



## **Qualidade Estrutural do Solo em Diferentes Sistemas Agrícolas: Análise Comparativa Utilizando o Método DRES**

Lourena Rios Tibery <sup>1</sup>  
Fabício Pelizer Almeida <sup>2</sup>

Sistemas de produção sustentável

### *Resumo*

Este trabalho investigou a qualidade estrutural do solo em diferentes sistemas de manejo agrícola, comparando Sistema Agroflorestal (SAF), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Sistema de Plantio Direto (SPD) e Cultivo Convencional. O objetivo foi avaliar a capacidade desses sistemas em manter ou melhorar a estrutura do solo, utilizando o método de Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES). A pesquisa foi conduzida em áreas com solo homogêneo (Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico), onde foram coletadas 20 amostras em cada área, analisadas com base em características visuais e quantitativas dos agregados de solo. O Índice de Qualidade Estrutural da Amostra (IQEA) e o Índice de Qualidade Estrutural da Gleba (IQES) foram calculados para cada sistema. Os resultados indicaram que sistemas conservacionistas, como SAF (IQES: 4,64) e ILPF (IQES: 3,59), apresentaram melhor qualidade estrutural em comparação com SPD (IQES: 3,32) e Cultivo Convencional (IQES: 1,70). A SAF se destacou como o sistema mais eficiente na manutenção da estrutura do solo, com maior estabilidade de agregados e uniformidade amostral. Em contraste, o Cultivo Convencional apresentou sinais de degradação, como compactação e baixa porosidade, comprometendo a sustentabilidade do solo. Conclui-se que sistemas agrícolas diversificados e conservacionistas promovem maior estabilidade estrutural, o que reforça a necessidade de políticas que incentivem a adoção dessas práticas para garantir a sustentabilidade a longo prazo.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade agrícola. Agregação do solo. Sistemas conservacionistas. Qualidade do solo.

<sup>1</sup> Mestranda do PPGEQ/MP. Uniube. Campus Uberaba. [lourena.tibery@adm.com](mailto:lourena.tibery@adm.com)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Uniube – PPGEQ/MP. Campus Uberlândia. [fabicio.almeida@uniube.br](mailto:fabicio.almeida@uniube.br)



## INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas modernos depende, em grande parte, da capacidade de manter e melhorar a qualidade do solo ao longo do tempo. O solo, sendo o principal recurso natural utilizado na agricultura, desempenha um papel crucial como suporte para o crescimento das plantas, bem como para a regulação dos ciclos de nutrientes e da água (LAL, 2015). Entre os principais desafios enfrentados pela agricultura sustentável está a degradação do solo, que pode ocorrer devido ao uso intensivo de práticas agrícolas convencionais que favorecem a compactação, a erosão e a perda de matéria orgânica. Nesse contexto, o uso de indicadores de qualidade do solo tornou-se essencial para avaliar os impactos das práticas de manejo agrícola e auxiliar no desenvolvimento de estratégias de conservação (DORAN; ZEISS, 2000).

Os indicadores de qualidade do solo são parâmetros mensuráveis que refletem a capacidade do solo de desempenhar suas funções ecossistêmicas, como o suporte à produtividade agrícola, a regulação hidrológica e a manutenção da biodiversidade. Entre os principais indicadores físicos, químicos e biológicos utilizados na avaliação da qualidade do solo, destacam-se a agregação do solo, o teor de matéria orgânica, a porosidade e a atividade biológica (KARLEN et al., 2001). Esses indicadores estão diretamente relacionados à estrutura do solo, sendo a agregação do solo um dos fatores mais críticos para determinar sua qualidade estrutural. A estabilidade dos agregados desempenha um papel central na proteção contra a erosão e na manutenção de um ambiente favorável para o crescimento radicular e a atividade microbiológica (BRONICK; LAL, 2005).

