

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO COM INDICADORES VISUAIS EM MARINGÁ-PR

SOIL QUALITY ASSESSMENT WITH VISUAL INDICATORS IN MARINGÁ-PR

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO CON INDICADORES VISUALES EN MARINGÁ-PR

Dalton Nasser Muhammad Zeidan¹

Renata Scremin Cordova²

Renan Valério Eduvirgem³

Resumo

Este trabalho apresenta avaliação da qualidade do solo em fragmento florestal urbano empregando dois métodos diferentes para diagnose da área, em que se confrontaram resultados e indicadores visuais. Considerando a importância do solo para os seres vivos e a necessidade de avaliação da qualidade do solo, além de seu valor para análise das condições ambientais, utilizaram-se os métodos Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VEES) e Avaliação Visual do Solo (AVS). O estudo ocorreu em área conservada recoberta por floresta estacional semidecidual, formação do bioma Mata Atlântica, em área de transição de latossolo e nitossolo, conservada pelo Shopping Catuaí, de Maringá, para conhecimento das condições ambientais atuais e guiar medidas de conservação. Verificou-se quatro blocos de solo, com dimensões de 15 cm x 20 cm, de quatro pontos amostrais distribuídos ao longo da área. Compararam-se os agregados obtidos e a pontuação, em ambos os procedimentos, resultou em solo de boa qualidade, friável, de textura argilosa, com boa estrutura, alta porosidade, agregados pequenos e raízes por toda a amostra. Diante disto, o fragmento florestal urbano investigado não requer mudanças ou manejos. Entende-se que as práticas de conservação adotadas colaboram à manutenção da qualidade do solo, além de confirmarem a relação direta entre conservação da cobertura vegetal e qualidade do solo. Quanto aos métodos aplicados, estes são complementares na interpretação e reconhecimento das características estruturais do solo, apesar de conduzirem aos mesmos resultados em relação à qualidade.

Palavras-chave: qualidade do solo; características estruturais do solo; avaliação visual do solo; avaliação visual da estrutura do solo; fragmento florestal urbano.

Abstract

This paper presents a soil quality evaluation in an urban forest fragment using two different methods to diagnose the area, in which results and visual indicators were confronted. Considering soil's importance for living beings and the need to evaluate soil quality, besides its value for environmental conditions analysis, Visual Soil Structure Evaluation (VEES) and Visual Soil Evaluation (VSA). The study took place in a preserved area covered by semi-deciduous seasonal forest, a Atlantic Forest biome's formation, in a transitional area of Latosol and Nitisol, preserved by the Catuaí Mall in Maringá to understand the current environmental conditions and guide conservation measures. Four soil blocks, with dimensions of 15 cm x 20 cm, from four sampling points distributed throughout the area were checked. The aggregates obtained were compared and the scores, in both procedures, resulted in good quality soil, friable, with a clayey texture, good structure, high porosity, small aggregates and roots throughout the sample. Therefore, the investigated urban forest fragment does not require changes or management. It is understood that the adopted conservation practices contribute to the soil quality maintenance and confirm the direct relationship between vegetation cover preservation and soil quality. As for the methods applied, they are complementary to the interpretation and recognition of soil's structural characteristics, although they lead to the same results regarding quality.

Keywords: soil quality; soil structural characteristics; visual soil assessment; visual assessment of soil structure; urban forest fragment.

¹ Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá. E-mail: daltonzeidan@gmail.com

² Mestre em Zoologia pela Universidade Federal do Paraná.

³ Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá. E-mail: georenanvalerio@gmail.com

Resumen

Este trabajo presenta una evaluación de la calidad del suelo en un fragmento de bosque urbano, con el uso de dos métodos diferentes para el diagnóstico del área, en que se compararon resultados e indicadores visuales. Tomándose en consideración la importancia del suelo para los seres vivos y la necesidad de evaluación de la calidad del suelo, además de su valor para el análisis de las condiciones ambientales, se utilizaron los métodos Evaluación Visual de la Estructura del Suelo (EVES) y Evaluación Visual del Suelo (EVS). El estudio se hizo en área protegida cubierta por bosque semideciduo estacional, del bioma Mata Atlántica, en área de transición de latosol y nitosol, preservada por el Centro Comercial Catuaí de Maringá, para conocimiento de las condiciones ambientales actuales y orientar medidas de protección. Se analizaron cuatro muestras de suelo, con dimensiones de 15 cm x 20 cm, de cuatro puntos de muestreo distribuidos a lo largo del área. Se compararon los agregados obtenidos y el puntaje; en los dos procedimientos, se obtuvieron suelos de buena calidad, friables, de textura arcillosa, con buena estructura, alta porosidad, agregados pequeños y raíces en toda la muestra. Frente a eso, el fragmento de bosque urbano estudiado no requiere cambios o manipulaciones. Se entiende que las prácticas de protección adoptadas permitieron el mantenimiento de la calidad del suelo, además de confirmar la relación directa entre la preservación de la capa vegetal y la calidad del suelo. Sobre los métodos aplicados, ellos son complementarios en la interpretación y reconocimiento de las características estructurales del suelo, aun cuando lleven a los mismos resultados respecto a la calidad.

