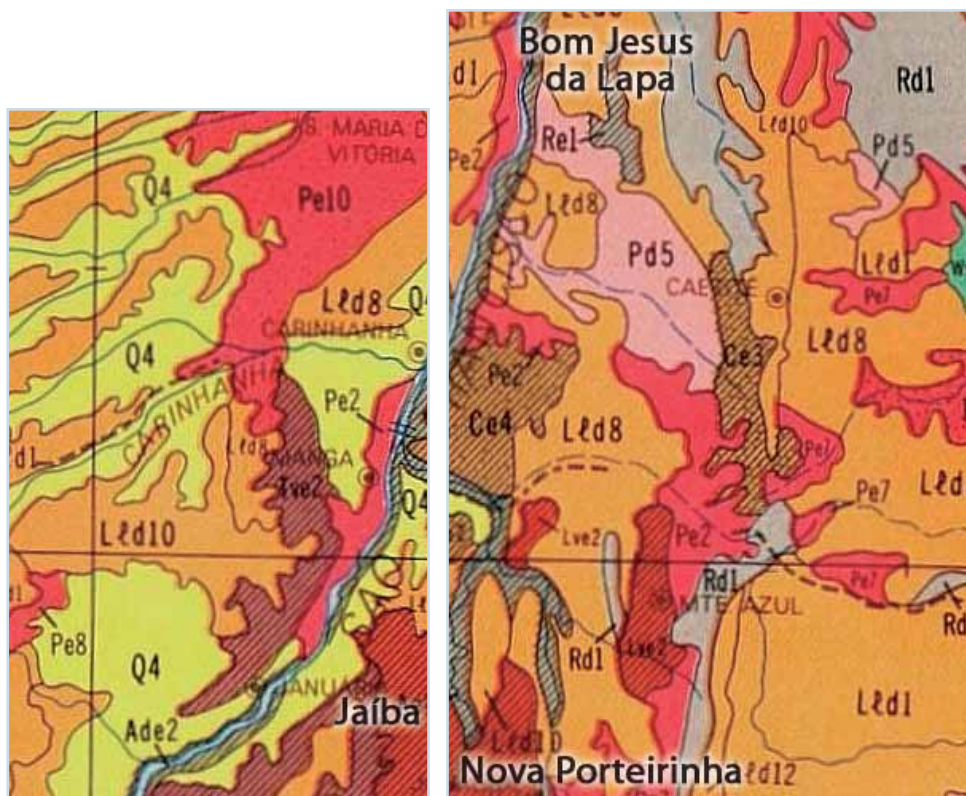


Índice de qualidade de solos cultivados com bananeira nas regiões oeste da Bahia e no norte de Minas Gerais



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
94**

**Índice de qualidade de solos cultivados
com bananeira nas regiões oeste da
Bahia e no norte de Minas Gerais**

*Ana Lúcia Borges
Luciano da Silva Souza
Fernanda Cristina Moreira Melo*

***Embrapa Mandioca e Fruticultur
Cruz das Almas, BA
2018***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Mandioca e Fruticultura
Rua Embrapa - s/n, Caixa Postal 007
44380-000, Cruz das Almas, BA
Fone: (75) 3312-8048
Fax: (75) 3312-8097
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Presidente
Francisco Ferraz Laranjeira

Secretário-Executivo
Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Membros
*Aldo Vilar Trindade, Áurea Fabiana Apolinário
Albuquerque Gerum, Clóvis Oliveira de
Almeida, Eliseth de Souza Viana, Fabiana Fumi
Cerqueira Sasaki, Leandro de Souza Rocha,
Marcela Silva Nascimento, Tullio Raphael
Pereira de Pádua*

Supervisão editorial
Francisco Ferraz Laranjeira

Revisão de texto
Adriana Villar Tullio Marinho

Normalização bibliográfica
Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Tratamento das ilustrações
Anapaula Rosário Lopes

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Anapaula Rosário Lopes

Foto da capa
*Arquivo Embrapa ([https://www.embrapa.br/
busca-de-noticias/-/noticia/2062813/solo-
brasileiro-agora-tem-mapeamento-digital](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2062813/solo-brasileiro-agora-tem-mapeamento-digital))*

1ª edição
On-line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Mandioca e Fruticultura

Borges, Ana Lúcia.

Índice de qualidade de solos cultivados com bananeira nas regiões oeste da
Bahia e no norte de Minas Gerais. Ana Lúcia Borges, Luciano da Silva Souza,
Fernanda Cristina Moreira Melo. – Cruz das Almas, BA : Embrapa Mandioca e
Fruticultura, 2018.

29 p. : il. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Mandioca e
Fruticultura, ISSN 1809-5003; 94)

1. Banana. 2. Solo. I. Borges, Ana Lúcia. II. Souza, Luciano da Silva III.
Melo, Fernanda Cristina Moreira. IV. Título. V. Série.

