

SAÚDE DO SOLO

*Laura Fernanda Simões da Silva
Tainá Martins Cardoso
Anastácia Fontanetti*

**ARARAS
2021**



PPGADR

© 2021 by Laura Fernanda Simões da Silva, Tainá Martins Cardoso,
Anastácia Fontanetti
Direitos dessa edição reservados à Comissão Permanente de Publicações Oficiais e
Institucionais - CPOI
É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem a autorização expressa do
Editor.

Editoração eletrônica: Comitê Editorial
Revisão gramatical e ortográfica: Comitê Editorial
Normalização e Ficha Catalográfica: Marina P. Freitas CRB-08/6069
Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Silva, Laura Fernanda Simões da.
Saúde do solo / Laura Fernanda Simões da Silva, Tainá Martins Cardoso e
Anastácia Fontanetti e– São Carlos: UFSCar/CPOI, 2021.
16 p. (Coleção - Agroecologia em Foco)

ISBN: 978-65-86558-36-4

1. Agroecologia. 2. Biodiversidade do solo. 3. Práticas agroecológicas. 4.
Qualidade do solo 5. Recurso natural. I. Título.



Comissão Permanente
de Publicações Oficiais
e Institucionais da UFSCar



Coleção- Agroecologia em Foco
Agricultura Familiar

Comitê Editorial:

Profa. Dra. Anastácia Fontanetti (UFSCar)
Profa. Dra. Andréa Eloisa Bueno Pimentel (UFSCar)
Profa. Dra. Adriana Cavalieri Sais (UFSCar)
Profa. Dra. Adriana Estela Sanjuan Montebello (UFSCar)
Prof. Dr. Fabrício Rossi (USP)
Profa. Dra. Marta Cristina Marjotta-Maistro (UFSCar)
Prof. Dr. Victor Augusto Forti (UFSCar)

Comitê Técnico:

Karolina Guerrero
Lorena de Campos Sabor Lopes
Luana Carolina de Franco Petrônio

Reitora

Ana Beatriz de Oliveira

Vice-Reitor

Maria de Jesus Dutra dos Reis

Sumário

1 APRESENTAÇÃO	5
2 O QUE É QUALIDADE DO SOLO E SAÚDE DO SOLO?	6
3 BREVE HISTÓRICO E AS FUNÇÕES DO SOLO	7
4 A VIDA DO/NO SOLO.....	9
5 A IMPORTÂNCIA DA AGROECOLOGIA NA SAÚDE DO SOLO	12
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	13
7 REFERÊNCIAS.....	15

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural-PPGADR. À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001.

1 APRESENTAÇÃO

A proposta das cartilhas que compõem a coleção “Agroecologia em Foco” é apresentar os principais temas e conceitos que compõem o campo teórico científico da Agroecologia, em linguagem acessível ao leitor, proporcionando a popularização da ciência. Essa publicação foi idealizada e organizada pela Empresa Júnior Tellus do curso de Bacharelado em Agroecologia e pelo Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural- PPGADR da Universidade Federal de São Carlos, *campus* de Araras, SP.

Esta cartilha escrita por Laura Fernanda Simões da Silva, Tainá Martins Cardoso e Anastácia Fontanetti apresenta os conceitos básicos sobre qualidade do solo, a sua importância para proporcionar a alimentação humana, conservar a biodiversidade, reduzir o impacto das mudanças climáticas, criar agroenergia, sustentar construções, proteger águas subterrâneas e superficiais, e finalmente são abordados os principais organismos do solo e a importância da adoção de práticas agroecológicas para a construção de agroecossistemas mais sustentáveis.

Boa Leitura!

2 O QUE É QUALIDADE DO SOLO E SAÚDE DO SOLO?

Saber definir quando um agroecossistema pode ser considerado saudável é um dos desafios que enfrentam tanto agricultores como extensionistas e pesquisadores (ALTIERI; NICHOLLS, 2002). Nesse sentido, compreender a qualidade do solo é essencial para diagnosticar a condição de um ecossistema.

