

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN – RS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Marcos André Bonini Pires

**PROSPECÇÃO DE MÉTODOS PARA MONITORAMENTO E
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO “ON FARM”**

Frederico Westphalen, RS
2023

Marcos André Bonini Pires

**PROSPECÇÃO DE MÉTODOS PARA MONITORAMENTO E
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO “ON FARM”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) *Campus* Frederico Westphalen, como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva

Frederico Westphalen, RS
2023

Marcos André Bonini Pires

**PROSPECÇÃO DE MÉTODOS PARA MONITORAMENTO E
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO “ON FARM”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) *Campus* Frederico Westphalen, como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Agrônomo**.

Aprovado em ____ de ____ de 2023

Vanderlei Rodrigues da Silva, Drº (UFSM)
(Orientador)

Felipe Bonini da Luz, Dr. (UFSM) (Comissão
examinadora TCC)

, Dr. (UFSM)
(Comissão Examinadora TCC)

Frederico Westphalen, RS
2023

DEDICATÓRIA

A todas as pessoas que auxiliaram durante toda a minha jornada no curso de agronomia, especialmente aos meus pais e irmãos por todo o suporte financeiro e mental. Sem dúvidas nenhuma, esse trabalho não seria escrito sem a ajuda deles, eles nunca mediram esforços para que eu alcançasse meus objetivos e sendo um exemplo de caráter e ser humano a ser seguido.

MUITO OBRIGADO!!!

AGRADECIMENTOS

Ao meu supervisor de estágio, Prof. Dr. Maurício Roberto Cherubin pela oportunidade de estágio final de curso, onde que fez surgir esse trabalho de conclusão de curso.

Aos componentes do grupo de pesquisa do laboratório de física do solo, entre eles mestrandos e graduandos, pela parceria e auxílio durante o curso.

Aos meus colegas de aula pela “parceria” durante os momentos de provas, trabalhos, festas e, acima de tudo, pela amizade.

Ao meu orientador dentro da academia, Prof. Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva, que desde o meu primeiro semestre auxiliou-me nas atividades acadêmicas curriculares e extracurriculares, sendo um exemplo de profissional e pessoa.

Ao meu irmão mais velho, Carlos Augusto, e ao meu primo, Felipe Bonini, pela coorientação, debates e conversas durante a graduação em relação a como um bom profissional deve agir e em tópicos sobre ciências do solo.

Aos meu pais, Sérgio e Neiva, pelo incentivo e auxílio durante o curso, aos meus irmãos, Luís Fernando e Carlos Augusto, pela amizade, conselhos e boas conversas.

“O que faz seu coração pulsar? Você sabe aquele sentimento que deixa teu coração agitado e eufórico? algo que mecha com a bioquímica do teu corpo fazendo você rir por nada? aquele momento que você é você na sua essência pura? Isso é alegria plena, seja um colecionador de alegria. Para isso, esteja preparado para tudo... ame, louve, ajude, seja, lute, grite, estude, pense, brigue, chore, fique com raiva, fique triste, fique feliz, não tenha medo de errar... a alegria é um mix de ações, sentimentos e emoções, isso faz você pensar no amanhã, para você ser seu o seu melhor de ontem, evoluindo com as experiências... isso é viver. Faça o que faz você sentir vivo e alegre”.

RESUMO

PROSPECÇÃO DE MÉTODOS PARA MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO “ON FARM

AUTOR: Marcos André Bonini Pires

ORIENTADOR: Vanderlei Rodrigues da Silva

O solo é considerado um ecossistema multifuncional, dinâmico e complexo, que provêm múltiplos serviços ecossistêmicos como: a provisão de alimentos e energia, regulação de fluxos hídricos e ciclos biogeoquímicos, suporte à formação do solo e sua fertilidade. Um modo de avaliar e monitorar os impactos negativos e positivos das práticas de manejo no solo é através da avaliação da qualidade do solo. Métodos “on farm” são fáceis, práticos e permitem que os produtores usem a campo para avaliar e monitorar a qualidade do solo. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi realizar uma revisão de literatura para prospectar métodos “on farm” para avaliar a qualidade do solo. Foi realizado uma revisão sistemática com uma serie de critérios de classificação para pesquisa dos métodos. Os documentos que os métodos faziam parte foram detalhados e descritos. Foram encontrados 39 documentos que atenderam os critérios estabelecidos. A maior parte dos métodos encontrados foram de avaliação física do solo, na sua maioria métodos visuais. O método mais mencionado dos documentos prospectados foi Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS).

Palavras-chave: qualidade do solo; saúde do solo; métodos on farm; indicadores químicos; indicadores físicos indicadores biológicos.

ABSTRACT

PROSPECT OF METHODS FOR MONITORING AND EVALUATION OF SOIL QUALITY "ON FARM"

AUTHOR: Marcos André Bonini Pires

ADVISOR: Vanderlei Rodrigues da Silva

Soil is considered a multifunctional, dynamic, and complex ecosystem, which provides multiple ecosystem services, such as: provision of food and energy, regulation of water flows and biogeochemical cycles, support for soil formation and fertility. One way to assess and monitor the negative and positive impacts of management practices on the soil is through soil quality assessment. On farm methods are easy, practical and allow growers to use the field to assess and monitor soil quality. In this sense, the objective of this work was to carry out a literature review to prospect farm methods to evaluate soil quality. A systematic review was carried out with a series of classification criteria for research methods. The documents regarding methods were detailed and described. 39 documents were found that met the established criteria. Most of the methods were of the soil physical evaluation of the soil, mostly visual methods. The most mentioned method of prospected documents was Visual Evaluation of Soil Structure (VESS).

Key words: soil quality; soil health, on farm methods, chemical indicators, physical indicators, biological indicators.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Métodos de avaliação on farm encontrados na revisão bibliográfica sistemática.	18
Tabela 2. KITS e guias descritivos on farm de avaliação da qualidade do solo encontrados na revisão bibliográfica sistemática.	20
Tabela 3. Métodos de avaliação on farm encontrados na revisão bibliográfica sistemática e uma breve descrição deles.	23
Tabela 4. KITS de avaliação do solo e guias descritivos on farm encontrados na revisão bibliográfica sistemática e uma breve descrição deles.	24

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Publicações de documentos anuais na base de dados Scopus dos anos de 1990 a 2021.	13
Figura 2. Representação ilustrativa dos passos metodológicos utilizada para a realização da revisão bibliográfica.	17
Figura 3. Princípios dos documentos (químico, físico e biológico) encontrados para avaliar a qualidade do solo on farm na revisão sistemática.	21
Figura 4. Documentos encontrados e seus respectivos países de criação ou aplicação das metodologias on farm para avaliar a qualidade do solo na revisão sistemática.	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	MATERIAIS E MÉTODOS	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	18
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
5	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O solo é considerado um ecossistema multifuncional, dinâmico e complexo, que provêm múltiplos serviços ecossistêmicos como: a provisão de alimentos e energia, regulação de fluxos hídricos e ciclos biogeoquímicos, suporte à formação do solo e sua fertilidade (Rinot et al., 2019). Portanto, a qualidade ambiental local, regional e global, incluindo a qualidade da água e do ar, são dependentes também do solo (Andrews et al., 2002). Desta forma, o solo cada vez mais é visto como um fator de grande importância para o desenvolvimento sustentável do mundo. Um bom exemplo disso são os objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU, que podemos relacionar, direta e indiretamente, com o solo (e.g., objetivo 2, fome zero e agricultura sustentável; 6, água potável e saneamento; 12, consumo e produção responsável; e 13, ação contra a mudança global do clima) (ONU, 2022).

