosfera, promover água potável, prevenir enchentes, controlar doenças e, ainda, oferecer recreação, beleza cênica, contato com o divino e guardar a história das civilizações (MEA, 2005).

A avaliação da Saúde do Solo demanda uma abordagem mais holística e uma análise mais qualitativa que a Qualidade do Solo, de forma que considere a complexidade das interações biológicas, as propriedades dinâmicas do solo e os processos ecológicos nos ecossistemas que refletem em toda a biosfera (Guo, 2021; Karlen et al., 2021; Janzen et al., 2021; Bünemann et al., 2018).

Avaliar a Saúde do Solo de um ecossistema agrícola não é tarefa simples! Exige a compreensão de como os processos ocorrem no solo, quais fatores do meio o solo se relaciona e qual o impacto dos seus componentes e das práticas agrícolas sobre esses fatores. Portanto, a Saúde do Solo está preocupada com os processos e compreender os processos exige conhecimento desse bem natural que é o solo.

Como desenvolver essa compreensão sobre o solo? A partir da observação: de suas características de local da paisagem onde ele se encontra – pé do morro, encosta, topo do morro; de textura – se é argiloso, arenoso, textura média; profundidade de perfil cultivável; se há indícios de processo erosivo – entressulcos, sulcos, selo superficial; se tem camada que impede o fluxo de água; e de suas propriedades nas dimensões biológica – organismos visíveis ou indícios de suas presenças, ocupação do perfil pelas raízes das plantas, já que são elas que oferecem alimento direta ou indiretamente para a grande maioria dos organismos do solo; física – grumos com as bordas arredondas ao longo do perfil, porosidade visível; e química – condições de acidez e de disponibilidade de nutrientes indicados nos laudos de fertilidade do solo (**Figura 3**).

O que observar no solo:

- **Em qual local da paisagem o solo se encontra: no pé do morro, na encosta, ou no topo do morro?**
- **Características de textura: argiloso? arenoso? média?**
- **Profundidade de perfil cultivável.**
- **Indícios de processo erosivo: sulcos? selo superficial?**
- **Existe camada que impede o fluxo da água?**
- **Propriedades na dimensão biológica: organismos visíveis ou indícios de suas presenças? como é a ocupação vertical e horizontal do perfil pelas raízes das plantas?**
- **Propriedades na dimensão física: grumos com as bordas arredondas ao longo do perfil? porosidade visível?**
- **Propriedades na dimensão química: como estão os indicadores de acidez e disponibilidade de nutrientes nos laudos de fertilidade do solo?**

Vezzani 2025
Boletim Agrônomo | FAGRO/UFRGS
Ano 3 | Nº 7 | Janeiro 2025

Figura 3. Sugestão de aspectos a serem observados para desenvolver a compreensão sobre o solo.

A Importância da Saúde do Solo na Agricultura

A importância da Saúde do Solo na agricultura está ligada à “sustentabilidade”, palavra que, infelizmente, tem sido banalizada nos dias de hoje e a relevância do conceito diluída nos contextos em que é utilizada. Aqui, vamos considerar a visão apresentada pela Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento, instituída pela Organização das Nações Unidas, no seu relatório publicado em 1987. Sustentabilidade refere-se ao estado ideal e não fixo dos ecossistemas que atende as necessidades humanas das gerações atuais e futuras dentro dos limites ecológicos (UN/WCED, 1987). Os termos-chave nesse conceito são “estado não fixo” e “limites ecológicos”. Estado não fixo refere-se ao dinamismo que o solo possui e que reage às práticas agrícolas que aplicamos. E esse é o lado positivo, pois dependendo das práticas de manejo, alcançamos condição de solo saudável. E limites ecológicos é atentarmos à vocação do solo e qual o tipo e a magnitude de interferência que ele gera nos ecossistemas vizinhos. Esse aspecto nos impõe, quando formos usar o solo, a permissão de usá-lo na sua potencialidade sem ultrapassar os limites das características de sua integridade.

Então, a importância da Saúde do Solo na produção agrícola está em sempre e mais usar e manejar o solo conforme sua aptidão e definir as práticas a serem utilizadas com base nos fundamentos de um bom manejo do solo. Em outras palavras, é realizar o planejamento de uma unidade de produção agrícola a partir dos princípios da agricultura conservacionista.

Práticas de Manejo para Promover a Saúde do Solo

Solo fora da aptidão de uso para a agricultura não deve ser utilizado, pois poderá comprometer os processos ecológicos e a atividade agrícola não se sustentar, financeira e ecologicamente. Solo apto para agricultura, devemos aplicar os fundamentos de manejo do solo, que são: não revolvimento do solo, alta adição de matéria vegetal cultivada no local, cultivo de espécies vegetais diferentes no espaço e no tempo, e redução de agrotóxicos.