Na década de 1990, o conceito de qualidade do solo foi introduzido nas áreas de Ciência do Solo (Pedologia), Ecologia, entre outras, e desde então, surgiu o debate sobre a saúde do solo versus qualidade do solo.

Doran e Parkin (1994, p. 7) conceituaram qualidade do solo como:

“(...) a capacidade que um determinado tipo de solo apresenta, em ecossistemas naturais ou em agrícolas, para desempenhar uma ou mais funções relacionadas à sustentação da atividade, da produtividade e da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, à promoção da saúde das plantas e dos animais e à sustentação de estruturas socioeconômicas e de habitação

humana”. Geralmente, o termo qualidade é frequentemente associado a uma utilidade específica do solo, visando atender as necessidades humanas (DORAN; PARKIN, 1994).

Já o termo saúde do solo refere-se à mesma perspectiva conceitual de qualidade do solo, porém representa mais claramente o solo como um sistema dinâmico, vivo, com interações entre suas propriedades, atuando de forma holística no agroecossistema e não como um corpo inanimado (DORAN; SARRANTONIO; LIEBIG, 1996).

Nesse sentido, tais autores conceituaram o termo saúde do solo como: “...contínua capacidade do solo para atuar como um vital sistema vivo, em diferentes ecossistemas, sustentando a produtividade biológica, mantendo a qualidade da água e do ar e promovendo a saúde da planta, do animal e do homem” (DORAN; SARRANTONIO; LIEBIG, 1996, p.10).

Ambos os conceitos refletem o mesmo tipo de enfoque que lhes são atribuídos e com procedimentos similares em diferentes métodos de

avaliação. No presente texto, as duas expressões são utilizadas com o mesmo significado.

3 BREVE HISTÓRICO E AS FUNÇÕES DO SOLO

O relatório da Situação Mundial dos recursos do Solo, da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (ONU/FAO) (FAO, 2015), identificou dez grandes ameaças às funções do solo, sendo elas: erosão, desequilíbrio de nutrientes, perdas de carbono e biodiversidade do solo, lixiviação, acidificação, desertificação, contaminação, salinização e compactação do solo.

Melhorar a qualidade/saúde dos solos mundiais é essencial para alcançar as Metas de Desenvolvimento Sustentável, incluindo o Fome Zero e o combate às mudanças climáticas e seus impactos (LEHMANN, et al., 2020).

Várias datas comemorativas e programas internacionais vêm sendo criados para melhorar o grau de consciência sobre o solo. Um deles foi o Ano Internacional dos Solos em 2015, visando conscientizar a sociedade civil e os responsáveis pela tomada de decisões políticas,

econômicas e outras, sobre a importância do solo para a humanidade, visto sua relevância para proporcionar a alimentação humana; conservar a biodiversidade; reduzir o impacto das mudanças climáticas; criar agroenergia; sustentar construções; proteger águas subterrâneas e superficiais; entre outras funções (BÜNEMANN, et al., 2018; LIU, et al., 2020). A Figura 1, elaborada pela FAO (2015), apresenta as principais funções exercidas pelo solo, que podem ser agrupadas nas ambientais, de manutenção da vida no planeta Terra e nas funções técnicas e culturais, relacionadas com as atividades antrópicas.

Outra data comemorativa é o **Dia Mundial do Solo**, criada pela Sociedade Internacional de Ciência do Solo (IUSS), durante o XXVII Congresso Mundial de Ciência do Solo, ocorrido em Bangkok, Tailândia, em 2002. Naquela ocasião, a escolha do dia 5 de dezembro como data para

essa comemoração foi em homenagem ao aniversário do Rei da Tailândia, Bhumibol Adulyadej, conhecido pelo seu trabalho de preservação do solo e de apoio às questões ambientais. Anos depois, para oficializar a data, a Assembleia Geral das Nações Unidas, em 20 de dezembro de 2013, aprovou através da Resolução nº 68/232 o dia 5 de dezembro como Dia Mundial do Solo, com o objetivo de fazer as pessoas

campanha “Mantenha o solo vivo, proteja a biodiversidade do solo” visando aumentar a conscientização sobre a importância de manter ecossistemas saudáveis e o bem-estar humano, abordando os crescentes desafios na gestão do solo, lutando contra a perda da biodiversidade do solo, aumentando a conscientização sobre o solo e incentivando governos, organizações,

Figura 1 - Esquema das Funções do solo.