A agregação do solo, que se refere ao processo pelo qual partículas do solo se unem formando agregados, é fortemente influenciada pela matéria orgânica. A matéria orgânica do solo, composta por restos vegetais e animais em diferentes estágios de decomposição, atua como um aglutinante que facilita a formação e estabilização de agregados. Estudos demonstram que solos com maiores teores de matéria orgânica tendem a ter uma maior estabilidade de agregados, o que resulta em melhor porosidade, maior infiltração de água e maior resistência à erosão (SIX et al., 2000). Além disso, a matéria orgânica contribui para a retenção de nutrientes e para a manutenção da atividade biológica, ambos essenciais para a produtividade agrícola sustentável (JASTROW et al., 1998).

A estrutura do solo, caracterizada pela disposição espacial das partículas e agregados, é um dos



principais fatores que determinam sua funcionalidade. Solos bem estruturados apresentam alta porosidade, o que permite um bom armazenamento de água e facilita a circulação de ar, enquanto solos compactados ou degradados apresentam baixa porosidade e, frequentemente, problemas de drenagem e crescimento radicular restrito (DEXTER, 2004).

O método de Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES), desenvolvido por Ralisch et al. (2017), visa avaliar, de maneira prática e rápida, a qualidade estrutural do solo com base em características visuais, como tamanho, forma e resistência dos agregados, porosidade, presença de raízes e sinais de atividade biológica. Este método tem se mostrado uma ferramenta eficaz para a identificação de solos degradados e para o monitoramento de práticas de manejo que buscam a recuperação ou a manutenção da qualidade estrutural.

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas é frequentemente avaliada com base em indicadores de qualidade do solo, pois a capacidade do solo de sustentar a produção agrícola depende diretamente de sua saúde e resiliência (ALTIERI, 2004). Os modelos agrícolas sustentáveis, como Sistemas Agroflorestais (SAFs), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e o Sistema de Plantio Direto (SPD), têm sido apontados como alternativas ao cultivo convencional devido à sua capacidade de promover a conservação do solo e o sequestro de carbono (LOVATO et al., 2004).

A Agrofloresta, por exemplo, incorpora espécies arbóreas em sistemas de cultivo, promovendo a biodiversidade, o aumento da matéria orgânica e a melhoria da agregação do solo (MONTAGNINI, 2006). O ILPF, por sua vez, integra culturas agrícolas, pastagens e espécies florestais em um mesmo espaço, com o objetivo de otimizar o uso do solo e aumentar sua resiliência por meio da diversificação e intensificação ecológica (BALBINO; CORDEIRO, 2011). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é o de analisar a qualidade estrutural do solo por meio do DRES em diferentes sistemas de produção agrícola.

## **M**ETODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida sob uma abordagem experimental-exploratória, aplicando o Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES) em áreas representativas de Agrofloresta, Integração



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Sistema de Plantio Direto (SPD) e Cultivo Convencional. Essa abordagem permitiu uma avaliação comparativa detalhada entre os sistemas, visando compreender as variações estruturais e a influência das práticas de manejo na conservação do solo.

Portanto, a seleção das áreas experimentais foi realizada em propriedades agrícolas com condições de solo e clima semelhantes, localizadas no município de Uberlândia (MG), com o objetivo de minimizar o efeito de variáveis externas. As áreas apresentavam o predomínio do solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), e com histórico de uso contínuo de cada sistema de manejo por pelo menos cinco anos, de modo a garantir a estabilização dos efeitos das práticas agrícolas sobre o solo (Figura 1).



Figura 1: Mosaico de imagens das áreas de estudo (a) SAF, (b) SPD, (c) ILPF, (d) Sistema Convencional.  
Fonte: Acervo dos autores

O processo de amostragem de solo foi conduzido em cada área experimental por meio da coleta de amostras de solo a uma profundidade de 25 cm, conforme recomendado pelo protocolo do DRES. A profundidade de 25 cm foi considerada adequada para a avaliação da estrutura superficial do solo,

onde ocorrem as maiores influências das práticas de manejo. Foram coletadas vinte amostras em cada área, distribuídas de maneira sistemática, com espaçamento uniforme, para garantir uma cobertura representativa da gleba. As amostras foram coletadas com o auxílio de trados de amostragem de solo, e cada amostra foi acondicionada em sacos plásticos devidamente etiquetados com informações sobre a localização da coleta e o sistema de manejo.