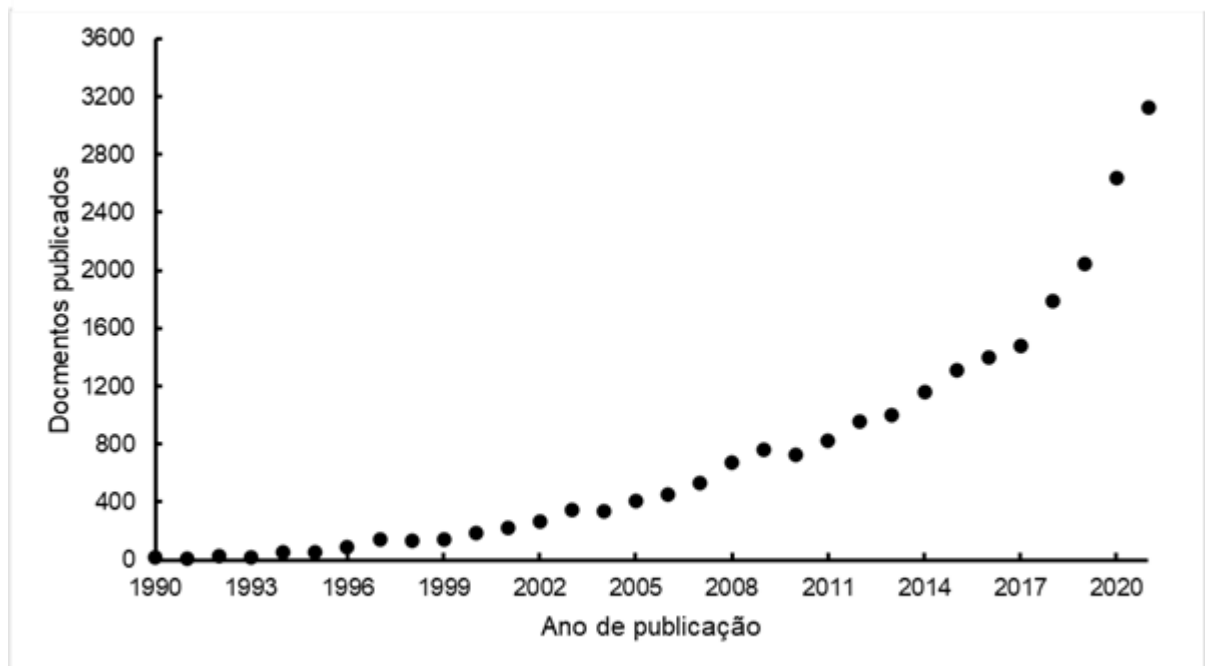
Vários fatores estão associados ao condicionamento do solo para preservar a qualidade ambiental, por exemplo, o manejo agrícola. As práticas de manejo agrícola podem contribuir para o aumento da qualidade do solo e produtividade. Sistemas conservacionistas, como: o sistema plantio direto (rotação de culturas, cobertura permanente do solo e o não revolvimento do solo), diversificação de culturas, sistemas integrados de produção que englobam pecuária e floresta são meios eficientes para garantir a preservação do meio ambiente e manter as terras produtivas, tanto agronomicamente quanto monetariamente (Lasco; Delfino; Espaldon, 2014). Por outro lado, algumas práticas de manejo (i. e. revolvimento do solo) que visam a obtenção de elevados índices de produtividade podem impactar negativamente a saúde, qualidade e fertilidade do solo (Sofo et al., 2022), uma vez que favorecem processos erosivos, perda de matéria orgânica, contaminação, compactação, aumento da salinidade e outros danos (Comissão Europeia, 2002).

Em virtude disso, um dos preceitos da agricultura brasileira atualmente é a busca pela sustentabilidade do sistema agropecuário através da agricultura conservacionista, que se mostra uma alternativa viável para o aumento da rentabilidade do produtor e também para a preservação do meio ambiente, dado que ela reúne tecnologias de caráter sistêmico para preservar e restaurar ou recuperar os recursos naturais com o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade compatibilizados com o uso de insumos externos (EMBRAPA 2019). Entre as práticas conservacionistas, destacam-se o plantio direto, rotação e diversificação de culturas

(Franchini et al., 2012), sistemas integrados de produção, como lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta (Moraes et al., 2019; Salton et al., 2014), por exemplo.

Um modo de avaliar e monitorar os impactos negativos e positivos das práticas de manejo no solo é através da avaliação da qualidade do solo (ou saúde do solo). Com esta avaliação é possível analisar os componentes químicas, físicas e biológicas do solo, e assim, verificar a sustentabilidade e o potencial produtivo do solo. O Termo “qualidade do solo” ou “saúde do solo” (utilizados como sinônimos) ganhou relevância em meados dos anos 90, através de discussões na academia em relação à manutenção da qualidade ambiental e a conservação da biodiversidade frente ao manejo agrícola. Quando pesquisado no banco de dados Scopus, os termos “soil quality” ou “soil health”, termos que, respectivamente, significam qualidade do solo e saúde do solo, é observado um aumento considerável do número de publicações anuais, sendo que em 1990 foram publicados 18 artigos mencionando os dois termos e em 2021 foram publicados 3.124 documentos (figura 1), nessa margem de tempo de 31 anos, 23.319 documentos foram publicados (Scopus, 2022).

Figura 1. Publicações de documentos anuais na base de dados Scopus dos anos de 1990 a 2021.



Fonte: Scopus, ELSEVIER.

Mas afinal, o que seria um solo saudável? Podemos definir que um solo de qualidade ou saudável é aquele capaz de prever a produção de alimentos e fibras, com qualidade suficiente para atender às necessidades humanas, juntamente com a prestação contínua de outros serviços ecossistêmicos essenciais para a manutenção da qualidade de vida do ser humano e a conservação da biodiversidade” (Kibblewhite et al., 2007). Há um consenso de que manter a saúde do solo é fundamental para a sustentabilidade humana e que os solos devem ser cuidadosamente manejados para garantir a saúde e o bem-estar social, ao mesmo tempo em que minimiza a degradação do solo e do meio ambiente (Rinot et al., 2019). Para isto, saber monitorar a qualidade do solo é essencial para que ele consiga exercer suas funções.

Na literatura são apresentadas diversas metodologias para avaliar a qualidade do solo, sendo que a maior parte delas exigem análises laboratoriais, as quais podem ser inacessíveis aos produtores. A revisão de Bünemann et al. (2018) destaca alguns métodos nacionais utilizados na avaliação da qualidade do solo em diversos países, como Canadá, Estados Unidos, Austrália e França, para a avaliação da qualidade do solo. Estes métodos são frequentemente baseados em análises laboratoriais analíticas, além de custo elevado a maior parte dos métodos citados na revisão são destinados a regiões de clima temperado, ou para condições que diferem muito das condições tropicais encontradas no Brasil.

Há, portanto, a necessidade da criação de métodos com abordagens direcionadas para avaliação “on farm” (i.e. no campo), de fácil acesso e que utilizem indicadores de fácil medição que forneçam resultados imediatos e facilitem a comunicação entre os agricultores e cientistas (Beare et al., 1997). Partindo deste pressuposto, o Instituto de Qualidade do Solo, vinculado ao Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA-ARS), desenvolveu em 1998 um Kit para avaliação da qualidade do solo a campo. O Kit é composto por 10 testes, sendo esses: análise da respiração do solo, infiltração de água, densidade aparente, condutividade elétrica, pH, estabilidade de agregados, consistência, níveis de nitrato, população de minhocas e qualidade da água (níveis de salinidade e nitrato na água).

Esse Kit foi testado por Amado et al. (2007) no Brasil sobre diferentes sistemas de manejo e de culturas, com uma ampla faixa de adição de resíduos vegetais ao solo em um Argissolo Vermelho Distrófico Arênico. Segundo os autores, dos 6 métodos utilizados pelo kit, 5 tiveram uma boa correlação com os métodos

tradicionais que são utilizados pela ciência do solo brasileira. Os autores também concluíram que o kit de qualidade de solo foi uma ferramenta de fácil manuseio, rápida e sensível às modificações induzidas pelos sistemas de manejo sobre a classe de solo avaliado. Assim, é denotado o grande potencial de testes on farm, porém, tais estudos não avançaram para uma melhor compreensão e aprimoramento do Kit para as condições brasileiras.

Na literatura podemos encontrar um vasto conjunto de métodos visuais para avaliar a qualidade do solo, porém, a maioria desses métodos visa principalmente a avaliação da estrutura do solo, às vezes em relação à produtividade (Abdollahi et al., 2015, Mueller et al., 2013). Entre os usados no Brasil, podemos citar a Análise Visual da Estrutura do Solo (VESS) (Ball et al., 2007; Guimarães et al., 2011; Franco et al., 2019) e o Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES) (Ralisch et al., 2017), desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Estas metodologias, independente de suas especificidades, foram validadas com excelente potencial para avaliar as condições físicas do solo e, conseqüentemente, sua relação com a qualidade do solo.