FONTE: FAO, 2015.

refletirem sobre o modo como tratam o planeta Terra, além de lembrar quais os diversos benefícios do solo para a vida. O **Dia Mundial do Solo no ano de 2020 #World Soil Day #** teve como

comunidades e indivíduos em todo o mundo a se comprometerem a melhorar de forma proativa a saúde do solo.

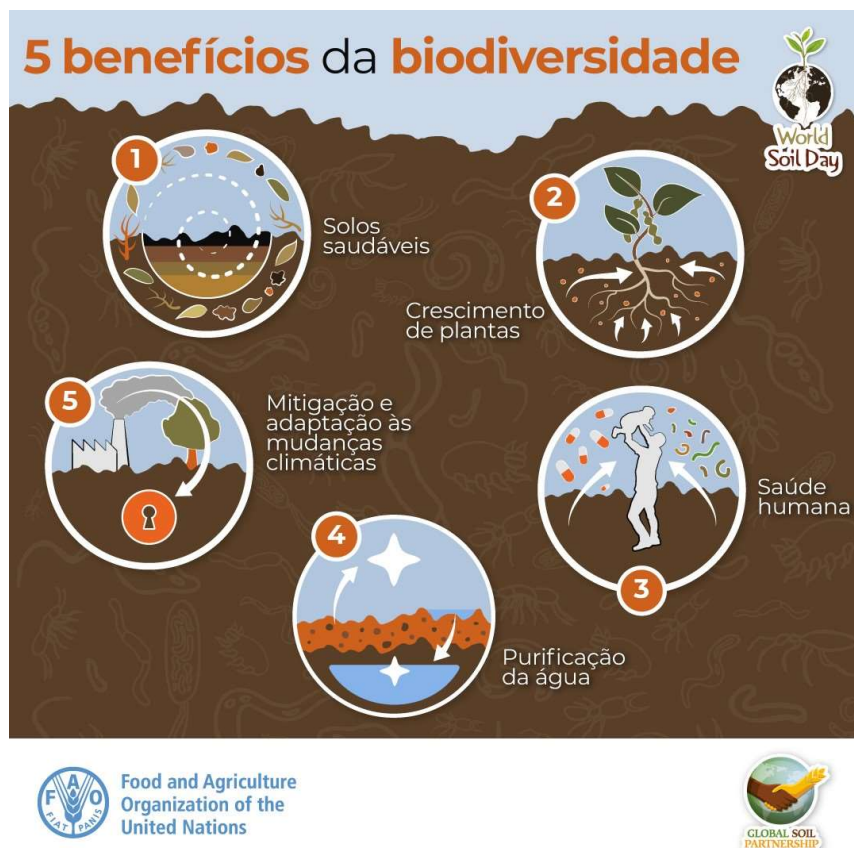
4 A VIDA DO/NO SOLO

O solo é um ambiente que abriga diversos organismos que compõem a sua biota e sua biodiversidade. A biota corresponde aos seres vivos encontrado nos solos e a biodiversidade consiste nas variedades desses seres. Ambos geram importantes benefícios aos seres humanos, tais como, a ciclagem de nutrientes, a decomposição e incorporação de matéria orgânica, o

o estímulo ao desenvolvimento microbiano, a promoção de trocas de gases entre atmosfera e o solo, além de contribuírem para a absorção de água e nutrientes pelas plantas. A Figura 2 também elaborado pela FAO (2020), apresenta cinco benefícios da biodiversidade do solo.

O crescimento de plantas pode ser beneficiado por microrganismos produtores de substâncias

Figura 2 - Benefícios da Biodiversidade do solo.



FONTE: FAO, 2020.

controle de organismos indesejáveis,

promotoras de crescimento ou de

microrganismos colonizadores de raízes que auxiliam no controle de patógenos e na absorção de nutrientes. Através do processo de mineralização os microrganismos transformam compostos orgânicos em formas disponíveis para as plantas, contribuindo para sua nutrição (FAO, 2020).