Palabras-clave: calidad del suelo; características estructurales del suelo; evaluación visual del suelo; evaluación visual de la estructura del suelo; fragmento de bosque urbano.

1 Introdução

A partir da necessidade, por diferentes interessados, de reconhecer a qualidade do solo para classifica-lo entre bom, moderado e pobre — bem como qualificar uso, propor manejo e práticas de conservação baseados na prática de campo segundo caracteres estruturais apreendidos pela visão, pelo tato e pelo olfato (PENNING *et al.*, 2015) —, elaboraram-se métodos como a Avaliação Visual do Solo (AVS), do inglês *Visual Soil Assessment (VSA)* (SHEPHERD, 2009), e a Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS) (BALL *et al.*, 2007), conforme indicadores sensíveis e eficientes para aferir a qualidade do solo por pesquisadores, agricultores, técnicos, entre outros interessados.

Os solos sob matas nativas são considerados referências para avaliação da qualidade do solo sob outras formas de uso, com intuito de verificar, monitorar e conservar o meio ambiente (NIERO *et al.*, 2010). As áreas verdes sofrem a pressão antrópica do desenvolvimento urbano e seus fragmentos precisam ser avaliados. A qualidade do solo de determinada área indica a sustentabilidade do seu uso e manejo, por isto a importância de aplicar os métodos de avaliação da QS, como AVS e VESS, a fim de averiguar seus atributos, assim como possibilitar comparação com outras áreas, inclusive diferentes formas de uso para verificação e monitoramento, (EURICH *et al.*, 2014), com o intuito de qualificá-las e apontar os manejos necessários.

Portanto, considerado o valor do solo à qualidade de vida do ser humano, este trabalho é útil por avaliar, propiciar monitoramento e direcionamento de ações que envolvam uso e manejo do solo, assim como conservação ambiental com praticidade e menor custo para

melhorar a qualidade ambiental e de vida. É fundamental identificar e monitorar a qualidade do solo em áreas com usos distintos.

O propósito central deste trabalho é a aplicação das metodologias AVS e VESS em área conservada, sob fragmento de floresta estacional semidecidual, formação do bioma Mata Atlântica, por meio de indicadores visuais para avaliação e monitoramento da qualidade do solo e conservação ambiental, além de produzir informações, a partir de características do solo local, para compartilhar com visitantes durante trilhas interpretativas que contribuiriam à difusão do conhecimento científico.

A avaliação visual do solo seguiu metodologia proposta por Shepherd (2009) e, na sequência, por Ball *et al.* (2007), em quatro pontos de monitoramento (PENNING, 2015). Primeiramente, em três etapas: 1) extração de blocos de solo a partir da abertura de minitrincheiras para extração de amostras, 2) quebra e organização dos agregados em bandeja plástica e 3) avaliação dos indicadores visuais com notas entre zero e dois. As referências fotográficas foram o guia de campo de Shepherd (2009) e outros trabalhos publicados (PENNING, 2015). A soma dos escores dos indicadores visuais resultou no índice de qualidade do solo. Na sequência, das cinco etapas de Ball *et al.* (2007), as duas primeiras, então realizadas, constituem-se na extração de blocos de solo, depois quebra e organização dos agregados, pontuados por comparação conforme os indicadores visuais sugeridos por Ball *et al.* (2007), adaptados por Guimarães (2011). Após isto, classifica-se a qualidade estrutural do solo entre bom, moderado e pobre, e os manejos necessários para cada condição de solo. A observação dos indicadores visuais resultou no índice de qualidade estrutural do solo.

Neste artigo, após introdução do assunto abordado, apresenta-se a metodologia e os métodos utilizados para execução do trabalho de campo. Na sequência, uma revisão bibliográfica antecede os resultados obtidos em trabalho de campo. Posteriormente, apresenta-se discussão desses com outros trabalhos. Conclui-se o estudo com algumas considerações sobre as principais reflexões e propostas de novas oportunidades de pesquisa.