Sobretudo, se faz necessário maior número de métodos biológicos e químicos, ou ainda, métodos mais integrativos, relacionando parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo para se ter uma melhor avaliação da sua qualidade. Ainda, tais métodos devem ser fáceis, rápidos, baratos e capazes de avaliar sistemas agrícolas brasileiros, para facilitar possível aquisição e uso pelos produtores. Assim, os produtores poderão usar a ferramenta para monitorar a qualidade do solo, se ele está saudável e produtivo. Logo, o objetivo dessa revisão bibliográfica é realizar o levantamento de métodos de avaliação e monitoramento da qualidade do solo on farm.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da prospecção de métodos on farm para a avaliação da qualidade do solo, foi realizado uma revisão bibliográfica sistemática. Para isto, esse trabalho considerou métodos “on farm” aqueles que respeitavam os seguintes parâmetros:

- i) Métodos que permitem a avaliação do solo diretamente no campo; e
- ii) métodos baratos, rápidos, eficientes/precisos e que possibilitem avaliar e monitorar a qualidade do solo.

Ainda, destacamos, que não foi considerado como método on farm aqueles que envolvem unicamente o conhecimento empírico dos produtores como forma de diagnosticar a qualidade do solo. Porém, esse conhecimento não deve ser desprezado.

A revisão de literatura foi feita usando o banco de dados do portal “Scopus”, e somente foram selecionados artigos publicados entre 1990 até o ano de 2021. Os termos utilizados na pesquisa foram em inglês, sendo esses: “soil health”, ou “soil quality”, ou “land quality”, ou “soil fertility” ou “soil biology”, ou “soil capability”, ou “on farm”, ou “field test”, ou “visual evaluation”. A pesquisa foi personalizada, levando em consideração documentos em outras línguas, todavia a maioria dos documentos estavam em inglês. ainda, a busca foi personalizada para tais termos apenas presentes em título, resumo ou palavras-chaves do documento.

Em um primeiro momento foi realizada uma varredura grosseira, onde foi lido os resumos e palavras-chaves e selecionado somente artigos condizentes com os termos de busca. Posteriormente, tais artigos foram lidos e selecionados minuciosamente quanto aos termos e critérios de classificação propostos. A partir disso, foi criada uma planilha onde os métodos foram descritos e classificados.

A pesquisa bibliográfica objetivou gerar uma prospecção e análise crítica dos métodos de campo desenvolvidos/utilizados no mundo para a avaliação da qualidade do solo, a fim de selecionar aqueles mais promissores para avaliação de indicadores químicos, físicos e biológicos de maneira on farm. Abaixo, a figura 2 ilustra os passos desenvolvidos para a revisão bibliográfica.

Figura 2. Representação ilustrativa dos passos metodológicos utilizada para a realização da revisão bibliográfica.



Fonte: Autor.

3 REVISÃO DE LITERATURA

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE “ON FARM”

Na pesquisa no banco de dados foram encontrados 954 documentos científicos. Alguns documentos encontrados foram descartados por falta de acesso ao documento completo. Dos documentos prospectados, 44 documentos atenderam os critérios de seleção pré-estabelecidos, totalizando 19 métodos diferentes. Na tabela 1 e 2 são relatados os métodos encontrados na revisão bibliográfica, sendo que a tabela 1 traz os métodos encontrados e a tabela 2 os KITS encontrados (um aglomerado de métodos para avaliar on farm a qualidade do solo).

Tabela 1. Métodos de avaliação on farm encontrados na revisão bibliográfica sistemática.

(continua)				
Método	Número de documentos encontrado	Referências	Países de teste	Natureza do método
Avaliação visual da estrutura do solo (VESS)	19	Ball et al. (2007) ⁽¹⁾		
		Guimarães et al., (2011) ^(1,2)		
		Guimarães et al., (2013) ⁽²⁾		
		Begum et al., (2013) ⁽²⁾		
		Sahrawat et al., (2013) ⁽²⁾		
		Giarola et al., (2013) ⁽²⁾		
		Abdollahi et al., (2014) ⁽²⁾	Escócia ⁽¹⁾	
		Askari et al., (2015) ⁽³⁾	Brasil ⁽²⁾	
		Cherubin et al., (2017) ⁽²⁾	Irlanda ⁽³⁾	
		Franco et al., (2017) ⁽²⁾	Bélgica ⁽⁴⁾ ,	
		Pulido-Moncada et al. (2017) ⁽⁴⁾	Suíça ⁽⁵⁾	Físico
		Tuchtenhagen et al., (2018) ⁽²⁾	Uganda ⁽⁶⁾	
		Emmet-Booth et al., (2018) ⁽³⁾	Quênia ⁽⁷⁾	
		Leopizzi, Gondret e Boivin (2018) ⁽⁵⁾	Indonésia ⁽⁸⁾	
		Franco et al., (2019) ⁽¹⁾		
		Cornelis et al., (2019) ⁽⁶⁾		
		Mutuku et al., (2021) ⁽⁷⁾		
		Siswanto Aji, Wijayanto e Wasis (2021) ⁽⁸⁾		

(Continuação)				
Diagnose rápida da estrutura do solo (DRES)	2	Ralisch et al. (2017) Valani et al., (2020)	Brasil	Físico
Avaliação da estrutura do solo	1	Ball et al., (2003)	Escócia	Físico
Teste de croma	1	Haneklaus et al., (2004)	Alemanha	Biológico
Quantificação de minhocas	1	Joschko et al., (2012)	Alemanha	Biológico
Avaliação visual da estabilidade de agregados (VAAS)	1	Best (1999) ⁽¹⁾ Pulido-Moncada et al., (2017) ⁽²⁾	Brasil ⁽¹⁾ , Bélgica ⁽²⁾	Físico
Índice visual do tipo de agregados (Tyagg)	1	Pulido-Moncada et al., (2017)	Bélgica	Físico
Ensaio de dispersão de minhocas	1	Kim et al., (2017)	Coréia do sul	Biológico
GrassVESS	1	Emmet-Booth et al., (2018)	Irlanda	Físico
CoreVESS	2	Cornelis et al., (2019) ⁽¹⁾ Mutuku et al., (2021) ⁽²⁾	Uganda ⁽¹⁾ Quênia ⁽²⁾	Físico
Perfil cultural	1	Collet et al., (2021)	França	Física
SLAKES	1	Bagnall e Morgan (2021)	Estados Unidos	Físico

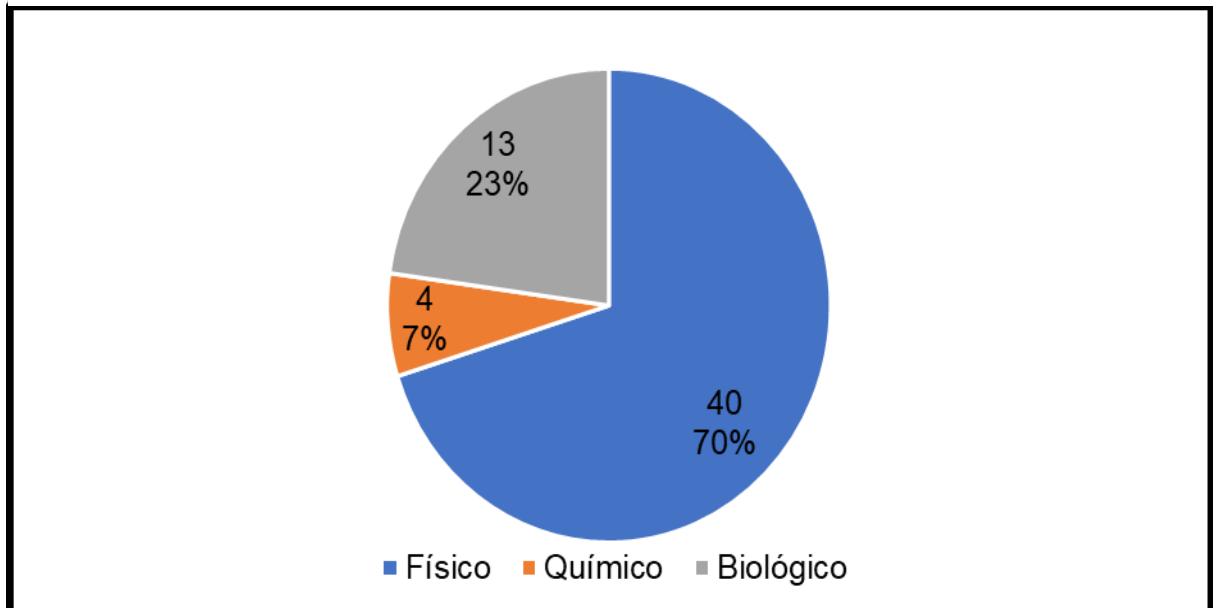
Fonte: Autor.