CDD 634.772

© Embrapa, 2018

Sumário

Resumo5

Abstract7

Introdução.....9

Material e Métodos 11

Resultados e Discussão16

Conclusões.....26

Agradecimentos.....27

Referências27

Índice de qualidade de solos cultivados com bananeira nas regiões oeste da Bahia e no norte de Minas Gerais

Ana Lúcia Borges¹

Luciano da Silva Souza²

Fernanda Cristina Moreira Melo³

Resumo – Diversos municípios dos Estados da Bahia e de Minas Gerais têm a cultura da banana como principal atividade econômica, sendo realizada de forma intensiva e, muitas vezes, sem respeitar as práticas racionais de uso e manejo do solo específicas para a cultura. A avaliação da qualidade do solo com base em indicadores físicos, químicos e biológicos tem sido uma ferramenta utilizada para identificar as limitações do solo e orientar práticas de manejo visando à sua correção. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade de solos cultivados com bananeira sob irrigação nas regiões Oeste da Bahia e Norte de Minas Gerais. Para tal, foram coletadas amostras em 11 perfis de diferentes solos para determinação dos seguintes atributos físicos e químicos: porosidade total (PT), macroporosidade (Mp), argila, relação umidade volumétrica retida à tensão de 33kPa/porosidade total (Uv33kPa / PT), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), matéria orgânica (MO), relação K / (K+Ca+Mg) e relação K/Mg. Para avaliação da qualidade dos solos estudados, procedeu-se a determinação do índice de qualidade do solo (IQS), estimado a partir dos indicadores de qualidade selecionados dentre atributos físicos e químicos dos solos. Os solos de maior e menor qualidade para cultivo da bananeira foram, respectivamente, os Argissolos (PVA_d e PVA_e) e os Neossolos (RQo1 e RQo2), na região Oeste da Bahia. Solos com valores de IQS Intermediários foram os Latossolos (LVe1 e LVe2), na região Norte de Minas Gerais. Para melhorar as contribuições das funções principais ligadas à qualidade do

¹ Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura

² Professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), 44380-000, Cruz das Almas, BA.

³ Engenheira Agrônoma, Cruz das Almas, BA.

solo são recomendadas, especificamente, as seguintes ações: melhorar a macroporosidade dos solos, promover aumento das relações $Uv33kPa / PT$, $K / (K+Ca+Mg)$ e K/Mg , e melhorar o teor de matéria orgânica do solo.

Termos de indexação: Manejo do solo, atributos físicos e químicos do solo, indicadores de sustentabilidade.

Quality index for soil cultivated with banana in west of Bahia State and north of Minas Gerais State regions, Brazil

Abstract – Several counties of Bahia State and Minas Gerais State, Brazil, have banana crop as main economic activity, carrying out intensively and often without respecting rational practices use and soil management specific for the crop. The evaluation of soil quality based on physical, chemical and biological indicators has been a tool used to identify soil limitations and management practices to guide their correction. Thus, this study aimed evaluating soil quality cultivated with banana under irrigation in west of Bahia State and north of Minas Gerais State regions, Brazil. For such purpose, soil samples were collected in 11 profiles of different soils to determine the following physical and chemical attributes: total porosity (PT), macroporosity (Mp), clay content, volumetric moisture retention ratio at 33kPa / total porosity ($Uv33kPa / PT$), cation exchange capacity (CTC), base saturation (V), aluminum saturation (m), organic matter (OM), $K / (K + Ca + Mg)$ ratio and K / Mg ratio. To evaluate the soils quality it was determined the soil quality index (SQI) estimated based on quality indicators selected from the physical and chemical soil attributes. Soils with high (Ultisols – PVA_d and PVA_e) and low (Entisols – RQ_{o1} and RQ_{o2}) quality index for banana crop occur in west region of Bahia State, and soils with SQI intermediary were the Oxisols (LVE₁ and LVE₂) in north region of Minas Gerais State. To improve main functions contributions linked to soil quality are recommended, specifically, the following actions: to improve soil macroporosity and to promote increase of $Uv33kPa / PT$, $K / (K+Ca+Mg)$ and K/Mg ratios and also to improve the soil organic matter content.

Index terms: Soil management, soil physical and chemical attributes, sustainability indicators.

Introdução

A avaliação da qualidade do solo com base em indicadores físicos, químicos e biológicos tem sido uma ferramenta utilizada para identificar as limitações do solo e orientar práticas de manejo visando à sua correção (Doran; Parkin, 1994). Dentre os métodos mais utilizados para avaliar a qualidade do solo, destaca-se o proposto por Karlen e Stott (1994), tendo como base a integração de um conjunto de indicadores de natureza física, química e biológica, para obtenção de um índice de qualidade do solo. Vários trabalhos têm utilizado essa metodologia, considerando-a adequada para identificar as limitações e orientar a melhor forma de agradação do solo (Hussain et al., 1999; Glover et al., 2000; Chaer, 2001; Souza et al., 2003; Melo Filho et al., 2007; Conceição, 2008; Freitas et al., 2012).

Utilizando tal metodologia, Chaer (2001) obteve índices de qualidade do solo variando de 0,717 a 0,899, em diversos locais, sob diferentes técnicas de preparo da área e do solo para o plantio de eucalipto, em Botucatu, SP. Já Souza et al. (2003), em solos de Tabuleiros Costeiros cultivados com citros, obtiveram índices variando de 0,308 a 0,411 para LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso e ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso, e de 0,496 para ARGISSOLO Acinzentado, não coeso. Esses resultados sugeriram ações para melhorar a contribuição da função suprimento de nutrientes em todos os solos, crescimento radicular em profundidade no Latossolo e no Argissolo Amarelos, principalmente nos álicos, além de condução e armazenagem de água em todos os solos, nesse caso, concentrando-se na condução de água no Latossolo e no Argissolo Amarelos, e em retenção e armazenagem no Argissolo Acinzentado. Melo Filho et al. (2007) obtiveram índice de qualidade igual a 0,462 para uma área de mata natural em LATOSSOLO AMARELO de Tabuleiro Costeiro, indicando baixa qualidade do solo para a produção vegetal, principalmente para os indicadores ligados aos suprimentos de nutrientes e à armazenagem de água. Conceição (2008), também trabalhando com essa mesma metodologia, obteve índices de qualidade de 0,63 para mata nativa, 0,65 para o consórcio café + coco e 0,75 para o consórcio cacau + seringueira. Já Freitas et al. (2012), comparando sistemas de manejo do eucalipto e do cerrado nativo em

Latossolos de Minas Gerais, verificaram índices de qualidade variando de 0,48 a 0,73 no cerrado e 0,44 a 0,74 no eucalipto, de acordo com o solo e o sistema avaliado.