Após a coleta, as amostras de solo foram analisadas no campo para a aplicação do método DRES. Cada amostra foi manipulada e dividida em camadas, conforme a variação da estrutura observada. O número de camadas variou de uma a três, dependendo da uniformidade da estrutura do solo. Para cada camada, foi atribuída uma nota de qualidade estrutural ( $Q_{ec}$ ), que varia de 1, indicando uma estrutura totalmente degradada, a 6, que representa a melhor condição estrutural possível.

A avaliação foi baseada em características visuais da amostra, incluindo o tamanho, a forma e a resistência dos agregados, a porosidade, a presença e a orientação das raízes, bem como sinais de atividade biológica, como a presença de canais formados por organismos do solo. Essas características foram avaliadas de acordo com as diretrizes propostas por Ralisch et al. (2017), garantindo a consistência e a confiabilidade das notas atribuídas (Figura 2).

Condição inicial $Q_{ec}$	Camadas da amostra com evidências de conservação/recuperação			Camadas da amostra com evidências de degradação		
	$Q_{ec} = 6$	$Q_{ec} = 5$	$Q_{ec} = 4$	$Q_{ec} = 3$	$Q_{ec} = 2$	$Q_{ec} = 1$
Tamanho do agregado e % na amostra	Mais de 70% de agregados com 1 a 4 cm	50 a 70% de agregados de 1 a 4 cm	Menos de 50% de agregados de 1 a 4 cm	Menos de 50% de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm	50 a 70 % de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm	Mais de 70% de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm
Características da estrutura	Estrutura frável, agregados muito grumosos e porosos, com atividade biológica alta. Raízes abundantes e bem distribuídas na camada avaliada, sem deformações ocasionadas por impedimentos físicos, crescendo através dos agregados.	Estrutura frável, agregados grumosos e porosos, com mediana atividade biológica. Raízes bem distribuídas na camada avaliada, podendo apresentar poucos sinais de restrição ao crescimento. As raízes crescem predominantemente através dos agregados.	Estrutura frável, pouco grumosa, pouco porosa e fraca atividade biológica. Raízes podem apresentar algum impedimento ao desenvolvimento.	Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, com poucos poros e atividade biológica. Pode apresentar raízes achatadas com dificuldade para desenvolvimento pleno na camada avaliada.	Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, com alguns poros e pouca atividade biológica. Desenvolvimento radicular limitado, com predomínio de raízes achatadas com dificuldade para penetração no interior dos agregados.	Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, sem poros visíveis e atividade biológica. Forte restrição ao desenvolvimento radicular, com predomínio de raízes achatadas, crescendo preferencialmente nas fissuras entre os agregados.
	grumosidade, atividade biológica, porosidade, raízes bem desenvolvidas			superfícies planas, raízes achatadas, solo desagregado ou compactado		

Figura 02: Atribuição das notas de qualidade estrutural de cada camada da amostra de solo ( $Q_{ec}$ ).  
 Fonte: Ralisch et al. (2017).

Além da avaliação visual, as amostras foram submetidas a uma análise quantitativa dos agregados, que consistiu em separar os agregados em diferentes classes de tamanho após a manipulação. A proporção de agregados considerados "bons", com tamanho entre 1 e 4 cm, foi calculada em relação ao volume total da amostra. Paralelamente, foi estimada a proporção de agregados "ruins", menores que 1 cm ou



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

maiores que 7 cm, que indicavam degradação estrutural. Baseando-se nessas proporções e nas características observadas, foram atribuídas as notas  $Q_{ec}$  para cada camada de solo (Figura 2).