Tabela 2. KITs e guias descritivos on farm de avaliação da qualidade do solo encontrados na revisão bibliográfica sistemática.

KIT	Número de documentos encontrado	Referências	Países de teste	Natureza dos métodos
KIT Teste da Qualidade do solo	5	Liebig et al., (1996) Liebig M.A., Doran J.W. (1999) Hubbs et al., (2000) ⁽¹⁾ Seybold et al., (2002) ⁽¹⁾ Sarrantonio et al., (2015) ⁽¹⁾	Estados Unidos ⁽¹⁾	Físico, químico e biológico
Cartão de Qualidade do Solo	1	Ditzler e Tugel et al., (2002)	Estados Unidos	Físico, químico e biológico (continuação)
Avaliação/evolução Visual do Solo	4	Pulido-Moncada et al., (2017) ⁽¹⁾ Cornelis et al., (2019) ⁽²⁾ Teixeira et al., (2021) ⁽³⁾ Mutuku et al., (2021) ⁽⁴⁾	Bélgica ⁽¹⁾ , Uganda ⁽²⁾ China e Europa ⁽³⁾ Quênia ⁽⁴⁾	Físico e biológico
(GPAPQS) - Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo	2	Comin et al., (2016) Valani et al., (2020)	Brasil	Físico e biológico

Fonte: Autor.

Figura 3. Princípios dos documentos (químico, físico e biológico) encontrados para avaliar a qualidade do solo on farm na revisão sistemática.

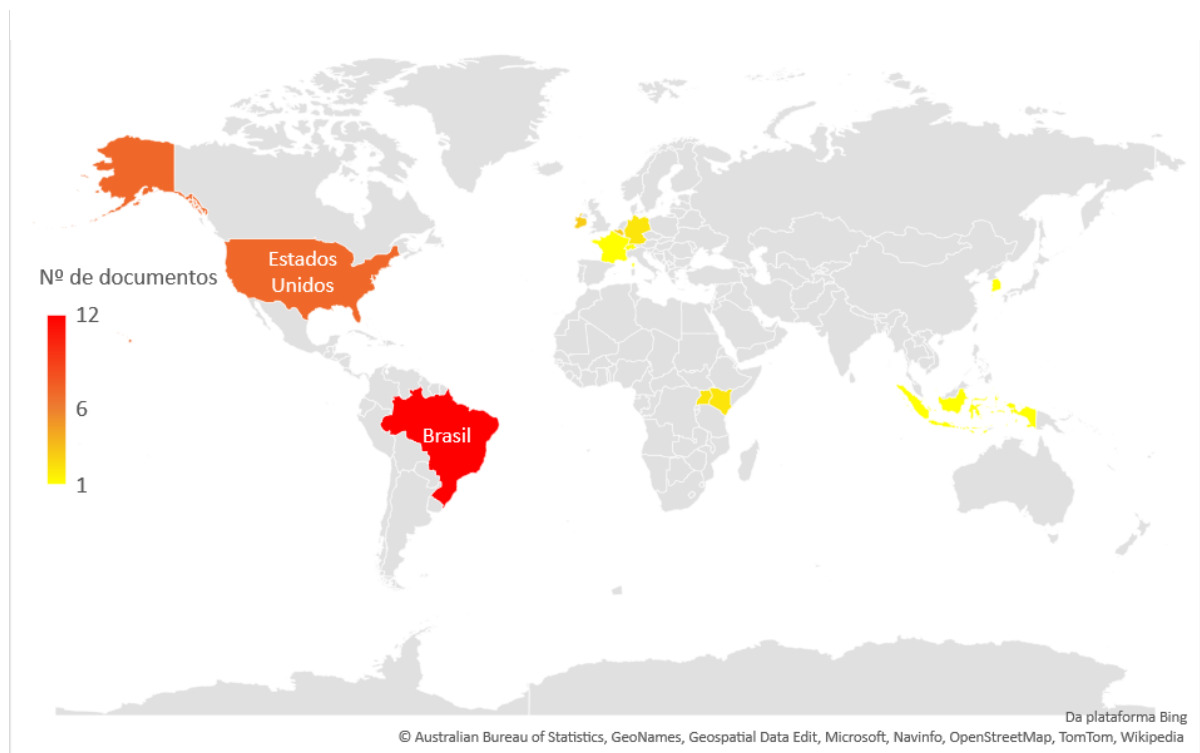


Fonte. Autor. *Os kits de avaliação de qualidade do solo podem pertencer aos princípios químicos, físicos e/ou biológicos.

Ao longo da revisão ficou clara a dificuldade de encontrar métodos dedicados a avaliar a qualidade química do solo. Por outro lado, durante a prospecção, o número de métodos para a avaliação física e biológica da qualidade do solo foi bem superior. Assim, fica evidente a necessidade de desenvolvimento de novos métodos para avaliar a qualidade química do solo (figura 3). Tais resultados vão contra os resultados encontrados por Bünemann et al., (2018), onde a maior parte dos indicadores utilizados para a avaliação do solo são químicos, porém nenhum se caracteriza como on farm. Os autores relatam que em uma escala global os métodos químicos são mais utilizados para avaliar a qualidade do solo, seguidos pelos métodos físicos e biológicos. Tal diferença dos resultados encontrados do presente estudo pode estar atrelada à dificuldade de mensurar os níveis nutricionais e o pH do solo de forma on farm, que geralmente necessita alto nível tecnológico para determinar seus valores. Já os métodos físicos e biológicos para a avaliação on farm são, por sua maioria, visuais e manuais, o que facilita a avaliação da qualidade do solo, assim, sendo mais reprodutíveis. Logo, fica evidente a necessidade de criação de novos métodos que sejam mais práticos e reprodutíveis de maior facilidade para avaliar as características químicas do solo.

Na figura 4 pode se observar em qual parte do mundo os documentos e seus respectivos métodos foram desenvolvidos e/ou usados. O Brasil tem destaque quanto ao uso de métodos on farm de avaliação da qualidade do solo, sendo mais relevantes os métodos visuais de avaliação da estrutura do solo, como o método Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS). O VESS foi a metodologia mais encontrada nos documentos (19 documentos) na base de dados Scopus, não sendo somente utilizado no Brasil, mas em várias partes do mundo. O método foi desenvolvido em solos europeus (solos da Escócia e Dinamarca) com o intuito de avaliar a qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo e culturas (Ball et al., 2007). Posteriormente, por Guimarães et al., (2011), ele foi trazido e validado para solos em condições de clima tropical no Brasil.

Figura 4. Documentos encontrados e seus respectivos países de criação ou aplicação das metodologias on farm para avaliar a qualidade do solo na revisão sistemática.



O segundo país com mais documentos encontrados foram os Estados Unidos, com 7 documentos, esses descrevem o KIT Teste da Qualidade do Solo, o Cartão de Qualidade do Solo e o método SLAKES. Os dois primeiros métodos foram desenvolvidos pelo departamento de agricultura americana (USDA), nos anos 90. O último é um método mais recente, desenvolvido por Bagnall e Morgan (2021).

A Tabela 3 demonstra os métodos, KITs de métodos encontrados na prospecção e uma breve descrição da aplicação deles:

Tabela 3. Métodos de avaliação on farm encontrados na revisão bibliográfica sistemática e uma breve descrição deles.

(continua)

Método	Breve Descrição Do Método
VESS- Avaliação visual da estrutura do solo	Este teste simples e rápido de avaliar a estrutura do solo baseia-se na aparência e tato de um bloco de solo retirado com uma pá. A escala do teste varia de 1(estrutura boa) a 5(estrutura pobre).
DRES- Diagnose rápida para avaliar a estrutura do solo	Uma camada de solo é retirada com uma pá e verifica-se suas qualidades estruturais visualmente. A escala do teste vai de 1(estrutura pobre) a 6(estrutura boa).
Avaliação da estrutura do solo	Método visual e tátil para avaliar a fertilidade física do solo em termos de estrutura do solo, crescimento das raízes e condição da superfície do solo.
Teste de croma	Papeis de filtro são colocados no solo a fim de captar os processos energéticos providos pela atividade biológica dos organismos.
Quantificação de minhocas	Como as minhocas estão diretamente relacionadas com a qualidade do solo, neste método elas são quantificadas para verificar como o solo se encontra biologicamente.
Avaliação visual da aparência dos agregados	Retira-se uma porção de solo e são analisadas as aparências dos agregados.
Avaliação visual da estabilidade dos agregados (VAAS)	Os agregados do solo são submergidos em um tubo com água e posteriormente é analisada visualmente a tendência das partículas manterem ou não a agregação (agregados secos em estufa e agregados com umidade de campo).
Índice visual do tipo de agregados (tyagg)	Agregados são quebrados manualmente em tamanhos entre 1-2 cm e posteriormente é avaliado o grau de arredondamento dos deles (notas de 1-5). Quanto mais pontiagudos os agregados, pior é a nota, e quanto mais arredondado, maior é a nota

(continuação).