A bananicultura é uma atividade de elevada importância econômica e social, não só pela geração de renda, mas também na contribuição da fixação do homem no campo, cujo cultivo é comum entre os agricultores familiares (Ferreira et al., 2016). A banana é uma das frutas mais produzidas e consumidas no mundo (Amaro; Fagundes, 2016), e o Brasil é o quarto produtor mundial da fruta, após Índia, China e Indonésia.

A região Norte de Minas Gerais tem a maior concentração da produção de banana do Estado, nos Municípios de Jaíba, Nova Porteirinha e Janaúba (24% do total), basicamente 'Prata-Anã', cultivada sob irrigação (IBGE, 2016). Por isso, e pelo fato de que a cada três hectares cultivados ocorre a geração de um emprego direto, a bananeira irrigada exerce importante papel socioeconômico na região Norte de Minas Gerais (Silva, 2005). No polo de fruticultura de Bom Jesus da Lapa, região Oeste da Bahia, irrigado com água do rio Corrente, afluente do rio São Francisco, a banana é a principal cultura, com 8.500 hectares (IBGE, 2016), cultivados com bananeiras tipo Prata e Cavendish.

A bananeira é sensível a fatores de crescimento ligados à física do solo (Souza et al., 1999). A deficiência moderada de água reduz a turgidez da planta (Coelho et al., 2001), diminuindo a quantidade e a qualidade dos frutos. A aeração do solo é importante para a bananeira, que não suporta encharcamento; a deficiência de oxigênio causa o apodrecimento rápido das raízes, que perdem a rigidez e morrem (Souza et al., 2016). Em função disso, o cultivo da bananeira sob irrigação, comum nas Regiões Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais, exige o manejo adequado da irrigação, atendendo às necessidades da cultura, o que consiste, basicamente, em definir, da forma mais precisa possível, quanto e quando irrigar (Freitas et al., 2007).

A bananeira é uma planta sensível também ao desequilíbrio nutricional, sendo importante manter o balanceamento entre os nutrientes no solo,

evitando que ocorra consumo excessivo de um elemento e induzindo à deficiência de outro. A adubação é um importante fator no sistema de produção, devendo ser bem balanceada, evitando, assim, a ocorrência de distúrbios nutricionais (Borges et al., 2016). O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais absorvidos e necessários para o crescimento e a produção dessa planta, sendo o último considerado o mais importante na nutrição da bananeira, uma vez que melhora diretamente a qualidade dos frutos (Borges et al., 2016). A interação entre nutrientes tem sido muito estudada, sendo importante para a bananeira não somente os teores absolutos de K, Ca e Mg no solo, mas, principalmente, o equilíbrio da proporção de cada um deles (Souza et al., 1999).

O objetivo desse trabalho foi atribuir um índice de qualidade de solo para o cultivo de bananeira, sob condições irrigadas, nas regiões Oeste da Bahia e Norte de Minas Gerais.

Material e Métodos

Amostras de perfis de solos cultivados com bananeira, sob irrigação, foram coletadas nas regiões Oeste da Bahia, representada pelo polo de fruticultura do Município de Bom Jesus da Lapa (Projeto Formoso), mesorregião geográfica do Vale do São Francisco, e Norte de Minas Gerais, representada pelos Municípios de Jaíba e Nova Porteirinha (Figura 1). Foram amostrados cinco perfis de solos representativos de cada região, segundo Santos et al. (2013), sendo classificados como:

- 1) Região Oeste da Bahia – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico (RQo1); NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico (RQo2); LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd); ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd); e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe); e
- 2) Região Norte de Minas Gerais – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico (RQo) Município de Jaíba; LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd1), Município de Jaíba; LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe), Município de Nova Porteirinha (dois perfis); e NEOSSOLO Flúvico Tb Eutrófico (RYbe), Município de Nova Porteirinha.



Figura 1. Localização dos Municípios de Bom Jesus da Lapa (BA), Jaíba (MG) e Nova Porteirinha (MG).

Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=mapas+do+brasil>

As profundidades de amostragem foram definidas com base nas observações morfológicas (cor, textura e estrutura) dos perfis a campo e/ou na separação dos horizontes dos referidos solos, constantes em Jacomine et al. (1976) e Embrapa (1979).

Na parte central de cada horizonte foram coletadas amostras com estrutura natural, em anéis volumétricos, para a determinação da densidade

do solo, porosidade total, macro e microporosidade e curva de retenção de água. Amostras com estrutura alterada foram utilizadas para determinação da granulometria, pH em água, teores de P, K, Ca, Mg, Al, Na, H+Al e matéria orgânica (MO), bem como os cálculos de soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V). Todas as determinações físicas e químicas foram realizadas segundo métodos descritos em Donagema et al. (2011).