Com as notas de qualidade estrutural de cada camada, foi calculado o Índice de Qualidade Estrutural da Amostra (IQEA), utilizando a equação (conforme Ralisch, et al., 2017):

$$IQEA = \frac{(E_{c1} * Q_{ec1}) + (E_{c2} * Q_{ec2}) + (E_{c3} * Q_{ec3})}{E_{total}}$$

onde  $E_c$  representa a espessura de cada camada em centímetros,  $Q_{ec}$  é a nota atribuída a cada camada, e  $E_{total}$  é a espessura total da amostra (25 cm). O IQEA foi utilizado para representar a qualidade estrutural de cada amostra individualmente. Em seguida, o Índice de Qualidade Estrutural da Gleba (IQES) foi calculado como a média simples dos IQEAs de todas as amostras coletadas em uma gleba específica, conforme a equação (conforme Ralisch, et al., 2017)::

$$IQES = \frac{IQEA_1 + IQEA_2 + \dots + IQEA_n}{n}$$

onde  $n$  representa o número total de amostras. Esse índice permite uma comparação direta entre as diferentes áreas e sistemas de manejo, fornecendo uma visão integrada da qualidade estrutural do solo em cada sistema. O período de abrangência do estudo foi de doze meses, durante os quais as coletas foram realizadas em dois momentos distintos: um durante o período chuvoso e outro durante o período seco. Essa abordagem permitiu avaliar possíveis variações sazonais na qualidade estrutural do solo, já que a umidade do solo pode influenciar diretamente a sua agregação e porosidade.

As análises dos dados obtidos foram conduzidas utilizando a análise de variância (One-Way ANOVA) para comparar os índices de qualidade estrutural (IQEA e IQES) entre os diferentes sistemas de manejo. Para identificar diferenças significativas entre as médias, foi aplicado o Teste de Tukey a um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Essa análise permitiu determinar quais sistemas apresentaram melhor desempenho em termos de preservação da estrutura do solo, fornecendo subsídios importantes para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados e tabulados, foi possível calcular o Índice de Qualidade Estrutural da Amostra (*IQEA*) e o Índice de Qualidade Estrutural da Gleba (*IQES*) para os diferentes sistemas de cultivo. O *IQEA* representa a média das notas de qualidade estrutural (*Qec*) atribuídas às três camadas de solo em cada amostra, enquanto o *IQES* é a média dos *IQEA* para cada sistema, refletindo a qualidade estrutural geral da gleba. Os resultados demonstram diferença significativa dos sistemas sustentáveis, como Agrofloresta e ILPF, em relação ao Sistema de Plantio Direto (SPD) e ao Cultivo Convencional, no que diz respeito à qualidade estrutural do solo (Tabela 01).

Tabela 01: Índice de Qualidade Estrutural da Gleba (*IQES*) para os sistemas de cultivo avaliados na pesquisa.

Sistemas Agrícolas	IQES <sup>1</sup>
Sistema Agroflorestal	4,648a
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	3,596b
Sistema de Plantio Direto	3,320c
Sistema de Cultivo Convencional	1,700d

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras diferentes são significativamente diferentes ao teste de Tukey à 5% ( $p < 0,05$ ).

O sistema Agroflorestal apresentou os melhores resultados, com um *IQES* médio de 4,648, evidenciando uma estrutura do solo altamente preservada. A presença de árvores e plantas de cobertura diversificadas neste sistema contribui para a melhoria contínua da estrutura do solo, promovendo a formação de agregados estáveis, o aumento da matéria orgânica e a melhora da atividade biológica. Esses fatores foram previamente discutidos na literatura (Montagnini, 2006), que aponta a agrofloresta como um sistema que favorece a manutenção e a recuperação do solo.

A alta estabilidade dos agregados, conforme refletido nas notas de *Qec* para as três camadas de solo, sugere que a diversidade de plantas e a incorporação de matéria orgânica no sistema favorecem uma melhor agregação, resistência à compactação e capacidade de infiltração de água. Além disso, o crescimento radicular profundo e a presença de espécies arbóreas contribuem para uma maior porosidade do solo, resultando em um ambiente favorável à atividade biológica.

O sistema ILPF apresentou um *IQES* de 3,593, inferior ao Agroflorestal, mas ainda



significativamente melhor em relação ao SPD e ao Cultivo Convencional. A integração de lavouras, pecuária e floresta oferece múltiplos benefícios ao solo, melhorando a biodiversidade radicular e aumentando o aporte de matéria orgânica. As camadas de solo deste sistema apresentaram Qec variando entre 3 e 5, indicando que, embora o sistema promova a recuperação da qualidade estrutural, há variações conforme o nível de integração e o manejo da biomassa.