Ensaio de Dispersão de minhocas	Um tubo com solo de referência é adicionado ao solo a campo com minhocas dentro. De acordo com a movimentação das minhocas (se saem, permanecem no tubo ou morrem) e avaliado a qualidade biológica do solo.
GrassVESS	Aprimoramento da metodologia VESS para pastagens e possuindo uma menor gama de pontuações de qualidade estrutural, sendo assim mais reprodutível para pequenos produtores.
CoreVESS	Uma modificação do VESS original e tem seu próprio gráfico de pontuação com descrições e imagens semelhantes, e uma mesma faixa de pontuação de 1 a 5.
Perfil cultural	Avaliação da morfologia do perfil do solo (estrutura do solo, presença de cavidades, cor do solo, se hidromórfico, matéria orgânica, vestígios de atividade animal e raízes de plantas).
SLAKES	Aplicativo de telefone usado para calcular um índice de atenuação de agregados, baseando-se na expansão deles na água ao longo de um período de tempo.

Fonte: Autor.

Tabela 4. KITs de avaliação do solo e guias descritivos on farm encontrados na revisão bibliográfica sistemática e uma breve descrição deles.

(continua)

Kit de avaliação on farm e seus métodos	Breve Descrição Do Método
KIT Teste da Qualidade do solo: Condutividade elétrica	Uma quantia conhecida de solo é misturada em uma solução 1:1 de água. Após 5 min, é feito a leitura com um sensor.
KIT Teste da Qualidade do solo: pH do solo	Determinação é feita da mesma amostra e forma que a condutividade elétrica do solo, porém com um diferente sensor de leitura.

(continuação)

KIT Teste da Qualidade do solo: Nitrato no solo	Determinação é feita da mesma amostra e forma que a condutividade elétrica, e PH do solo, com um paço a mais de filtração da solução obtida. O nitrato é estimado através de Colorimetria de tiras de teste sensível ao nitrato do solo.
KIT Teste da Qualidade do solo: Umidade gravimétrica	Uma amostra de solo é coletada, pesada e secada em estufa ou outra fonte de aquecimento até atingir peso constante (recomenda-se pesar 15 g e deixar secar por 24 horas), a perda de massa será a quantidade de água em 15 gramas.
KIT Teste da Qualidade do solo: respiração do solo	A análise é feita com câmeras cilíndricas sobre o solo e é medido CO ₂ com o auxílio de uma seringa e a temperatura do solo sobre uma série de detalhes metodológicos. Posteriormente tais valores são acrescidos em uma fórmula para a determinação da “respiração do solo”.
KIT Teste da Qualidade do solo: taxa de infiltração	É usado um cilindro de alumínio de dimensões conhecidas para calcular o tempo que um volume de água leva para infiltrar no solo dentro do cilindro.
KIT Teste da Qualidade do solo: Densidade do solo	A densidade do solo foi estimada através de um cilindro metálico de dimensões conhecidas que é posto no perfil do solo.
KIT Teste da Qualidade do solo: slaking	O teste de <i>slaking</i> mede a estabilidade do solo quando exposto a um rápido molhamento. Este teste é qualitativo e deve ser medido através de agregados de solo secos ao ar.
Cartão de Qualidade do Solo: compactação	A compactação do solo ocorre quando há uma redução na sua porosidade em função de um esforço ou pressão contínua exercida no solo por maquinários agrícolas.
Cartão de Qualidade do Solo: drenagem e infiltração	Se refere a capacidade do solo de receber e infiltrar a água.

(continuação)

Cartão de Qualidade do Solo: capacidade de retenção de nutrientes	A capacidade de retenção de nutrientes está diretamente relacionada com a quantidade de cargas negativas presente no solo pois os cátions dos nutrientes se ligam a estas cargas do solo.
Cartão de Qualidade do Solo: salinidade	Teor de sais solúveis presente no solo que influencia diretamente no potencial osmótico do mesmo.
Cartão de Qualidade do Solo: organismos no solo	Informativo sobre os organismos presentes no solo.
Cartão de Qualidade do Solo: minhocas	As minhocas são responsáveis pela construção de macro poros no solo gerando um aumento na aeração.
Cartão de Qualidade do Solo: decomposição de resíduos	A decomposição de resíduos no solo está diretamente relacionada com a quantidade de microrganismos em atividade no solo.
Cartão de Qualidade do Solo: vigor das culturas	O estado das culturas no solo por si já é um indicativo de como o mesmo se encontra física, química e biologicamente.
Avaliação/evolução Visual do Solo (VSA): textura do solo	A textura do solo é feita de forma tátil, onde o solo é umedecido e classificado quanto sua aspereza, sedosidade, plasticidade e pegajosidade.
Avaliação/evolução Visual do Solo (VSA): estrutura do solo	Um monólito indeformado e jogado da altura da cintura de uma pessoa e é avaliado a distribuição do tamanho do agregado.
Avaliação/evolução Visual do Solo (VSA): porosidade do solo	Com base na observação visual de uma fatia de pá de solo ou inspeção de torrão para macro poros.
Avaliação/evolução Visual do Solo (VSA): número e cor das manchas do solo	Análise comparativa com auxílio de um guia para determinar a porcentagem de solo ocupada por mosqueados. Isso permite uma avaliação indireta da porosidade do solo e drenagem.

(continuação)

Avaliação/evolução Visual do Solo (VSA): cor do solo	Comparação da cor do solo a campo com a cor do mesmo solo de uma área próxima protegida, é observado quanto discrepante e a diferença de cores.
Avaliação/evolução Visual do Solo (VSA): número de minhocas	Contagem manual de minhocas, separando a amostra de solo usada para avaliar a estrutura do solo.
Avaliação/evolução Visual do Solo (VSA): cheiro do solo	A avaliação do cheiro do solo é pontuada através de um guia, levando em consideração alguns aromas (ex: cheiro de enxofre).
Avaliação/evolução Visual do Solo (VSA): erosão do solo	Avalie o grau de erosão do solo com base na evidência visual atual e em seu conhecimento como era o local no passado.
Avaliação/evolução Visual do Solo (VSA): cobertura de superfície e crostas de superfície	Observe o grau de crostas e cobertura da superfície e compare com critérios fornecidos pela metodologia.
(GPAPQS) - Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo: Matéria Orgânica	Avalia e classifica os níveis de matéria orgânica através da coloração e odor do solo.
(GPAPQS) - Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo: Enraizamento	Avalia e classifica os níveis de enraizamento das plantas no solo através da disposição radicular de acordo com o volume (em profundidade) de raiz explorado no perfil de solo
(GPAPQS) - Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo: Estrutura	Avalia e classifica os níveis de estruturação do solo através do número de agregados e sua friabilidade.
(GPAPQS) - Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo: Compactação	Avalia e classifica os níveis de compactação do solo de através da resistência do solo a penetração de uma faca e a velocidade que a água infiltra no solo.
(GPAPQS) - Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo: Erosão	Avalia e classifica os níveis de erosão do solo através da ocorrência e formato dos mesmos.

(GPAPQS) - Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo: Umidade	Avalia e classifica os níveis de umidade do solo através da velocidade que o solo seca após precipitação.
(GPAPQS) - Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo: Macrofauna	Avalia e classifica os níveis de macrofauna do solo através de sinais de presença e abundância de minhocas e/ou artrópodes.
(GPAPQS) - Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo: Palhada (cobertura do solo)	Avalia e classifica os níveis de palhada através do nível de decomposição e cobertura do solo pela palhada.

Fonte: Autor.