Para a estimativa do IQS, foram selecionados dez indicadores de qualidade: porosidade total (PT), macroporosidade (Mp), argila, relação umidade volumétrica retida à tensão de 33kPa/porosidade total (Uv33kPa / PT), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), matéria orgânica (MO), relação K / (K+Ca+Mg) e relação K / Mg, considerados mais importantes para a cultura da banana.

O modelo aplicado para a avaliação do IQS foi o proposto por Karlen e Stott (1994). Nesse trabalho, foram selecionadas as funções principais e os indicadores físicos e químicos de qualidade apresentados na Tabela 1, juntamente com os respectivos ponderadores e os limites críticos para os indicadores, com base na exigência da cultura.

O índice de qualidade do solo foi estimado em duas etapas, como segue:

$$q(FP_n) = I_1 \times w_1 + \dots + I_n \times w_n \text{ (1ª etapa)} \quad (1)$$

onde: $q(FP_n)$ são as funções principais; I são os escores padronizados para os indicadores de qualidade associados a cada função principal; e w são os ponderadores associados a cada indicador ou a cada função principal.

$$IQS = q_{PCR} \times w_{PCR} + q_{CASA} \times w_{CASA} + q_{ASN} \times w_{ASN} \text{ (2ª etapa)}, \quad (2)$$

onde: IQS é o índice de qualidade do solo; q_{PCR} são as funções principais para promover crescimento radicular; w_{PCR} são os ponderadores associados à promoção do crescimento radicular; q_{CASA} são as funções principais para conduzir, armazenar e suprir água; w_{CASA} são os ponderadores associados à condução, ao armazenamento e ao suprimento de água; q_{ASN} são as funções principais para armazenar e suprir nutrientes; e w_{ASN} são os ponderadores associados ao armazenamento e suprimento de nutrientes.

Tabela 1. Funções principais e indicadores físicos e químicos para estimar a qualidade de solos cultivados com bananaeira, sob irrigação, nas regiões Oeste da Bahia e Norte de Minas Gerais.

Funções principais	Ponderadores	Indicadores de qualidade ⁽¹⁾	Unidades	Curva de padronização ⁽²⁾	Ponderadores	Limites críticos dos indicadores		
						Inferior	Ótimo	Superior
Promover crescimento radicular (PCR)	0,40	PT	m ³ m ⁻³	OT	0,30	0,30 ⁽³⁾	0,45	0,60
		Mp	m ³ m ⁻³	OT	0,40	0,10 ⁽⁴⁾	0,20	0,30
		m	%	MEM	0,30	50 ⁽⁵⁾	-	-
Conduzir, armazenar e suprir água (CASA)	0,20	Mp	m ³ m ⁻³	OT	0,35	0,10 ⁽⁴⁾	0,20	0,30
		Argila	g kg ⁻¹	OT	0,35	350 ⁽⁶⁾	475	600
		Uv _{33kPa} /PT	-	MAM	0,30	0,55 ⁽⁷⁾	-	-
		CTC	cmol _c dm ⁻³	MAM	0,20	4 ⁽⁵⁾	-	-
Armazenar e suprir nutrientes (ASN)	0,40	V	%	MAM	0,20	70 ⁽⁵⁾	-	-
		MOS	g kg ⁻¹	MAM	0,20	15 ⁽⁸⁾	-	-
		K/(K+Ca+Mg)	-	OT	0,20	0,10 ⁽⁹⁾	0,15	0,20
		K/Mg	-	OT	0,20	0,20 ⁽⁸⁾	0,40	0,60

⁽¹⁾ PT = porosidade total; Mp = macroporosidade; m = saturação por alumínio; Uv33kPa/PT = relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; MOS = matéria orgânica do solo; K = potássio trocável; Ca = cálcio trocável; e Mg = magnésio trocável.

⁽²⁾ OT = valor ótimo; MEM = menos é melhor; e MAM = mais é melhor.

⁽³⁾Hillel (1970) e Kiehl (1979);

⁽⁴⁾Carter (2002);

⁽⁵⁾Lepsch (1983);

⁽⁶⁾Santos et al. (2013);

⁽⁷⁾Souza et al. (2003);

⁽⁸⁾Borges et al. (2016);

⁽⁹⁾Martin-Prével (1984).

A metodologia de Karlen e Stott (1994) estabelece que o IQS varia de 0 a 1, sendo este último o valor do IQS para um solo ideal para o objetivo do estudo ou da pesquisa; obviamente, quando o solo apresenta qualidade nula, o valor do IQS é zero.

Assim como para as funções principais, devem ser atribuídos ponderadores numéricos para os indicadores de qualidade, cuja soma, para as funções principais e para os indicadores dentro de cada uma delas deve ser sempre igual a 1. Quanto maior o valor da função para o objetivo do trabalho e quanto maior o valor do indicador para a respectiva função, maior deve ser o seu ponderador.