Estudos prévios, como os de Balbino e Cordeiro (2011), destacam a importância do ILPF na conservação do solo, principalmente em áreas que sofreram degradação. Entretanto, a variabilidade nos resultados entre as camadas sugere que a implementação do ILPF pode requerer ajustes em termos de intensificação de práticas conservacionistas, como o aumento da densidade de árvores e a manutenção de uma cobertura vegetal mais uniforme.

O SPD apresentou um *IQES* de 3,320, o que indica uma qualidade estrutural intermediária. O SPD é amplamente reconhecido como uma prática conservacionista que reduz o revolvimento do solo, minimizando a erosão e melhorando a retenção de água (Derpsch et al., 2010). No entanto, os resultados sugerem que, embora o SPD promova uma estrutura do solo melhor que o Cultivo Convencional, ele não atinge o mesmo nível de eficiência que sistemas mais diversificados como Agrofloresta e ILPF.

A compactação superficial, causada pela ausência de revolvimento e pela possível compactação por maquinário, pode explicar a redução das notas de Qec nas camadas mais superficiais. Além disso, a falta de diversificação das culturas em alguns cenários de SPD pode limitar a contribuição de biomassa orgânica e a diversificação do sistema radicular, levando a uma agregação menos estável em comparação com sistemas mais integrados.

As amostras dos três primeiros sistemas de produção representaram na pesquisa, registros de qualidade estrutural muito acima das amostras do sistema convencional de cultivo (Figura 03). A Agrofloresta apresentou uma variação muito pequena entre as camadas, com notas de Qec na faixa de 4 a 5 para a maioria das amostras. Isso reflete a capacidade deste sistema em manter uma estrutura uniforme ao longo do perfil do solo, resultado da presença contínua de cobertura vegetal e da alta diversificação de espécies, o que favorece a estabilidade da estrutura do solo em todas as camadas.

O sistema ILPF também apresentou uma uniformidade considerável, com notas de Qec variando principalmente entre 3 e 5. A integração de componentes florestais, agrícolas e pecuários contribui para



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

um aumento da diversidade de raízes e biomassa, promovendo uma estrutura do solo mais homogênea. Essa uniformidade é um indicativo direto da eficácia dos sistemas conservacionistas em preservar a qualidade estrutural do solo ao longo do tempo. A presença de múltiplas espécies e a manutenção de uma cobertura permanente ajudam a proteger o solo contra erosão e compactação, resultando em uma maior estabilidade entre as amostras.

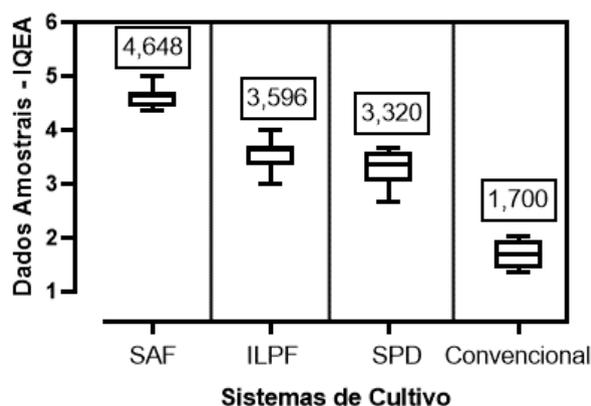


Figura 03: Box-plot dos dados amostrais de IQEA para os 4 sistemas de cultivo considerados na pesquisa.

O Cultivo Convencional apresentou o pior desempenho, com um *IQES* de 1,700, refletindo a degradação estrutural significativa associada ao uso intensivo de maquinário e ao revolvimento frequente do solo. A redução drástica nas notas de *Qec*, especialmente nas camadas mais profundas, indica que este sistema contribui para a compactação do solo e a quebra de agregados, reduzindo drasticamente a capacidade do solo de suportar funções essenciais, como a infiltração de água e a manutenção da porosidade (Roldán et al., 2003), percebida também na maior variabilidade amostral em um mesmo perfil, com “quebra” rápida de qualidade do agregado de uma fração próxima em profundidade.