No que se refere à saúde humana, a biodiversidade está diretamente relacionada ao fornecimento de alimentos de qualidade e à segurança alimentar e nutricional. Um solo saudável favorece o sistema imunológico, uma vez que fornece condições ideais para as plantas produzirem compostos de ação protetora e que, quando consumidas, protegem contra doenças e alergias. A saúde humana também se beneficia da biodiversidade do solo através da indústria farmacêutica, visto que no solo são encontrados organismos que sintetizam compostos usados na fabricação de remédios e vacinas (FAO, 2020).

Solos biodiversos possuem alto potencial para estocar carbono, contribuindo com a redução da emissão de gases poluentes e de efeito estufa, desta forma contribuem com a regulação climática e melhoram a qualidade do ar. Já a purificação da

água pode ser realizada por microrganismos do solo capazes de degradar substâncias tóxicas e poluentes, e eliminar patógenos. Desta forma melhora-se a qualidade da água e evita-se a contaminação e eutrofização dos recursos hídricos (FAO, 2020).

Na página da Professora Ana Maria Primavesi

(<https://anamariaprimavesi.com.br>)

é possível assistir o primeiro filme sobre a vida do solo, elaborado na década de 1950 e restaurado recentemente. O filme animado “**A vida do solo**”, foi o primeiro sobre a vida do solo elaborado no mundo e contempla a complexidade que envolve principalmente sua microvida, comprovando o que Ana sempre defendeu, de que o solo é a base de tudo. “O solo vivo é tão transbordante de vida que acaba por nos mostrar como somos (ou fomos) míopes em enxergá-lo como mero substrato para as plantas crescerem” (PRIMAVESI, 2016). Nas cenas do filme, os microrganismos, elementos químicos e matéria orgânica ganham vida, tornando-se personagens de uma história que tem o intuito de provar, de maneira didática, que o solo é vivo.

Os organismos do solo podem ser subdivididos em duas grandes

classes: a dos animais e a dos vegetais. A população animal e vegetal do solo é composta de cinco grupos: macrofauna, macroflora, mesofauna, microfauna e microflora. O número de indivíduos de cada grupo varia com as condições ambientais, físicas e químicas; porém, geralmente as bactérias são as mais abundantes em número (BARETTA, et al., 2011). Esses organismos trabalham em conjunto, preservando a integridade física, química e biológica do solo.

Alguns desses organismos do solo vivem de plantas vivas (herbívoros); outros, de seus detritos (detritívoros); outros, ainda, consomem animais (predadores) ou devoram fungos (fungíferos) ou bactérias (bacterívoros). Os que dependem de outros organismos para viverem, mas não os consomem totalmente, são os parasitas. Já os que vivem de compostos orgânicos e são capazes de sintetizar substâncias por meio da fotossíntese são os autótrofos.

Os organismos do solo variam de 20 nm a 20-30 cm de largura corporal e são tradicionalmente divididos em quatro classes de tamanho (SWIFT, et al., 1979) com suas específicas funções. Micróbios incluindo vírus, bactérias, Archaea, fungos (20 nm a

10 μ m) e Microfauna como protozoários de solo e os nematóides (10 μ m a 0,1 mm) vivem em películas de água vizinhas às superfícies de raízes e atuam na decomposição da matéria orgânica do solo, bem como do intemperismo dos minerais do solo (Swift et al., 1979).

A mesofauna (0,1 mm a 2 mm) corresponde aos microartrópodes de solo, por exemplo, ácaros, colêmbolas, pequenas larvas de insetos e outros. Esses animais habitam os poros do solo e não são capazes de criar sua própria galeria, sendo, por isso, particularmente afetados pela compactação do solo (HEISLER; KAISER, 1995). Esse grupo vive na serapilheira ou em galerias no solo e são importantes na regulação da decomposição da matéria orgânica, ao promoverem a remoção seletiva de microrganismos (MOORE; WALTER, 1988).