Estando cada indicador expresso em uma unidade de medida específica e diferente da dos demais, é necessário normalizar seus valores em uma escala única, também entre 0 e 1. O mecanismo utilizado é uma função para padronização de escores, desenvolvida por Wymore (1993) para sistemas de engenharia, conforme abaixo:

$$v = \frac{1}{\{1 + [(B - L)/(x - L)]^2 S(B + x - 2L)\}}, \quad (3)$$

Onde: v é a pontuação padronizada; B , o valor crítico do indicador, cujo escore padronizado é 0,5, estabelecendo o limite entre a ruim e a boa qualidade do solo; L , o valor inicial ou mais baixo que uma propriedade do solo possa expressar, podendo ser igual a zero; S , a inclinação da tangente à curva no ponto correspondente ao valor crítico do indicador; e x , o valor da propriedade ou indicador medido no campo.

Para aplicar a equação de Wymore (1993), deve-se primeiramente calcular a inclinação (S) da tangente da curva de pontuação no valor crítico do indicador. Expressando S nessa equação, tem-se:

$$S = \frac{\log\left(\frac{1}{v} - 1\right)}{\log\left(\frac{B - L}{x - L}\right) \cdot 2(B + x - 2L)}, \quad (4)$$

As curvas de padronização de escores geram três funções típicas de padronização:

- c) mais é melhor (MAM),
- d) menos é melhor (MEM) e
- e) valor ótimo (OT).

Na padronização dos valores das propriedades do solo, são utilizados o valor limite inferior, que equivale a 0 (zero), quando a propriedade do solo está em nível inaceitável, o valor limite superior equivalente a 1, indicando que o atributo do solo está em nível ótimo, e que os valores críticos são aqueles nos quais a função de pontuação é igual a 0,5.

Inicialmente, foram determinados índices de qualidade do solo para cada horizonte dos perfis de solo estudados. Em seguida, com o objetivo de gerar um único valor de IQS para o perfil do solo, calculou-se a média ponderada dos IQS estimados para os horizontes do perfil, adotando-se como ponderadores as respectivas espessuras de cada camada.

Resultados e Discussão

Os valores observados para os indicadores de qualidade para os solos avaliados nas regiões Oeste da Bahia e Norte de Minas Gerais são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2. Valores para os indicadores de qualidade nos solos avaliados na região Oeste da Bahia

Prof.	Argila	PT ⁽¹⁾	Mp	Uv33k Pa/PT	CTC	V	MOS	m	K/(K+ Ca+Mg)	K/Mg
cm	g kg ⁻¹	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	–	cmol _c dm ⁻³	%	g kg ⁻¹	%	–	–
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico (RQo1)										
0-11	71	0,3753	0,1485	0,49	5,84	91	15,9	2	0,017	0,075
11-38	90	0,3335	0,1428	0,34	3,02	82	4,2	4	0,028	0,078
38-100 ⁺	172	0,3920	0,1956	0,31	3,28	56	3,0	18	0,027	0,071

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Prof.	Argila	PT ⁽¹⁾	Mp	Uv33k Pa/PT	CTC	V	MOS	m	K/(K+ Ca+Mg)	K/Mg
cm	g kg ⁻¹	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	–	cmol _c dm ⁻³	%	g kg ⁻¹	%	–	–
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico (RQo2)										
0-16	70	0,4378	0,2697	0,16	3,42	78	7,1	4	0,015	0,040
16-46	90	0,3733	0,2068	0,40	2,38	31	3,3	41	0,041	0,100
46-120 ⁺	131	0,4063	0,2131	0,27	2,38	35	3,2	42	0,036	0,100
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd)										
0-13	131	0,3961	0,1877	0,56	5,80	55	13,8	3	0,019	0,060
13-49	224	0,4074	0,1842	0,37	4,00	53	5,0	16	0,014	0,033
49-100 ⁺	244	0,4129	0,1517	0,33	4,02	73	3,5	3	0,007	0,022
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (PVAd)										
0-12	122	0,5269	0,2407	0,31	8,81	90	19,7	1	0,010	0,062
10-22	236	0,3620	0,1412	0,50	7,20	77	8,1	2	0,009	0,050
22-85 ⁺	332	0,4276	0,1791	0,42	7,67	81	5,8	2	0,006	0,031
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAe)										
0-13	375	0,5796	0,2304	0,56	15,11	98	34,6	1	0,009	0,048
13-28	425	0,5065	0,1800	0,57	11,47	99	13,8	1	0,004	0,033
28-50	467	0,4898	0,1507	0,50	10,65	99	7,4	0	0,002	0,020
50-100 ⁺	488	0,4828	0,1346	0,59	11,04	99	5,9	0	0,002	0,017

⁽¹⁾PT = porosidade total; Mp = macroporosidade; m = saturação por alumínio; Uv33kPa / PT = relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; MOS = matéria orgânica do solo; K = potássio trocável; Ca = cálcio trocável; e Mg = magnésio trocável.

Tabela 3. Valores para os indicadores de qualidade nos solos avaliados na região Norte de Minas Gerais

Prof.	Argila	PT ⁽¹⁾	Mp	Uv33k Pa/PT	CTC	V	MOS	m	K/(K+ Ca+Mg)	K/Mg
cm	g kg ⁻¹	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	–	cmol _c dm ⁻³	%	g kg ⁻¹	%	–	–
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico (RQo)										
0-20	60	0,3530	0,2160	0,24	6,58	83	23,1	0	0,009	0,013
20-40	60	0,3470	0,2170	0,23	3,97	72	23,1	0	0,014	0,022
40-60	80	0,3530	0,2150	0,25	4,90	71	23,1	10	0,009	0,013