2 Fundamentação teórica

A porção de área verde urbana conservada pelo Shopping Catuaí Maringá é um importante remanescente de Floresta Estacional Semidecidual⁴, representante do bioma Mata Atlântica, significativa para manutenção da fauna e flora local, também relevante como cenário para aulas de campo e trilhas interpretativas do meio ambiente para estudantes e visitantes,

⁴ Disponível em: <http://www.geo.pr.gov.br/ms4/itcg/geo.html>. Acesso em: 29 nov. 2022.

agendadas e realizadas mensalmente (ZEIDAN; KOVALSKI; OBARA, 2013; ZEIDAN; FERREIRA, 2020).

Muitas análises de solo são de difícil execução ou onerosas. Portanto, é preciso desenvolver métodos simples, práticos, com resultados imediatos, confiáveis e de baixo custo para avaliação de qualidade estrutural dos solos (EURUCHI *et al.*, 2014; VOGEL *et al.*, 2016). O solo é o substrato que concede subsídios para o desenvolvimento da formação vegetal, o qual pode ser avaliado por atributos visuais (NIERO *et al.* 2010).

Os solos cobertos por matas nativas, principalmente os que sofreram menos interferência antrópica, são usualmente empregues como referência para avaliação da qualidade do solo (NIERO *et al.* 2010).

Giarola *et al.* (2009) muniram-se do método de avaliação visual da estrutura do solo, proposta por Ball *et al.* (2007), para avaliar a qualidade do solo de um latossolo vermelho distroférico, o mesmo encontrado na área verde urbana conservada pelo Shopping Catuaí de Maringá, ante diferentes sistemas de uso e manejo, cuja referência de qualidade da estrutura do solo foram as amostras de uma área sob floresta estacional semidecidual. São diversas as abordagens entre os autores quanto aos métodos para avaliação da qualidade do solo pautados em indicadores visuais, e no que se refere à variedade de uso e ao manejo das áreas amostrais (MELLONI, 2008; NICHOLLS *et al.*, 2004; McGARRY, 2007; BALL *et al.*, 2007; CASALINHO *et al.*, 2007; MUELLER *et al.*, 2007; SHEPHERD, 2009; SOUZA *et al.*, 2016). Alguns estudiosos dedicaram-se a ratificar esses métodos, com análises laboratoriais físicas e químicas em diferentes sistemas de manejo do solo (NIERO *et al.*, 2010; VOGEL *et al.*, 2016). Os modelos, indicadores e impactos escolhidos precisam ser os mais adequados de acordo com os objetivos e variedades de ambientes para designar a qualidade do solo (SOUZA *et al.*, 2016).

O método Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS) foi desenvolvido por Ball *et al.* (2007) e possibilita classificar a qualidade do solo baseado em indicadores estruturais visíveis, examináveis em campo, de modo confiável, sem demandar análises laboratoriais. Por tal método é possível avaliar propriedades da estrutura do solo, como o tamanho e a aparência dos agregados, porosidade visível, raízes, bem como aparência depois do manuseio e de agregados naturais ou reduzidos. Inclusive, mudanças nos atributos do solo podem representar a variabilidade da sua qualidade e se refletir sobre o aspecto da sustentabilidade ambiental, isto é, sobre a capacidade para dar suporte ao desenvolvimento da fauna e da flora. Da mesma forma, o método Avaliação Visual do Solo (AVS), desenvolvido por Shepherd (2009), possibilita classificar a qualidade do solo pautado em características estruturais e investigáveis *in loco*, com resultado confiável. Entre seus indicadores estão propriedades da textura, porosidade,

estrutura do solo, número e cor de mosqueados, cheiro, presença de minhocas, profundidade efetiva das raízes, suscetibilidade à erosão, ocorrência de acúmulo de água na superfície e tipo de relevo superficial da área amostrada.

A avaliação visual da estrutura do solo é eficaz para monitoramento da qualidade do solo (BALL *et al.*, 2007; SHEPHERD, 2009), da qualidade ambiental e recuperação de áreas degradadas, até mesmo em função de decisões e práticas adotadas, as quais visem manutenção e melhoramento da qualidade do solo, ou adequações da forma de uso.