Dentre os métodos descritos para avaliar a qualidade do solo on farm, alguns se destacaram por sua praticidade e rapidez. Entre os métodos físicos encontrados podemos ressaltar: O VESS (Ball et al., 2007; Guimarães et al. 2011); o DRES Ralisch et al. (2017) e o VSA (Shepherd, 2000; Shepherd, 2009), esse último é uma KIT com uma série de métodos físicos e biológicos. Os três métodos visam avaliar a qualidade física do solo visualmente, baseando-se em índices de qualidade. Todos tem-se mostrado funcionais para a avaliação da qualidade do solo. O VESS e o DRES são métodos muito similares, eles são visuais e levam em consideração o comportamento estrutural do solo, porém com uma métrica inversa. O VESS quanto menor a nota melhor é a qualidade estrutural do solo, e o DRES leva em consideração uma maior nota. A partir de um bloco de solo (coletado com as devidas orientações da metodologia) é possível, visualmente e pelo tato, qualificar fisicamente o solo. Na prática é usado uma badeira para colocar o bloco de solo a ser avaliado. Naturalmente, o solo se desagrega nos pontos de fraqueza estrutural, assim, podemos visualizar diferentes camadas de solo, com diferentes condições físicas. Logo, cada camada é avaliada separadamente. Posteriormente, se determina através de uma média ponderada a qualidade estrutural do solo. O que torna os métodos práticos é o acompanhamento de cartilhas que detalham as notas de qualidade estrutural do solo visualmente e em texto. Os critérios de avaliação basicamente analisam o estado e comportamento dos agregados, principalmente: tamanho dos agregados, forma dos agregados, presença de raízes ao redor ou dentro os agregados, friabilidade e coloração dos agregados.

O VSA, por outro lado, é um conjunto de métodos que busca avaliar o solo física e biologicamente, e a performance de desenvolvimento de plantas. Todos os

indicadores de avaliação são sensíveis ao manejo do solo. Para cada indicador de qualidade do solo é dada uma nota de 0 a 2, nota zero é considerado um solo pobre, 1, solo moderado e 2, um solo bom. Dependendo do indicador, existe uma ponderação quanto sua importância. No final, cada indicador é multiplicado pelo seu fator de ponderação e todos os indicadores são somados, se o solo ficar com um índice <15, ele é considerado pobre, entre 15-30, moderado, e >30, um solo bom. O VSA é um método completo, ele leva em consideração a estrutura, morfologia e biologia do solo.

Em relação aos métodos biológicos, podemos destacar o ensaio de dispersão de minhocas descrito por Kim et al., (2017) e o Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo (GPAPQS). No método de ensaio de dispersão de minhocas, tubos são alocados no campo com um solo de referência, nele é colocado minhocas que servirão de referência para avaliar a qualidade do solo. De acordo com a dispersão das minhocas (se elas morreram, se elas foram dispersadas, ou se permaneceram no tubo), é avaliada a qualidade biológica do solo. Este teste pode ser realizado dentro de um período de 24h. O método ainda é recente e foi poucas vezes testado a nível de campo, mas é muito promissor (Kim et al., 2017).

O GPAPQS é um guia descritivo de avaliação do solo que leva em consideração uma série de indicadores físicos e biológicos (Comin et al., 2016). Seus indicadores são práticos e de fácil compreensão e análise para o uso de produtores rurais e técnicos agrícolas. Para a avaliação do solo não se busca um índice final de qualidade, mas um gráfico em forma de teia (ou outro tipo que permite ao produtor fácil visualização) de acordo com as notas atribuídas para cada indicador avaliado. As notas podem variar 0 a 10 (quanto mais alto, maior a qualidade do solo) e é recomendado comparar o solo a ser avaliado com um solo de referência (Vegetação nativa).

A respeito de métodos químicos, como já comentado, existe uma dificuldade em desenvolvê-los para avaliação do solo. Não foi prospectado nem um método individualmente químico para avaliar a qualidade solo, somente quando eles compunham parte de um kit ou parte de um guia descritivo de avaliação do solo. Tais indicadores são descritos no KIT Teste da Qualidade do solo (Liebig et al., 1996; Liebig & Doran 1999; Hubbs et al., 2000; Ditzler & Tugel 2002; Seybold et al., 2002) e no cartão de qualidade do solo (Ditzler e Tugel et al., 2002). O KIT Teste de Qualidade do Solo leva em consideração 3 parâmetros químicos: condutividade

elétrica, pH e nitrato do solo. Estes parâmetros exigem uso de soluções químicas e equipamentos de leitura específicos para análise, além de um investimento para comprar o KIT (não foi encontrado preço do KIT), o que dificulta o uso dele. Por mais que haja dificuldades para o uso do kit, tal meio foi um dos únicos existentes encontrado na revisão bibliográfica.

O cartão de qualidade do solo é semelhante ao GPAPQS, consistindo em um guia descritivo e classifica o solo quanto aos indicadores como: pobre, razoável e bom. As descrições dos métodos requerem um conhecimento mais aprofundado sobre solos, bem como um entendimento prévio sobre a área quanto a suas características (morfológicas, mineralógicas e físicas), como o indicador de capacidade de retenção de nutrientes, que requer conhecimento sobre a mineralogia e textura do solo, por exemplo. Assim, requerendo um conhecimento mais aprofundado.

Todavia, a utilização desses métodos para uma melhor compreensão e aplicação exige um treinamento introdutório, para que o usuário leve em consideração que as condições do solo que variam de uma área para outra em função de vários fatores como clima e relevo, por exemplo, sendo necessário padronizar o teor de umidade no solo e compreender a interferência de suas classes texturais.

Dificuldade encontradas:

É importante ressaltar que ao desenvolver o trabalho, foram encontradas várias dificuldades, entre elas o acesso aos documentos, onde nem todos estavam disponíveis e de maneira online. Outro ponto foi em relação as palavras-chaves utilizadas como parâmetros de pesquisa, elas abrangeram muitos artigos, contudo poderiam ser potencializadas para abranger um número ainda maior de documentos e dar mais robustez à revisão bibliográfica. Ainda, quando se procura o termo “on farm” no banco de dados, grande parte dos artigos encontrados relatam experimentos desenvolvidos a campo e não métodos de campo para avaliar a qualidade do solo. O idioma foi outra barreira muito difícil de superar, sendo que a maior parte dos documentos prospectados estavam no idioma inglês.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da qualidade do solo “on farm” do solo é uma forma muito útil de avaliar a qualidade do solo, seja pelo produtor ou o responsável técnico pela área. Tal avaliação permite uma tomada de decisão rápida quanto ao manejo do solo e qual é a opção mais eficiente para o produtor fazer melhor uso dos insumos e preservar os recursos naturais.

Foi encontrado uma gama de métodos físicos para avaliar a qualidade do solo, porém foram encontrados poucos métodos que avaliam a qualidade biológica e, muito menos ainda, a qualidade química do solo.

Grande parte dos métodos não foram desenvolvidos no Brasil, porém foram em solos brasileiros que grande parte dos métodos prospectados foram usados.

Com a base de dados prospectados é possível montar um kit específico para avaliar a qualidade do solo no Brasil. O primeiro passo foi dado. Cabe agora testar os métodos incipientes para as condições de manejo brasileiro e montar um conjunto de métodos para avaliar a qualidade do solo em condições de manejo no Brasil.

5 REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI L.; HANSEN, E.; RICKSON, R.; MUNKHOLM, L.. **Overall assessment of soil quality on humid sandy loams: Effects of location, rotation and tillage.** Soil & Tillage Research, 2015, v.145, p.29–36. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.08.009>
- ABDOLLAHI, L.; & MUNKHOLM, L. J.. **Tillage system and cover crop effects on soil quality: I. chemical, mechanical, and biological properties.** Soil Science Society of America Journal, 2014 v.78(1), p.262–270. <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.07.0301>
- AMADO, T. J. C.; CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.. **Qualidade do solo avaliada pelo “Soil Quality Kit Test” em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Ciência Do Solo, 2007, v.31(1), p.109–121. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832007000100012>
- ANDREWS, S. S.; MITCHELL, J. P.; MANCINELLI, R.; KARLEN, D. L.; HARTZ, T. K.; HORWATH, W. R.; PETTYGROVE, G. S.; SCOW, K. M.; MUNK, DANIEL S.. **On-Farm Assessment of Soil Quality in California's Central Valley.** Agronomy journal., 2002, Vol.94(1), p.12-23. DOI: 10.2134/agronj2002.0012
- ASKARI, M. S., CUI, J., & HOLDEN, N. M.. **The visual evaluation of soil structure under arable management.** Soil and Tillage Research, 2013, v.134, p.1–10. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.06.004>
- ASKARI, M. S., CUI, J., O’ROURKE, S. M., & HOLDEN, N. M. . **Evaluation of soil structural quality using VIS-NIR spectra.** Soil and Tillage Research, 2015, v.146(PA), p.108–117. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2014.03.006>
- BAGNALL, D. K., & MORGAN, C. L. S.. **SLAKES and 3D Scans characterize management effects on soil structure in farm fields.** Soil and Tillage Research, 2021, v,208. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2020.104893>
- BALL B.C., & DOUGLAS, J. T.. **A simple procedure for assessing soil structural, rooting and surface conditions.** Soil Use and Management, 2003, v.19(1), p.50–56. <https://doi.org/10.1079/sum2002166>
- BALL, B. C., GUIMARÃES, R. M. L., CLOY, J. M., HARGREAVES, P. R., SHEPHERD, T. G. & MCKENZIE, B. M.. **Visual soil evaluation: a summary of some applications and potential developments for agriculture.** Soil and Tillage Research, 2017, v.173, p.114–124. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.07.006>
- BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J.. **Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test.** Soil Use and Management, 2007, P.23(4), V.329–337. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x>
- BALL, B.C., BATEY, T., MUNKHOLM, L.J.. **Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test.** Soil Use Manag. 2007 v.23, p,329–337. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x>