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Prof.	Argila	PT ⁽¹⁾	Mp	Uv33k Pa/PT	CTC	V	MOS	m	K/(K+ Ca+Mg)	K/Mg
cm	g kg ⁻¹	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	—	cmol _c dm ⁻³	%	g kg ⁻¹	%	—	—
NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico (RYbe)										
0-29	200	0,4650	0,0370	0,76	11,22	85	37,7	0	0,033	0,100
29-68	390	0,4590	0,0360	0,94	14,66	84	34,0	0	0,012	0,033
68-112	50	0,4450	0,1250	0,26	4,81	82	23,1	0	0,018	0,039
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd1)										
0-20	140	0,3210	0,1020	0,54	6,46	95	30,9	0	0,015	0,069
20-40	240	0,3930	0,1750	0,41	4,39	25	26,5	56	0,048	0,100
40-60	260	0,4410	0,2090	0,35	6,17	46	25,5	34	0,014	0,022
LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe1)										
0-10	280	0,3910	0,1000	0,63	11,70	76	39,1	0	0,057	0,134
10-23	320	0,4070	0,1170	0,59	10,83	70	34,7	0	0,064	0,320
23-43	340	0,2930	0,0100	0,87	8,79	78	26,2	0	0,027	0,150
43-70	360	0,3510	0,0530	0,69	7,62	81	23,4	0	0,008	0,031
70-115	430	0,3720	0,1030	0,72	8,20	87	23,1	0	0,007	0,017
LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe2)										
0-10	300	0,3820	0,1120	0,65	10,78	82	39,4	0	0,072	0,315
10-38	340	0,2990	0,0110	0,90	9,81	85	33,3	0	0,061	0,283
38-70	380	0,3720	0,0720	0,64	7,26	86	26,5	0	0,069	0,331
70-120	380	0,4070	0,1170	0,58	6,91	87	23,8	0	0,032	0,095

⁽¹⁾PT = porosidade total; Mp = macroporosidade; m = saturação por alumínio; Uv_{33kPa}/PT = relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; MOS = matéria orgânica do solo; K = potássio trocável; Ca = cálcio trocável; e Mg = magnésio trocável.

Segundo a metodologia proposta por Karlen e Stott (1994) para a estimativa do IQS, se todos os valores observados para os indicadores de qualidade forem iguais aos respectivos limites críticos, o IQS obtido será igual a 0,5. Portanto, quanto mais próximo de 1,0 estiverem os valores estimados, melhor será a qualidade do solo para a finalidade da sua avaliação.

As diferenças entre os valores do IQS foram maiores nos solos da região Oeste da Bahia (Figura 1), variando de 0,482 a 0,803, com os Argissolos (PVAd e PVAe) e apresentando melhor qualidade, com IQS de 0,747 e 0,803, respectivamente, que foram os maiores valores para as duas regiões. Os

solos arenosos (RQo1 e RQo2) foram os que apresentaram menor qualidade, com os valores de IQS de 0,528 e 0,482 respectivamente, sendo o único valor abaixo de 0,5 para as duas regiões; não muito distante desses solos situou-se o LVAd, com IQS igual a 0,547. Para as condições avaliadas, os solos da região Norte de Minas Gerais apresentaram menor variação entre o IQS (Figura 1), apesar das diferenças texturais também existentes, com todos os valores acima de 0,5 e variando de 0,581 (LVAd1) a 0,704 (LVe2).

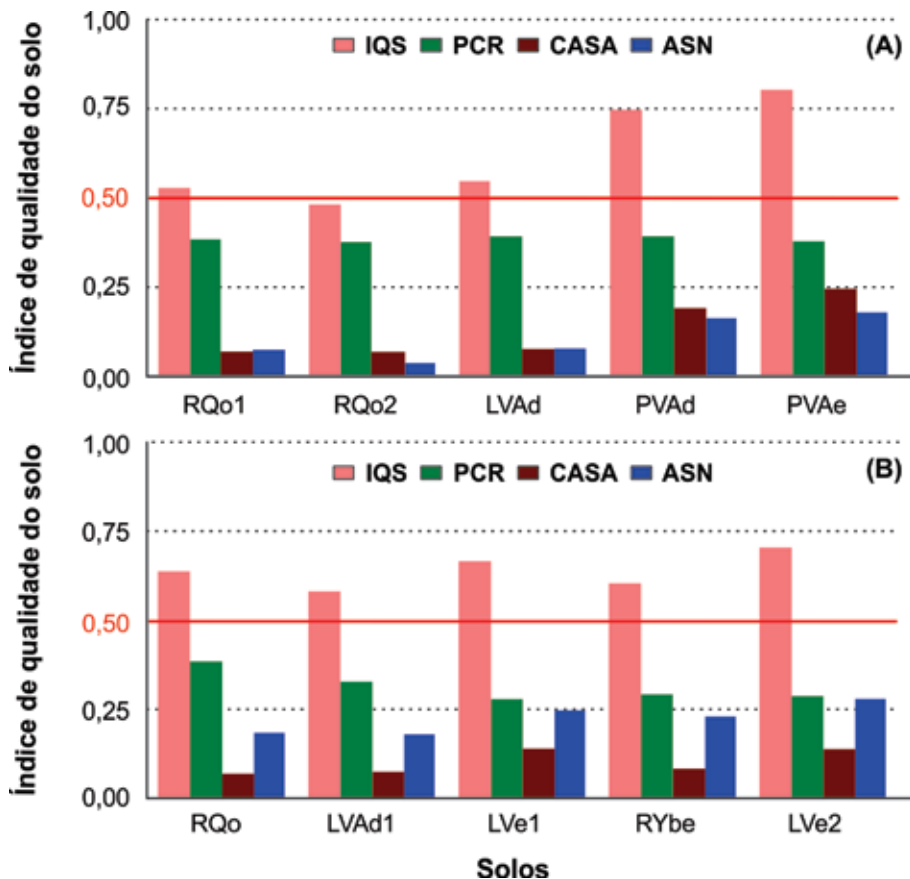


Figura 1. Índices de qualidade e funções principais avaliadas em solos nas regiões Oeste da Bahia (A) e Norte de Minas Gerais (B).