No Brasil, necessita-se de informações acerca do uso de metodologias de avaliação da qualidade do solo, tanto da AVS quanto da VESS, da eficácia dos indicadores e dos resultados obtidos para comparação com outras localidades e distintas formas de uso (VOGEL *et al.*, 2016), inclusive trabalhos que, igualmente, considerem os fragmentos florestais como objeto de estudo, assim como Giarola *et al.* (2009), Vogel *et al.* (2016), Eurich *et al.* (2014), Bevilaqua (2017) e Schiebelbein *et al.* (2019). Em campo, através de avaliação sensorial (visual, tátil e olfativa) é possível identificar a qualidade da estrutura do solo. Sabe-se também que um fator importante é a umidade, que influencia o esforço para abertura de minitrincheiras e extração dos blocos (GIAROLA *et al.*, 2009), além dos próprios resultados, de modo que se tornou necessário padronizar as condições de umidade (SCHIEBELBEIN, 2019) e fazer descrições para tornar os dados comparáveis.

3 Metodologia

3.1 Avaliação da qualidade do solo por características visuais do solo

Este estudo ocorreu em um fragmento florestal urbano conservado pelo Shopping Catuaí Maringá, com aproximadamente 10 mil m², no município de Maringá, Noroeste do estado do Paraná, entre as coordenadas 23°15'15" e 23°33'27" de latitude sul e 51°50'05" e 52°05'59" de longitude oeste. Conforme Köeppen (1978), o clima predominante na região de Maringá é classificado como do tipo Cfa — subtropical úmido mesotérmico, atravessada pelo trópico de Capricórnio, na sua região norte. O solo da área verde se caracteriza, de acordo com GEOITCG, pela transição entre um latossolo vermelho distroférico típico e nitossolo vermelho eutroférico típico. O município está nos limites do bioma mata atlântica, enquadrado na região fitogeográfica denominada floresta estacional semidecidual, submontana, com altitude entre 400 e 560 m.

Neste estudo, empregou-se a abordagem qualitativa para desempenhar uma pesquisa de campo com coleta de dados.

Nesta pesquisa, abordaram-se dois métodos, o de Shepherd (2009) e o de Ball *et al.* (2007), os quais são similares. A etapa distinta de fragmentação dos agregados com as mãos, sugerida por este último e realizada após as avaliações do primeiro método aplicado, não interfere nos resultados ou demanda nova extração de blocos de solo. Dito isto, os dois métodos puderam ser aplicados de maneira sequenciada.

As coletas ocorreram nos dias 24/09/2021, para as amostras 1 e 2, e 06/10/2021, para as amostras 3 e 4, em dia ensolarado, com pelo menos dois dias sem chuva. Cabe ressaltar que foi preciso escapar dos arredores de árvores de grande porte em vista da dificuldade de cavar as minitrincheiras, devido à presença de raízes grossas.

A princípio, a avaliação visual do solo ocorreu conforme metodologia proposta por Shepherd (2009), executada em três etapas. A extração de blocos de solo com dimensões de 15 x 20 cm³ foram feitas a partir da abertura de minitrincheiras que mediam até 2x a largura da pá de bico (19 cm), para largura e comprimento, e 1 medida de profundidade (27 cm), para a extração de amostras e observações *in loco*. Na área objeto de estudo foram efetuadas quatro amostragens para representá-la (PENNING, 2015) (Figura 01).

Posteriormente, quebraram-se os blocos de solo por queda livre de 1 m de altura, e organizaram-se os agregados, dos maiores para os menores, em bandeja plástica (25 cm x 35 cm).

Na sequência, avaliaram-se os indicadores visuais do cartão de escores para solos cultivados (textura, porosidade, estrutura do solo, número e cor de mosqueados, cor, cheiro, presença de minhocas, profundidade efetiva das raízes, suscetibilidade à erosão, ocorrência de acúmulo de água na superfície e cobertura e formação de crostas na superfície), ao comparar a amostra do solo com as fotografias do guia de campo de Shepherd (2009) e outros trabalhos publicados, e designaram-se valores atribuídos a escores que variam entre: 0 (zero), considerado pobre; 0,5, moderadamente pobre; 1, moderado; 1,5, moderadamente bom; e 2, bom. O somatório de todos os pontos dos indicadores visuais proporciona o índice de qualidade do solo — menor que 20, pobre, entre 20 e 37, moderado; e maior que 37, bom.