BEARE M.; CAMERON K.; WILLIAMS P.; DOSCHER C.. **Soil quality monitoring for sustainable agriculture**. Proceedings of the New Zealand Plant Protection Conference, 1997, v.50 p.520-528. DOI: 10.30843/nzpp.1997.50.11350

BEGUM, F., BAJRACHARYA, R. M., SITAULA, B. K., & SHARMA, S.. **Seasonal dynamics, slope aspect and land use effects on soil Mesofauna density in the mid-hills of Nepal**. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management, 2013, v.9(4), p.290–297.
<https://doi.org/10.1080/21513732.2013.788565>

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

CHERUBIN, M. R., FRANCO, A. L. C., GUIMARÃES, R. M. L., TORMENA, C. A., CERRI, C. E. P., KARLEN, D. L, CERRI, C. C.. **Assessing soil structural quality under Brazilian sugarcane expansion areas using Visual Evaluation of Soil Structure (VESS)**. Soil and Tillage Research, 2017, v.173, p.64–74.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2016.05.004>

COLLET, C., VAST, F., RICHTER, C., & KOLLER, R.. **Cultivation profile: a visual evaluation method of soil structure adapted to the analysis of the impacts of mechanical site preparation in forest plantations**. European Journal of Forest Research, 2021, v.140(1), p.65–76. <https://doi.org/10.1007/S10342-020-01315-2>

COMIN, J.J., FAYAD, J.A., KURTZ, C., MAFRA, Á.L. & CURMI, P.. **Guia prático de avaliação participativa da qualidade do solo em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)**. 2016 <https://bit.ly/359ESNE> .

CORNELIS, W. M., AKODI, D., KOMUTUNGA, E., AGABA, C., AHUMUZA, E., & ORATUNGYE, K.. **Exploring visual soil evaluation and examination methods on highly-weathered tropical soil**. Soil and Tillage Research, 2017, v.195.
<https://doi.org/10.1016/J.STILL.2019.104360>

DITZLER, C. A., & TUGEL, A. J.. **Soil quality field tools: Experiences of USDA-NCRS Soil Quality Institute**. Agronomy Journal, 2002, v.94(1), p.33–38.
<https://doi.org/10.2134/agronj2002.0033>

EMBRAPA. Documentos: 390, Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo-DRES. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/319261935_Diagnostico_Rapido_da_Estrutura_do_Solo-DRES >.Acesso em: 24 de Dezembro de 2022.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. VII Plano Diretor da Embrapa** – A agricultura Brasileira,. Disponível em: < [A agricultura brasileira - Portal Embrapa](https://www.embrapa.br/portal) >.Acesso em: 22 de Dezembro de 2022.

EMMET-BOOTH, J. P., BONDI, G., FENTON, O., FORRISTAL, P. D., JEUKEN, E., CREAMER, R. E., & HOLDEN, N. M.. **GrassVESS: a modification of the visual**

evaluation of soil structure method for grasslands. Soil Use and Management, 2018, v.34(1), p.37–47. <https://doi.org/10.1111/SUM.12396>

FRANCHINI J.; DEBIASI H.; BALBINOT, J. A.; TONON B.; FARIAS J.; OLIVEIRA, M. T. E.. **Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil.** Field crops research. , 2012, Vol.137, p.178-185. DOI: 10.1016/j.fcr.2012.09.003

FRANCO, A. L. C., CHERUBIN, M. R., CERRI, C. E. P., GUIMARÃES, R. M. L., & CERRI, C. C.. **Relating the visual soil structure status and the abundance of soil engineering invertebrates across land use change.** Soil and Tillage Research, 2017, v. 73, p. 49–52. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2016.08.016>

Franco, H. H. S Guimarães, R. M. L.; Tormena, C. A.; Cherubin, M. R.; Favilla, H. S.. Global applications of the Visual Evaluation of Soil Structure method: A systematic review and meta-analysis. Soil & Tillage Research, 2019, V.190, P.61–69. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.01.002>

FRANCO, H. H. S., GUIMARÃES, R. M. L., TORMENA, C. A., CHERUBIN, M. R., & FAVILLA, H. S.. **Global applications of the Visual Evaluation of Soil Structure method: A systematic review and meta-analysis.** Soil and Tillage Research, 2019, v.190, p.61–69. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2019.01.002>

GARBOU, A., MUNKHOLM, L. J., & HANSEN, S. B. . **Tillage effects on topsoil structural quality assessed using X-ray CT, soil cores and visual soil evaluation.** Soil and Tillage Research, 2013, v.128, p.104–109. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.11.003>

GIAROLA, N. F. B., DA SILVA, ÁLVARO P., TORMENA, C. A., GUIMARÃES, R. M. L., & BALL, B. C.. **On the Visual Evaluation of Soil Structure: The Brazilian experience in Oxisols under no-tillage.** Soil and Tillage Research, 2013, v.127, p.60–64. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.03.004>

GUIMARÃES, R. M. L. BALL, B. C.; TORMENA, C. A.;. **Improvements in the visual evaluation of soil structure.** Soil Use and Management, 2011, V.27(3), no–no. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00354.x>

GUIMARÃES, R. M. L., BALL, B. C., TORMENA, C. A., GIAROLA, N. F. B., & DA SILVA, ÁLVARO P.. **Relating visual evaluation of soil structure to other physical properties in soils of contrasting texture and management.** Soil and Tillage Research, 2013v.127, p.92–99. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.01.020>

GUIMARÃES, R.M.L., BALL, B.C., TORMENA, C.A.. **Improvements in the visual evaluation of soil structure.** Soil Use Manag. 2011, v.27, p.395–403. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00354.x>.

HANEKLAUS, S., SCHNUG, E., PAULSEN, H. M., & HAGEL, I.. **Soil analysis for organic farming.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2005 v.36(1–3), p.65–79. <https://doi.org/10.1081/CSS-200042968>

HUBBS, M. D., SEYBOLD, C. A., & TYLER, D. D.. **Effects of cotton tillage systems on soil quality using on-farm tests.** Proceedings Beltwide Cotton Conferences, 2000, p. 45–47.

HULUGALLE, N. R., ENTWISTLE, P. C., & MENSAH, R. K.. **Can lucerne (*Medicago sativa* L.) strips improve soil quality in irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fields?** Applied Soil Ecology, 1999, v.12(1), p.81–92. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00154-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00154-1)

JOSCHKO, M., BARKUSKY, D., ROGASIK, J., FOX, C. A., ROGASIK, H., GELLERT, R., BUCHHOLZ, B., ELLMER, F., REINHOLD, J., & GERLACH, F.. **On-farm study of reduced tillage on sandy soil: Effects on soil organic carbon dynamic and earthworm abundance.** Archives of Agronomy and Soil Science, 2012 58(SUPPL.). <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.698733>

KIBBLEWHITE, M. G.; RITZ, K.; SWIFT M. J.. **Soil health in agricultural systems.** The Royal Society, 2007, Vol. 363, p.685–701 doi:10.1098/rstb.2007.2178

KIM, S. W., KIM, D., MOON, J., CHAE, Y., KWAK, J. IL, PARK, Y., JEONG, S. W., & AN, Y. J.. **Earthworm dispersal assay for rapidly evaluating soil quality.** Environmental Toxicology and Chemistry, 2017, v.36(10), p.2766–2772. <https://doi.org/10.1002/ETC.3832> LASCO, R.D., DELFINO, R.J.P. AND ESPALDON, M.L.O.. **Agroforestry systems: helping smallholders adapt to climate risks while mitigating climate change.** WIREs Clim Change, 2014, v.5: p.825-833. <https://doi.org/10.1002/wcc.301>