Essas práticas promovem o desenvolvimento dos organismos do solo, que juntamente com as raízes das plantas atuam na construção de uma estrutura física com porosidade contínua, a qual permite o adequado fluxo de água e ar. Um solo poroso e rico em organismos proporciona maior disponibilidade de nutrientes às plantas. Em uma condição de solo como essa, o desenvolvimento das plantas é favorecido e a produção de biomassa vegetal aumentada, o que oportuniza o incremento de matéria orgânica no solo. A biodiversidade de plantas cultivadas potencializa esse processo, e o conjunto das propriedades do solo resultantes capacita o solo desempenhar suas funções na biosfera.

Muitos sistemas agropecuários brasileiros estão baseados nos princípios da agricultura conservacionista e possuem potencial para atingir Saúde do Solo. A **figura 4** apresenta esses princípios e relaciona a intensidade de uso dos princípios com os sistemas agropecuários e a respectiva capacidade de eles proporcionarem funcionalidade do solo e, conseqüentemente, atingir Saúde do Solo.

Benefícios de atingir Saúde do Solo nos Ecossistemas Agrícolas

Um solo saudável é aquele que se caracteriza por alta biodiversidade, atividade biológica intensa e processos ecológicos balanceados, proporcionando que todas as funções do solo na biosfera (**Figura 2**) sejam desempenhadas e a estabilidade do ecossistema mantida, o que contribui para sua resiliência e capacidade de se adaptar às mudanças tanto de manejo como as do clima, influenciando positivamente os ecossistemas vizinhos.

Os benefícios de atingir Saúde do Solo nos ecossistemas agrícolas

refletem no aumento da produtividade, pois solos bem manejados apresentam maior fluxo de ar e água e capacidade de armazenar e fornecer nutrientes; redução de custos, pois ocorre melhoria na autorregulação dos processos ecológicos, aumentando a eficiência do uso de insumos e menor necessidade de correções químicas de nutrientes e de controle de populações de pragas e doenças; e resiliência às mudanças climáticas, pois solos saudáveis contribuem para o sequestro de carbono e a regulação do clima.