Proseguindo, a avaliação visual do solo seguiu a metodologia proposta por Ball *et al.* (2007), executada a partir dos aglomerados remanescentes do primeiro método aplicado. Os agregados obtidos foram comparados com a sequência de figuras disponíveis em Penning *et al.* (2015), atribuindo o seu escore ou sua pontuação a dos indicadores visuais sugeridos por Ball *et al.* (2007), para os quais são avaliados e designados valores atribuídos a escores que variam entre 1 (um): friável, 2 (dois): intacto, 3 (três): firme, 4 (quatro): compacto, 5: muito compacto. Neste momento, a fim de confirmar e complementar o escore obtido na etapa anterior,

registram-se anotações sobre os aspectos visuais dos agregados (forma e tamanho), das raízes presentes, porosidade e compactação para cada condição de uso do solo. Por fim, após a análise dos resultados, com o escore de cada bloco foi possível classificar a qualidade estrutural do solo entre bom, moderado e pobre, e os manejos necessários para cada condição de solo. Na área objeto de estudo serão realizadas quatro amostragens, de maneira que seja representativa (PENNING, 2015).

Figura 1: Localização dos pontos amostrais



Fonte: Google Earth. Acesso em: 20 out. 2021.

4 Resultados e discussão

A avaliação visual do solo da área de conservação de mata nativa de FES considerada neste estudo revelou um solo bom, de boa qualidade, ou seja, conforme o termo usado por Doran (2002 apud BEVILAQUA, 2017, p. 32), com boa “saúde”. Portanto, o solo está saudável, em condições adequadas à sustentabilidade ambiental, manutenção dos componentes bióticos e para preservar a qualidade ambiental do fragmento florestal conservado pelo Shopping Catuaí Maringá. Verificou-se o status do solo da área tanto por meio da aplicação do método de Ball *et al.* (2007) quanto de Shepherd (2009). A condição saudável do solo no fragmento estudado também foi registrada em outros ambientes de mata nativa (GIAROLA *et al.* 2009; NIERO *et al.* 2010.; EURICH *et al.* 2014; VOGEL *et al.* 2016; BEVILAQUA, 2017). O valor do índice visual obtido pelo escore dado, a partir da tabela proposta por Ball *et al.* (2007), foi QE 1, em período seco. Do mesmo modo, o valor do índice visual obtido pelos escore e peso considerados foi de 39 pontos, ambos atestam boa qualidade do solo. Isto posto, no fragmento florestal urbano

conservado não há necessidade de interferência para melhorar a qualidade estrutural do solo, porém, é muito importante a continuidade da manutenção e conservação do local, a fim de preservar as características estruturais do solo.



Figura 1: Aspecto da área de estudo.



Figura 2: Aspecto da área de estudo.



Figura 3: Ponto de amostragem.



Figura 4: Abertura da minitrincheira.



Figura 5: Bloco de solo extraído.



Figura 6: Estrutura visual do solo.

Giarola *et al.* (2009) utilizaram em seu estudo, como referência de qualidade estrutural

do solo, uma área contígua sob floresta estacional semidecidual, sobre solo classificado como latossolo vermelho distroférico, assim como neste estudo, bem como ressaltou que, entre as amostras, a variabilidade da estrutura foi muito pequena, indicando que a ausência de estresse mecânico manteve a homogeneidade estrutural e física do solo. Cabe salientar — assim como observado por Giarola *et al.* (2009), Marques (2014) e Bevilacqua (2017) —, que ocorreu certa dificuldade para extração do bloco de solo, além de fuga de pontos amostrais próximos de árvores com evidenciadas raízes espessas nas proximidades.

Bevilaqua (2017) fez a avaliação visual do solo por aplicação de sete métodos, entre eles o de Ball *et al.* (2007), em áreas de mata ciliar sobre solo latossolo vermelho e em área de preservação permanente em gleissolo, ambas sob mata nativa no município de Terra Roxa (SP). O índice visual de qualidade de solo encontrado nessas áreas foi bom. Pelas pontuações visuais obtidas, esse sistema apresentou Qe 1, variações nas amostragens realizadas durante as estações seca e úmida.

Schiebelbein *et al.* (2019), através do método de Ball *et al.* (2007) em área de latossolo vermelho cultivado no sistema de plantio direto há mais de 25 anos — contraponto à forma de uso do fragmento florestal considerado neste estudo —, ressaltou a necessidade de melhorias a longo prazo no manejo do solo daquela área. Ademais, Schiebelbein *et al.* (2019) confirmam a influência da umidade do solo sobre os resultados da avaliação visual da estrutura do solo (BALL *et al.*, 2007), influenciando escores visuais mais altos para solos com menor umidade e escores visuais menores para solos com maior umidade.