LEOPIZZI, S., GONDRET, K., & BOIVIN, P.. **Spatial variability and sampling requirements of the visual evaluation of soil structure in cropped fields.** Geoderma, 2018, v.314, p.58–62. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2017.11.003>

LIEBIG, M. A., & DORAN, J. W.. **Evaluation of point-scale assessments of soil quality.** 1999, www.swcs.org

LIEBIG, M. A., DORAN, J. W., & GARDNER, J. C.. **Evaluation of a field test kit for measuring selected soil quality indicators.** Agronomy Journal, 1996, v.88(4), p.683–686. <https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962008800040030x>

LILBURNE, L., SPARLING, G., & SCHIPPER, L.. **Soil quality monitoring in New Zealand: Development of an interpretative framework.** Agriculture, Ecosystems and Environment, 2004, v.104(3), p.535–544. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2004.01.020>

LOHR, L., & PARK, T. A.. **Efficiency analysis for organic agricultural producers: The role of soil-improving inputs.** Journal of Environmental Management, 2007, v.83(1), p.25–33. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.01.001>

MAHDI, J. E., ABBOTT, L. K., PAULI, N., & SOLAIMAN, Z. M.. **Biological indicators for soil health: Potential for development and use of on-farm tests.** Modern Tools and Techniques to Understand Microbes, 2017 p.123–134. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49197-4_8

MORAES, M. T DE.; LUZ, F. B. DA.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. DA. **Soil load support capacity increases with time without soil mobilization as a result of age-hardening phenomenon.** Soil & tillage research. , 2019, Vol.186, p.128-134 <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.09.009>

MUELLER, L. SHEPHERD, G.; SCHINDLER, U.; BALL, B. C.; MUNKHOLM, L. J.; HENNINGS, V.; SMOLENTSEVA, E.; RUKHOVIC, O.; LUKIN, S.; HU, C.. **Evaluation of soil structure in the framework of an overall soil quality rating.** Soil & Tillage Research, 2013, v.127, p.74–84. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.03.002>

MUELLER, L., SHEPHERD, G., SCHINDLER, U., BALL, B. C., MUNKHOLM, L. J., HENNINGS, V., SMOLENTSEVA, E., RUKHOVIC, O., LUKIN, S., & HU, C.. **Evaluation of soil structure in the framework of an overall soil quality rating.** Soil and Tillage Research, 2013, v.127, p.74–84. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2012.03.002>

MUTUKU, E. A., VANLAUWE, B., ROOBROECK, D., BOECKX, P., & CORNELIS, W. M.. **Visual soil examination and evaluation in the sub-humid and semi-arid regions of Kenya.** Soil and Tillage Research, 2021 v. 213. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2021.105135>

NEWELL-PRICE, J. P., WHITTINGHAM, M. J., CHAMBERS, B. J., & PEEL, S.. **Visual soil evaluation in relation to measured soil physical properties in a survey of grassland soil compaction in England and Wales.** Soil and Tillage Research, 2013, v.127, p.65–73. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.03.003>

ONU. **The 2030 Agenda for Sustainable Development: 17 Sustainable Development Goals.** Disponível em: < <https://sdgs.un.org/goals> >. Acesso em: 26 de Dezembro de 2022.

PULIDO MONCADA, M., BALL, B., & CORNELIS, W.. **Advances in visual soil evaluation techniques.** In W. Otten (Ed.), **Advances in measuring soil health** (2021, Vol. 92, pp. 71–138). Cambridge: Burleigh Dodds. <http://hdl.handle.net/1854/LU-8708640>

PULIDO MONCADA, M., GABRIELS, D., LOBO, D., REY, J. C., & CORNELIS, W. M.. **Visual field assessment of soil structural quality in tropical soils.** Soil and Tillage Research, 2014, v.139, p.8–18. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.01.002>

PULIDO MONCADA, M., HELWIG PENNING, L., TIMM, L. C., GABRIELS, D., & CORNELIS, W. M.. **Visual examinations and soil physical and hydraulic properties for assessing soil structural quality of soils with contrasting textures and land uses.** Soil and Tillage Research, 2014 v.140, p.20–28. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2014.02.009>

PULIDO MONCADA, M., HELWIG PENNING, L., TIMM, L. C., GABRIELS, D., & CORNELIS, W. M.. **Visual examination of changes in soil structural quality due to land use.** Soil and Tillage Research, 2017, v.173, p.83–91. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2016.08.011>

RALISCH, R., DEBIASI, H., FRANCHINI, J.C., TOMAZI, M., HERNANI, L.C., MELO, A., DA, S., SANTI, A., DA S MARTINS, A.L., DE BONA, F.D.,. **Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo-DRES**. 2017 <https://www.embrapa.br/en/dres/publicacoes>.

RINOT, O.; LEVY, G. J.; STEINBERGER, Y.; SVORAY, T.; ESHEL, G.. **Soil health assessment: A critical review of current methodologies and a proposed new approach**. The science of the total environment. 2019, Vol.648, p.1484-1491. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.259

SAHRAWAT, K. L., & WANI, S. P.. **Soil Testing as a Tool for On-Farm Fertility Management: Experience from the Semi-arid Zone of India**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2013, v.44(6), p.1011–1032. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.750339>

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M.. **Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system**. Agriculture, Ecosystems & Environment., 190, 70–79 Agriculture, ecosystems & environment., 2014, Vol.190, p.70-79. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.023>

SARRANTONIO, M., DORAN, J. W., LIEBIG, M. A., & HALVORSON, J. J.. **On-farm assessment of soil quality and health**. Methods for Assessing Soil Quality, 2015 p.83–105. <https://doi.org/10.2136/SSSASPECPUB49.C5>

SCOPUS. **Scopus Elsevier**. Disponível em: < [Scopus - Document search results | Signed in](#) >. Acesso em: 22 de Dezembro de 2022.

SEYBOLD, C. A., HUBBS, M. D., & TYLER, D. D.. **On-farm tests indicate effects of long-term tillage systems on soil quality**. Journal of Sustainable Agriculture, 2002, v.19(4), p.61–73. https://doi.org/10.1300/J064V19N04_07

SISWANTO AJI, B. D., WIJAYANTO, N., & WASIS, B.. **Visual evaluation of soil structure (VESS) method to assess soil properties of agroforestry system in Pangalengan, West Java**. Jurnal Manajemen Hutan Tropika, 2021, v.27(1), p.80–88. <https://doi.org/10.7226/JTFM.27.2.80>

SOFO, A.; ZANELLA, A.; PONGE, J.. **Soil quality and fertility in sustainable agriculture, with a contribution to the biological classification of agricultural soils**. Soil use and management, 2022, Vol.38(2), p.1085-1112 1085–1112. DOI: 10.1111/sum.12702

TEIXEIRA, F., BASCH, G., ALAOUI, A., LEMANN, T., WESSELINK, M., SUKKEKEL, W., LEMESLE, J., FERREIRA, C., VEIGA, A., GARCIA-ORENES, F., MORUGÁN-CORONADO, A., MATAIX-SOLERA, J., KOSMAS, C., GLAVAN, M., ZOLTÁN, T., HERMANN, T., VIZITIU, O. P., LIPIEC, J., FRĂC, M., ... FLESKENS, L.. **Manuring effects on visual soil quality indicators and soil organic matter content in different pedoclimatic zones in Europe and China**. Soil and Tillage Research, 2021, v.212. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2021.105033>

TUCHTENHAGEN, I. K., DE LIMA, C. L. R., BAMBERG, A. L., GUIMARÃES, R. M. L., & PULIDO-MONCADA, M.. **Visual evaluation of the soil structure under different**

management systems in lowlands in southern Brazil. Revista Brasileira de Ciencia Do Solo, 2018, v.42. <https://doi.org/10.1590/18069657RBCS20170270>

USDA ARS. The United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Disponível em: < https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/Public/WI/Soil_Quality_Test_Kit_Guide.pdf >. Acesso em: 23 de Dezembro de 2022.

VALANI, G. P., VEZZANI, F. M., & CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V.. **Soil quality: Evaluation of on-farm assessments in relation to analytical index.** Soil and Tillage Research, 2020, v.198, 104565. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2019.104565>

VSA. Visual soil Assessment. Field guide for cropping and pastoral grazing (2000). Disponível em: < <https://www.yumpu.com/en/document/view/51604271/field-guide-cropping-and-pastoral-grazing-on-flat-to-rolling-country/2> >. Acesso em: 24 de Dezembro de 2022.