Este sistema, caracterizado pela monocultura e pela ausência de práticas conservacionistas, resulta em um solo altamente vulnerável à erosão e à perda de nutrientes. A degradação observada nas três camadas de solo reflete a deterioração da estrutura e a perda de atividade biológica, que são fundamentais para a saúde do solo.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Portanto, os sistemas de manejo conservacionistas, como a Agrofloresta e o ILPF, não apenas preservam a qualidade estrutural do solo, como também proporcionam uma maior uniformidade amostral em comparação ao Cultivo Convencional. A análise dos índices de qualidade estrutural (*IQEA* e *IQES*) mostrou que práticas agrícolas que integram diversidade biológica e minimizam o distúrbio do solo geram benefícios significativos na estabilização de agregados e no aumento da porosidade em diferentes camadas do perfil do solo. Por outro lado, o Cultivo Convencional, caracterizado por uma maior variabilidade estrutural e degradação das amostras, destacou os impactos adversos de práticas intensivas, como o preparo do solo frequente e a monocultura, que comprometem a sustentabilidade a longo prazo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa reforçam a importância dos sistemas conservacionistas, como Agrofloresta e ILPF, na manutenção e melhoria da qualidade estrutural do solo. A uniformidade amostral e os elevados índices de qualidade estrutural (*IQEA* e *IQES*) observados nesses sistemas confirmam que práticas que promovem a diversificação biológica e reduzem o distúrbio físico do solo resultam em agregados mais estáveis, melhor porosidade e maior atividade biológica. Em contraste, o Cultivo Convencional apresentou baixa qualidade estrutural, com elevada variabilidade e degradação evidente em todas as camadas do solo avaliadas, destacando os efeitos negativos do uso intensivo de técnicas de preparo e da monocultura.

Portanto, é fundamental destacar os impactos positivos da transição para sistemas de manejo que integrem componentes agrícolas, pecuários e florestais, visando garantir a resiliência do solo e a sustentabilidade da produção agrícola em longo prazo. Aliás, a continuidade dessas práticas conservacionistas deve ser amplamente incentivada, pois seus benefícios não se restringem apenas à melhoria da estrutura do solo, mas também à mitigação da erosão, à promoção da retenção hídrica e ao aumento da produtividade agrícola sustentável. Estudos posteriores podem elucidar a otimização de respostas múltiplas nestes sistemas, avaliando a combinação ideal de espécies e práticas de manejo que integrem, por exemplo, o uso de resíduos sólidos.



## A AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG, edital 035/2024 e à PROPEPE/Uniube pelo apoio à pesquisa.

## R REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2004. 400p.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF): A sustentabilidade dos sistemas produtivos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 101-114, 2011.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, p. 3-22, 2005.

DEXTER, A. R. Soil physical quality: parts I, II, and III. **Geoderma**, v. 120, p. 201-239, 2004.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p. 3-11, 2000.

JASTROW, J. D. et al. The influence of biotic interactions on soil carbon dynamics in agroecosystems: expanding the conceptual framework. **Global Change Biology**, v. 13, n. 9, p. 1760-1771, 1998.

KARLEN, D. L. et al. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p. 4-10, 2001.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. **Sustainability**, v. 7, p. 5875-5895, 2015.

LOVATO, T. et al. Carbon and nitrogen accumulation in a Brazilian Oxisol under no-till systems. **Soil and Tillage Research**, v. 42, p. 197-209, 2004.

MONTAGNINI, F. **Agroforestry: A tool for sustainable land use in the tropics**. New York: Springer, 2006. 320p.

RALISCH, R. et al. **Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 64 p.

ROLDÁN, A. et al. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). **Soil and Tillage Research**, v. 72, p. 65-73, 2003.

SIX, J. et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 4, p. 1368-1374, 2000.