IQS – índice de qualidade de solo; PCR – função principal: promover crescimento radicular; CASA – função principal: conduzir, armazenar e suprir água; ASN – função principal: armazenar e suprir nutrientes; RQo1 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; RQo2 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; LVAd – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; PVAd – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; PVAe – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico; RQo – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; LVAd1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; LVe1 – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico; RYbe – NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico; LVe2 – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico.

Sendo assim, observou-se a seguinte ordem decrescente de IQS para as duas regiões: PVAe (0,803) > PVAd (0,747) > LVe2 (0,704) > LVe1 (0,665) > RQo (0,637) > RYbe (0,604) > LVAd1 (0,581) > LVAd (0,547) > RQo1 (0,528) > RQo2 (0,482). O RQo2, por ter sido o único solo que obteve IQS abaixo de 0,5, pode ser considerado como o que apresenta maiores limitações ao cultivo da bananeira.

De maneira geral, os Latossolos apresentaram IQS intermediário, na seguinte ordem decrescente: Argissolos > Latossolos > Neossolos. De acordo com esses resultados, pode-se confirmar que, nas condições avaliadas, os solos de textura mais argilosa apresentaram-se melhores para o cultivo da bananeira.

As maiores contribuições para os valores do IQS resultaram da função principal promover crescimento radicular – PCR, em todos os solos (Figura 1), devido à elevada contribuição do indicador macroporosidade (Mp), seguida da saturação por alumínio (m) para os solos RQo1, LVAd, PVAd, PVAe e RQo. Além da Mp seguida da porosidade total (PT) para os solos RQo2 e LVAd1 (Figura 2). Os solos LVe1, RYbe e LVe2 apresentaram valor de m seguida da PT como maiores contribuintes da qualidade para essa função.

As menores contribuições nos solos RQo1 e LVAd da região Oeste da Bahia foram para a função conduzir, armazenar e suprir água – CASA, devido aos baixos valores de argila e da relação $Uv33kPa/PT$ (Figura 3). A CASA também proporcionou menor contribuição para o IQS nos solos RQo e LVAd1 da região Norte de Minas Gerais, que possuem textura mais arenosa e menor retenção de água. Também houve contribuição inferior dessa função para os solos LVe1, LVe2 e RYbe da região Norte de Minas Gerais por apresentarem baixos valores de Mp, variando de 0,0110 a 0,1250 m³ m⁻³ (Tabela 3) e, portanto, alta predominância de microporos (71% a 97%), conforme observado por Souza et al. (1999).

Na região Oeste da Bahia, a ordem decrescente dos solos quanto à qualidade da função armazenar e suprir nutrientes – ASN (Figura 1) foi: Argissolos (PVAe > PVAd) > Latossolos (LVAd) > Neossolos (RQo1 > RQo2), refletindo os atributos naturais dos solos em questão, principalmente em relação à sua textura (Tabela 2). De maneira geral, os solos avaliados na região Norte de Minas Gerais mostraram-se mais eficientes na função ASN, em relação àqueles avaliados na região Oeste da Bahia (Figura 1), provavelmente devido ao fato de os primeiros apresentarem maiores teores de matéria orgânica (Tabelas 2 e 3), a qual, juntamente com CTC e V, foram os indicadores que atribuíram maiores valores de qualidade para a função ASN (Figura 4). A amplitude da

ASN foi menor nos solos da região Norte de Minas Gerais, indicando menor distinção entre esses solos para essa função principal.

Souza et al. (2003), Melo Filho et al. (2007) e Conceição (2008) também obtiveram maior contribuição da função principal relacionada com o crescimento radicular, na composição do índice de qualidade, verificando maiores limitações nas funções principais ligadas à água do solo e ao suprimento de nutrientes. No caso de Chaer (2001), a maior contribuição foi para a função ligada à água do solo, vindo em seguida àquela relacionada com o crescimento radicular e, por último, com o suprimento de nutrientes.

Observando os valores do IQS dos solos da região Oeste da Bahia, a função PCR, apesar de gerar maior contribuição, apresentou valores que não variaram muito em relação às diferentes classes de solos avaliadas (Figura 1). Em função disso, o que determinou realmente um maior IQS para os solos PVAe e PVAd (em relação a RQo1, RQo2 e LVAd, foram os valores superiores para as funções CASA e ASN). Os indicadores responsáveis por essa diferença foram argila e relação $Uv33kPa / PT$ na função CASA e CTC; e V na função ASN (Figuras 3 e 4). As funções responsáveis pelo baixo índice de qualidade do solo RQo2 foram as de armazenar e suprir nutrientes – ASN, devido à baixa relação $K / (K + Ca + Mg)$ e ao baixo teor de matéria orgânica (Tabela 2 e Figura 4). Houve igualdade de valores entre CASA e ASN para o LVAd, ambos baixos, mostrando a importância da função PCR nesse solo, que proporcionou a maior contribuição no seu IQS, ultrapassando o valor crítico de 0,5.