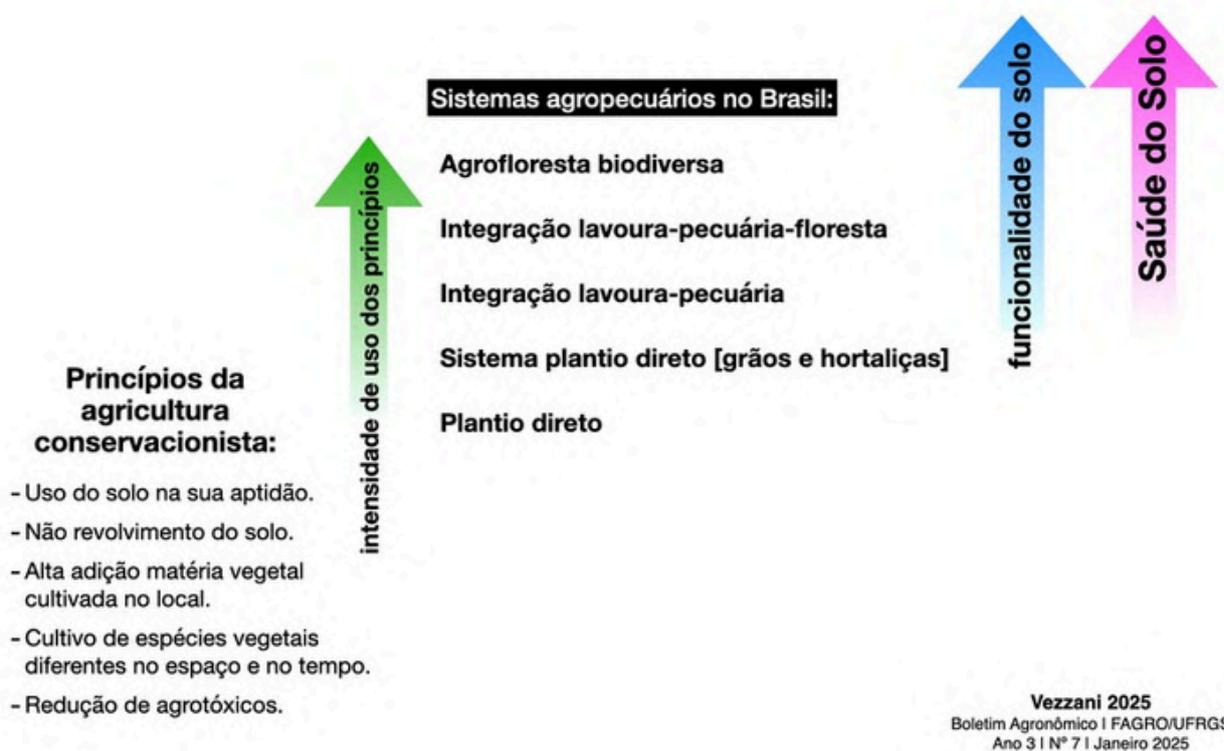


Figura 4. Princípios da agricultura conservacionista, os quais incluem os fundamentos de bom manejo do solo; os sistemas agropecuários no Brasil que são baseados nesses princípios e em quais deles a Saúde do Solo tem potencial para ser atingida.

DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Apesar dos avanços, muitos agricultores ainda enfrentam desafios para implementar práticas de manejo baseadas nos princípios da agricultura conservacionista, seja por falta de conhecimento ou recursos. Políticas públicas e programas de pesquisa e extensão rural são fundamentais para a co-criação de conhecimento sobre práticas que promovam a Saúde do Solo adaptadas à cada local, envolvendo pesquisadores, técnicos e agricultores.

Investir na Saúde do Solo é garantir a produção agrícola e a segurança alimentar no futuro. Técnicos, estudantes e agricultores desempenham um papel crucial na adoção e multiplicação de práticas agrícolas que promovam solos saudáveis, assegurando um legado de produtividade e conservação ambiental, sem esquecer que os humanos são parte integrante do ambiente.

E atenção na comparação da Saúde do Solo com a saúde humana! Isso pode ser um equívoco! Pensar que o solo tem febre ou está doente ou que análises de propriedades do solo são como exames de sangue compromete o desenvolvimento da compreensão sobre o seu real funcionamento. O solo é um dos elementos da natureza que se constitui continuamente por processos dinâmicos resultantes das práticas de manejo que recebe.

REFERÊNCIAS

Bissani CA, Gianello C, Tedesco MJ, Camargo FAO. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas**. Porto Alegre: Gênese; 2004.

Bünemann EK, et al. **Soil quality – A critical review**. Soil Biology and Biochemistry, p. 125, 2018.

Cantarutti RB, et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; p.769-850, 2007.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira De Ciência Do Solo – Núcleo Regional Sul, Porto Alegre, 2016.

Doran, J.W. & Parkin, et al. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, p.1-20, 1994.

EC, 2006. **Thematic Strategy for Soil Protection**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0231:FIN:EN:PDF>

Evangelista SJ, et al. **A proposal for the assessment of soil security: Soil functions, soil services and threats to soil**. Soil Security, 2023.

Guo M. **Soil Health Assessment and Management: Recent Development in Science and Practices**. Soil Systems, 2021.

J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicsek, D.F. & Stewart, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, p.37-51, 1994.

Janzen HH, Janzen DW, Gregorich EG. **The ‘soil health’ metaphor: Illuminating or illusory?** Soil Biology and Biochemistry, p. 159, 2021.

Karlen DL, De M, McDaniel MD, Stott DE. **Evolution of the Soil Health Movement. Approaches to Soil Health Analysis**. Soil Science Society of American; p. 21-48, 2021.

Karlen, D. L., et al. **Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation**. Soil Science Society of America Journal, p.4-10, 1997.

Karlen, D.L. & Stott, D.E. **A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality**. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, p.53-72, 1994.

Larson, W.E. & Pierce, F.J. **The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management**. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, p.37-51, 1994.

Larson, W.E. & Pierce, F.J. **The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management**. Nature Reviews Earth & Environmental, 2020.

Lopes AS, Guilherme IRG. **Fertilidade do solo e produtividade agrícola**. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-64, 2007.

Pankhurst, C.E., Doube, B.M., & Gupta, V.V.S.R. **Biological indicators of soil health: synthesis**. Biological indicators of soil health, p.419-435, 1997.

Sousa DMG, Lobato E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD. **Soil fertility-past and present**. Soil fertility and fertilizers. New York: Macmillan; p. 2-13, 1993.

UN/WCED - United Nations, World Commission on Environment and Development: **Report of the Our Common Future**. Development and International Co-operation: Environment, 1987.

Van Raij B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute; 2011.

Vezzani FM, Anghinoni I, Cherubin MR, Mendes IC. **Soil Health and Modern Brazilian Agriculture**. Soil Science Society of American, p. 1-18, 2024.