Vogel *et al.* (2016) desenvolveram seu estudo em latossolo vermelho distroférico localizado em Laranjeira do Sul, Paraná. Os sistemas de manejo estudados foram a mata nativa de floresta ombrófila mista, onde se evidenciaram variações estatísticas dos escores entre as profundidades, que demonstrou qualidade estrutural do solo bom, assim como neste estudo, ou seja, não apresenta dano considerável aos atributos estruturais dos solos. Por correlação positiva, Vogel *et al.* (2016) inferiram semelhança e relação entre os escore visual (Qe) da estrutura do solo e os atributos de qualidade física do solo, confirmando a aplicabilidade, rapidez e eficácia da metodologia proposta por Ball *et al.* (2007).

Eurich *et al.* (2014), no município de Palmeira, no Paraná, assim como Vogel *et al.* (2016), aplicaram a metodologia de Ball *et al.* (2007) em área de mata nativa coberta por floresta com araucária, considerada referência por conta da preservação das características naturais, no que tange à qualidade de estruturação do solo, com valores de Qe entre 1 e 2, considerados de boa estruturação, semelhantes aos verificados na área objeto deste estudo. Em suas observações, Eurich *et al.* (2014), destacou ainda a deposição de serrapilheira como

substrato de matéria orgânica e sua contribuição à estruturação superficial do solo.

O trabalho de Niero *et al.* (2010), mesmo com outra metodologia, pautado na planilha e nos métodos desenvolvidos por Shepherd (2000), realizou a avaliação visual da qualidade do solo (AVS) em área de mata nativa, sobre solo latossolo vermelho distroférico típico, no município de Campinas-SP, onde a mata nativa apresentou média com maiores valores na maioria dos atributos, comparado a outras áreas sob outras formas de uso, com nota de índice visual 27,75 e classificação visual boa, corroborando mais uma vez a influência da forma de uso do solo sobre sua qualidade estrutural.

No estudo divulgado por Vogel *et al.* (2016), em Laranjeira do Sul-PR, sobre área de latossolo vermelho distroférico e sob uso de mata nativa de floresta ombrófila mista, atestou-se, com o método concebido por Ball (2007), visando avaliar a qualidade e sustentabilidade do uso do solo, que a área amostrada de mata nativa, segundo avaliação visual, não apresenta dano considerável aos atributos físicos dos solos.

Souza *et al.* (2016) propõem a metodologia Referência da Avaliação da Qualidade do Solo (RAQS) para avaliação visual da qualidade do solo, ao combinar outras cinco metodologias. Neste trabalho, conduzido em Minas Gerais, no município de Itajubá, sob vegetação de floresta estacional semidecidual, constatou-se que o solo, com redução da cobertura vegetal, fica mais propenso à erosão, além de ser possível monitorar a qualidade do solo de determinado ambiente ao longo do tempo, ou comparar ambientes para avaliação e definição do manejo mais adequado. Assim, entende-se que diferentes metodologias constatarem o valor da cobertura do solo e prejuízo da mecanização para conservação de sua qualidade.

A respeito dos métodos de Ball *et al.* (2007) e Shepherd (2009), salienta-se que os indicadores que este último considera são mais abrangentes, ao incluírem cheiro e textura do solo, presença de minhocas, processo de erosão e condições hidrológicas, embora o conjunto de atributos compreendidos pelos primeiros não sejam menos eficazes. Entretanto, ao executar os dois métodos, obteve-se uma gama maior de características do solo pela soma dos indicadores examinados. Inclusive, apesar de a quebra manual dos agregados de solo com as mãos (etapa do método de Ball *et al.*, [2007]) não ser de todo parcial, pois ocorre influência do executor na pontuação, isto requer experiência e prática por repetição da execução do método em diferentes condições para apurar a sensibilidade do praticante. Além do mais, para reduzir a variação na interpretação de dados subjetivos, sugere-se avaliação das amostras pelo mesmo executor.

Para mais, a classificação da profundidade efetiva das raízes, sugerida por Shepherd (2009), presume a abertura de minitrincheiras com no mínimo 0,80 cm de profundidade para

alcance da nota máxima deste indicador, o que pode diferir da realidade ou condições disponíveis para execução da análise, derivando notas parciais nos casos em que seja apenas realizada a extração dos blocos ou as minitrincheiras sejam menos profundas, assim como neste trabalho.