A macrofauna (2 mm a 20 mm) corresponde aos grandes invertebrados do solo, por exemplo, minhocas, piolhos, formigas, térmitas, besouros, aracnídeos, miriápodes e larvas de insetos. Eles incluem os organismos transformadores de serapilheira, os predadores, alguns herbívoros vegetais e os engenheiros do ecossistema, movendo-se através

do solo, perturbando-o e aumentando a permeabilidade da água e aeração do solo, além da criação de novos habitats para organismos menores (BARETTA, et al., 2011).

Alguns dos organismos que compreendem a macrofauna são denominados “engenheiros do ecossistema” (LAVELLE, et al., 1997), por influenciarem direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para os outros organismos, pela escavação e/ou ingestão e pelo transporte de material mineral e orgânico do solo que promovem, pelas estruturas construídas como resultado dessas atividades, incluindo galerias, bolotas fecais, montículos e

ninhos, modificando o ambiente físico e químico do solo. As minhocas conferem melhor desempenho às plantas, visto que são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica das folhas e outros resíduos acumulados sobre o solo, disponibilizando nutrientes para o crescimento das plantas.

E, por último, a megafauna (maior que 20 mm) que corresponde aos vertebrados (mamalia, répteis e anfíbios). Eles criam espaço gerando heterogeneidade na superfície do solo e em seu perfil por meio do movimento que fazem.

5 A IMPORTÂNCIA DA AGROECOLOGIA NA SAÚDE DO SOLO

Os solos são considerados um dos habitats com maior diversidade biológica da Terra. Tem sido estimado que 1 grama de solo contém até 1 bilhão de células de bactérias, até 200 metros de hifas fúngicas e uma ampla gama de organismos incluindo nematoides, minhocas e artrópodes. A manutenção da abundância e da diversidade dos organismos pertencentes a fauna edáfica é

importante, uma vez que eles interagem entre si, formando cadeias ou redes, as quais, em equilíbrio, mantêm todas as funções exercidas pelo solo (LAVELLE, et al., 2006).

Neste sentido, um ambiente onde o solo conta com maior abundância e diversidade, tornando-o saudável, terá suas estruturas e relações mais estáveis e melhor será sua qualidade. A ampla biodiversidade e o papel desta no funcionamento do

ecossistema e no fornecimento de serviços ecossistêmicos pode ser profundamente afetada por atividades humanas, bem como por desastres naturais, embora estes também possam ser influenciados por mudanças induzidas pelo homem.

Nesse sentido, a Agroecologia é fundamental para a construção de agroecossistemas sustentáveis, promovendo a participação dos agricultores nos debates e ações, pois ao conhecerem os aspectos que caracterizam a qualidade do solo/saúde do solo, eles assumem papel relevante na adoção das práticas agroecológicas. Some-se que tais práticas estão inseridas em um contexto sistêmico, o do agroecossistema, tornando-se a base para a compreensão da dinâmica do seu funcionamento (CASALINHO; LIMA, 2018; MUCHANE, et al., 2020).

A utilização de práticas agroecológicas pode potencializar a colonização e diversidade da fauna de solo e, por consequência, promover a

recuperação de solos degradados. Portanto, as práticas agroecológicas atuam nos agroecossistemas como forças motrizes, maximizando processos biológicos, que resultam em uma ciclagem de nutrientes mais eficiente e no aporte de matéria orgânica ao solo. É o “combustível” necessário para manter a biota do solo, que além de ser agente destes processos, modifica fisicamente o ambiente, promovendo sua qualidade. Com uma população global projetada para exceder 9 bilhões em 2050, combinada à competição pelos recursos terrestres e hídricos e o impacto das mudanças climáticas, nossa segurança alimentar atual e futura depende de nossa capacidade de aumentar a produção e a qualidade dos alimentos usando os solos que já estão em produção hoje, além dos desdobramentos ecossistêmicos envolvidos nesse processo. A Agroecologia pode ser uma saída!

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste texto é abordada a questão da saúde e qualidade do solo e é defendido claramente o pressuposto de que solos saudáveis são

essenciais para proporcionar a alimentação humana; conservar a biodiversidade; reduzir o impacto das mudanças climáticas; criar

agroenergia; sustentar construções; proteger águas subterrâneas e superficiais; entre outras funções.