Ademais, algumas particularidades consideradas pelo pesquisador são subjetivas, como a textura do solo, em razão da sensibilidade do tato e da prática dos envolvidos na análise, assim como o fato de Shepherd (2009) propor o método a partir da realidade do seu país, Nova Zelândia, de modo que atribui valores da mesma forma, como o escore visual para solos argilosos, tipicamente encontrado em Maringá, moderadamente pobre (0,5), para classe textural argilosiltosa/argila, e considera bom (2,0) a classe textural franco siltosa.

Por meio desta pesquisa, assim como as outras apresentadas neste capítulo, inferiu-se que as áreas de mata, por conta da boa qualidade observada, quanto menos alteradas mais conservam as características naturais qualitativas da estruturação do solo. Da mesma forma, os distintos métodos de avaliação visual de estrutura do solo demonstraram-se ferramentas práticas e sensíveis às alterações do ambiente, e até mesmo complementares, as quais proporcionam resultados rápidos e eficazes.

5 Considerações finais

A vegetação nativa, cobertura do solo, protege e conserva as condições estruturais naturais do solo, ao contrário da antropização e da mecanização, que alteram e podem comprometer-lhe a estrutura. A metodologia de Ball *et al.* (2007), tal como a de Shepherd (2009), mostraram-se ferramentas práticas para uso em fragmentos florestais, apesar de certa dificuldade da extração dos blocos e imparcialidade para manipular e individualizar as unidades estruturais sem influenciar os resultados. Ambos os procedimentos possibilitaram avaliação da qualidade do solo por exame visual da estrutura, de forma replicável, em campo, com baixo custo e eficazmente. Os indicadores sugeridos por Ball *et al.* (2007) são eficazes para avaliar a qualidade do solo, porém, para qualificar áreas florestadas — mesmo que a intenção seja estipular referência de avaliação da qualidade do solo para produção, em vez de conservação —, é interessante incluir mais atributos de caracterização e qualificação dos componentes bióticos. O mesmo vale para a coletânea de indicadores de Shepherd (2009), apesar de considerar o número de minhocas, a porcentagem de cobertura e formação de crostas na superfície do solo e profundidade efetiva das raízes.

Os escores obtidos nos pontos amostrais ao longo da área florestada conservada pelo

Shopping Catuai Maringá foram os mesmos, retratando a homogeneidade na qualidade do solo local e no índice de qualidade de solo obtido em métodos distintos. A conservação da área é eficiente para prover boa qualidade do solo, conforme a classificação visual atingida. Desta forma, não há necessidade de mudanças quanto a uso e técnicas de conservação.

A eficácia e a sensibilidade das metodologias de Ball *et al.* (2007) e de Shepherd (2009) para áreas florestais devem ser testadas e comparadas a outras áreas de mata nativa, com solos diferentes e áreas utilizadas para outros fins, nas zonas urbana e rural, assim como o fazem outros pesquisadores em diferentes localidades.

Cabe às futuras pesquisas explorar e comparar outros fragmentos florestais em Maringá, assim como áreas de terras distintas empregadas para finalidades diversas, a fim de ampliar o arcabouço de dados e relativizar as informações obtidas entre fragmentos do município. Além disso, importa aplicar diferentes metodologias, conforme concebidas por outros pesquisadores, como a Avaliação Visual da Saúde do Solo Tropical (AVSS), de Bevilaqua (2017), e a RAQS, de Souza *et al.* (2016).

Entre as opções dos métodos é importante que estudos posteriores, inclusive na mesma área, considerem também indicadores visuais da cobertura do solo (porte, estratificação e serapilheira), principalmente por contribuírem com aspectos diferenciais e classificatórios ao aplicarem a avaliação visual da estrutura do solo entre áreas florestadas.

Nota-se também o valor de novos métodos, de adequações e até mesmo de fusões para encorpar a diagnose da qualidade do solo, igualmente no sentido de atribuir expertise ao avaliador.

A influência da umidade do solo para pontuação dos aspectos visuais observados para pontuação torna recomendável aplicar o mesmo método em períodos distintos, isto é, seco e chuvoso, para averiguação da interferência na qualidade estrutural obtida e do índice da qualidade do solo.

Os dados e as informações produzidas se mostraram úteis para divulgação da ciência durante as trilhas interpretativas realizadas no local, assim como para orientações de práticas de conservação e importância da área para manutenção da qualidade do solo.

Referências

BALL, B. C. *et al.* Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test. **Soil Use and Management**, [S.l.], n. 23, p. 329–337, 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/23821000/Field_assessment_of_soil_structural_quality_a_development_of_the_Peerlkamp_test. Acesso em: 27 abr. 2022.

BEVILAQUA, L. J. **Avaliação visual da saúde do solo sob diferentes usos**. 2017. Dissertação (Mestre em Agroecologia) — UFSCar, Araras, 2017. 156 p.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos (ed.). Mapa de solos Estado do Paraná: legenda atualizada. Embrapa Solos: Rio de Janeiro: **Embrapa Florestas**, Colombo, 2008. 74 p. 1 mapa escala 1: 600.000; formato A0.

CASALINHO, H. D. *et al.* Qualidade do solo em sistemas de produção de base ecológica: a percepção do agricultor. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 59–62, 2007. Disponível em: <http://www.abaagroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/6234/4544>. Acesso em: 27 abr. 2022.

EURICH, J. *et al.* Avaliação visual da qualidade da estrutura do solo em sistemas de uso das terras. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 1006-1011, 2014.

GIAROLA, N. F. B. *et al.* Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2531-2534, 2009.

GUIMARÃES, R. M. L. **Indicadores quantitativos e semi-quantitativos da estrutura do solo**. 2011. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) — Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

MARQUES JUNIOR, J. **Geologia e Mineralogia**. São Paulo: UNESP, 2014. 200 p.

McGARRY, Des. **A methodology of a Visual Soil: Field Assessments Tool** — to support, enhance and contribute to the LADA program. Roma: [s.n.], 2004. Disponível em: ftp://ftp.fao.org/agl/agll/lada/vsfast_methodology.pdf. Acesso em: 27 abr. 2022.

MELLONI, R. *et al.* Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2461–2470, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n6/v32n6a23.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2022.

MUELLER, L. *et al.* **The Muencheberg Soil Quality Rating (SQR)**. Field manual for detecting and assessing properties and limitations of soils for cropping and grazing. Muencheberg: [s.n.], 2007. Disponível em: <http://studylib.net/doc/18583325/the-muencheberg-soil-quality-rating--sqr->. Acesso em: 27 abr. 2022.

NICHOLLS, C. I. *et al.* A Rapid, Farmer-Friendly Agroecological Method to Estimate Soil Quality and Crop Health in Vineyard Systems. **Biodynamics**, [S.l.], n. 250, p. 33–40, 2004. Disponível em: <http://agroecology.pbworks.com/f/biodynindicators.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2022.

NIERO, L. A. C. *et al.* Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1271-1282, 2010.

PENNING, L. H. *et al.* **Avaliação visual para o monitoramento da qualidade estrutural do solo: VESS e VSA.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015.

RODERJAN, C. V. *et al.* As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 75-92, 2002.

SCHIEBELBEIN, B. E. *et al.* A umidade do solo influencia a avaliação visual da estrutura do solo? *In: VI REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIAS DO SOLO — RPCS*, 6., 2019, Ponta Grossa. **Anais [...]**. Ponta Grossa: UEPG, 2019. Disponível em: https://rpcs2019.com.br/trabalhos_aprovados/arquivos/04302019_230439_5cc901875420d.pdf. Acesso em: 14 set. 2021.

SHEPHERD, T. G. **Visual Soil Assessment: Volume 1. Field Guide for Pastoral Grazing and Cropping on Flat to Rolling Country.** 2nd ed. Palmerston North: Horizons Regional Council, 2009. 119 p.

SOUZA, K. R. De *et al.* Proposta da metodologia RAQS para avaliação visual da qualidade do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 9, n. 6, p. 1815–1824, 2016. Disponível em: <http://www.revista.ufpe.br/rbge/index.php/revista/article/view/1848/1066>. Acesso em: 14 set. 2021.

VOGEL G. F. *et al.* Metodologia para avaliação visual da estrutura do solo. *In: VI JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA*, 6., 2016, Chapecó. **Anais [...]**. Chapecó: UFFS, 2016.

ZEIDAN, D. N. M.; KOVALSKI, M. L.; OBARA, A. T. Trilhas interpretativas como estratégia didática no ensino de ciências. *In: XIV ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL*, 14., 2013, Cascavel. **Anais [...]**, Cascavel: UNIOESTE, 2013. p. 70-80.

ZEIDAN, D. N. M.; FERREIRA, M. E. M. C. Estudo biogeográfico e trilha interpretativa em área verde urbana — Maringá-PR. **Geofronter**, Campo Grande, v. 6, n. 1, 2020.