A qualidade do solo/ saúde do solo tem sido um dos principais focos de pesquisa de estudiosos internacionais e nacionais porque são um fator importante de suporte para desenvolvimento e sobrevivência humana. Contudo, um dos desafios é como avaliar a saúde do solo de maneira simples e confiável, tanto por pesquisadores, como agricultores e extensionistas.

Assim, a determinação de indicadores de saúde do solo se faz necessária para possibilitar a identificação de áreas problemáticas utilizadas na produção, fazer estimativas realistas de produtividade, monitorar mudanças na qualidade ambiental e auxiliar agências governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas de uso da terra. Portanto, o monitoramento da saúde do solo é de fundamental importância para que novas práticas de uso e manejo possam ser avaliadas e utilizadas,

fornecendo assim subsídios mais adequados para a construção de agroecossistemas mais sustentáveis.

É preciso colocar o solo no centro de debates, do ensino escolar à elaboração das políticas públicas, é necessário dar o devido valor a esse importante recurso natural. Façamos do solo um veículo de prosperidade e paz e mostremos a contribuição dos solos para alcançar as "Metas de Desenvolvimento Sustentável". Esse é um dever de todos nós e não só de quem usa o solo para a produção. Pode-se mesmo dizer que é uma questão de sobrevivência.

Portanto, a saúde do solo é um fator chave para manter a estabilidade dinâmica do ecossistema sendo de grande importância para o bem-estar humano e nossa vida no meio ambiente e a Agroecologia pode ajudar e muito, uma vez que suas práticas consideram a ecologia do solo, em especial de sua biota em termos de riqueza e biodiversidade.

7 REFERÊNCIAS

ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, n. 64, p.17-24, 2002.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. *In*: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 141-192.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G.; GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T.W.; MADER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; GROENIGEN, W. V.; BRUSSAARD, L. Soil quality: A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, v.120, p. 105-125, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>.

CASALINHO, H. D.; LIMA, A. C. R. de. Integração de conhecimento na construção de uma metodologia para avaliação da qualidade do solo. *In*: FÁVERO, C.; CARDOSO, I. M. *Solo*. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FAO. Status of the World's Soil Resources (SWSR) - Technical Summary. 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i5126e/i5126e.pdf>.

FAO; ITPS; GSBI; CBD; EC. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities. *Report 2020*. Rome: FAO, 2020. <https://doi.org/10.4060/cb1929en>

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. *In*: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWARD, B. A. (ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: SSSA; American Society of Agronomy, 1994. p. 3-21. v. 35

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy*, v. 56, p. 1-54, 1996. Disponível em: 10.1016/S0065-2113(08)60178-9.

HEISLER, C.; KAISER, E. A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 19, n. 2-3, p. 159-165, 1995.

KNABBEN, V. M. A vida do solo. Disponível em: <https://anamariaprimavesi.com.br/curiosidades/a-vida-do-solo/>. Acesso em: 23/02/2021.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, New Jersey, v. 33, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M., BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, v. 42, n. 1, p. 3-15, 2006. Disponível em: 10.1016/j.ejsobi.2006.10.002.

LEHMANN, J.; BOSSIO, D. A.; KÖGEL-KNABNER, I.; RILLIG, M. C. The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, v. 1, p. 544-553, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>.

LEPSCH, I. F. *19 Lições de Pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

LIU, Y.; WU, K.; ZHAO, R. Bibliometric analysis of research on soil health from 1999 to 2018. *Journal of Soils and Sediments*, v.20, p. 1513–1525, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02519-9>.

MOORE, J. C.; WALTER, D. E. Arthropod regulation of micro-and mesobiota in below-ground detrital food webs. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 33, p. 419-439, 1988.

MUCHANE, M. N.; SILESHI, G. W.; GRIPENBERG, S.; JONSSON, M.; PUMARIÑO, L.; BARRIOS, E. Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A meta-analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 295, 2020. 10.1016/j.agee.2020.106899.

PRIMAVESI, A. *Manual do solo vivo*. 2 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2016. 205 p.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Oxford: Blackwell, 1979. 372 p.