Para a região Norte de Minas Gerais, os solos LVe2, LVe1 e RQo apresentaram maior índice de qualidade (Figura 1), mesmo o último apresentando valor muito semelhante para a função CASA em relação aos solos LVAd1 e RYbe, que mostraram os menores valores de IQS. Esse contraste é explicado pela superioridade da qualidade da função PCR do RQo em relação aos outros solos em questão.

Na função principal PCR, observou-se que a maior contribuição resultou do indicador Mp (38% a 41%) para os solos da região Oeste da Bahia, e dos indicadores PT (28% a 42%) e m (27% a 43%) para os solos da região Norte de Minas Gerais (Figura 2). A qualidade superior dos solos do Oeste da Bahia para o cultivo da bananeira em comparação aos do Norte de Minas Gerais, em relação à função principal PCR (Figura 1), deveu-se aos maiores valores do indicador Mp para aqueles solos (Tabelas 2 e 3). Essa superioridade está relacionada à melhor distribuição do tamanho dos poros, em que, de maneira geral, os solos da região Oeste da Bahia apresentaram valores de

Mp superiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Tabela 2), o qual, segundo Borges e Souza (2009), geralmente é considerado o limite abaixo do qual começam a ocorrer problemas de aeração e de crescimento radicular. Isso permite pressupor uma boa redistribuição da água ao longo do perfil em tais solos, sem que ocorram problemas de aeração para as raízes da bananeira. A possibilidade de que ocorram tais problemas na região Oeste da Bahia é maior, no PVAe, por ser um solo mais argiloso, por apresentar maior relação $Uv33kPa / PT$ e menor relação Mp/PT (Tabela 2) que os outros solos, podendo acontecer o encharcamento periódico e o apodrecimento das raízes.

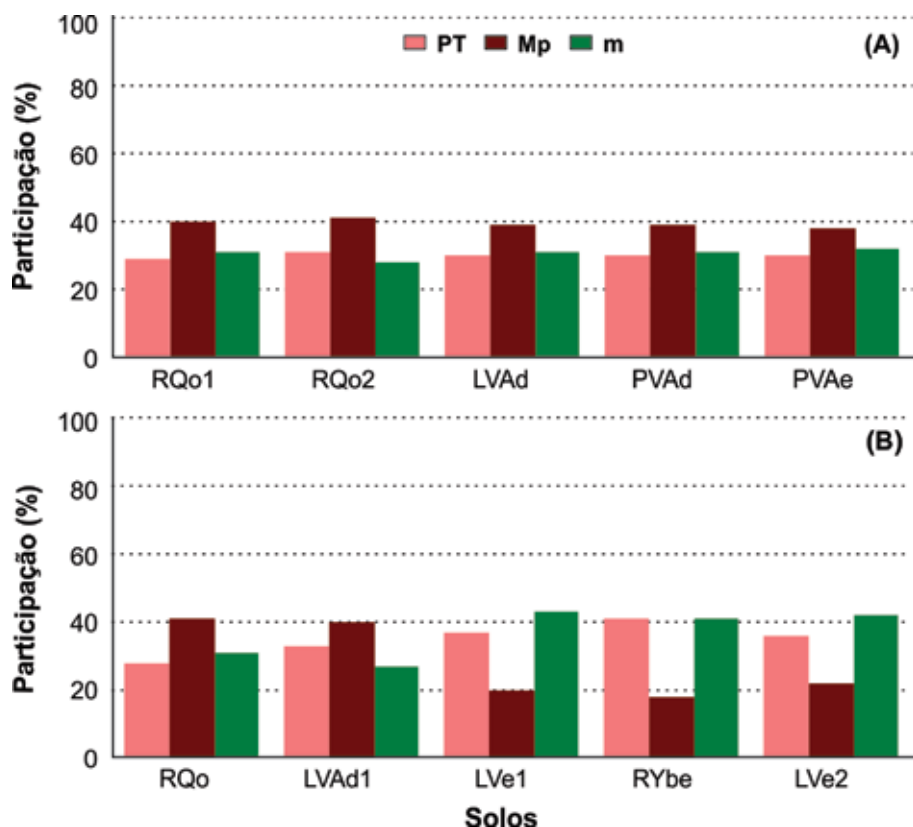


Figura 2. Contribuição dos indicadores de qualidade para a função principal promover crescimento radicular (PCR), em solos avaliados nas regiões Oeste da Bahia (A) e no Norte de Minas Gerais (B).

PT – porosidade total; Mp – macroporosidade; m – saturação por alumínio; RQo1 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; RQo2 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; LVAd – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; PVAd – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; PVAe – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico; RQo – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; LVAd1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; LVe1 – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico; RYbe – NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico; LVe2 – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico.

Na região Norte de Minas Gerais, os menores resultados para a função PCR ocorreram nos solos LVe1, RYbe e LVe2 (Figura 1), os quais, apesar de não apresentarem saturação por alumínio, não alcançaram o valor ótimo ($0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) para o indicador Mp. Nesse caso, há uma predominância de valores próximos e abaixo do limite crítico de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Tabela 3), atingindo valores de até $0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. Esses valores são inferiores ou próximos àqueles em que Avilán et al. (1982) observaram deformação das raízes da bananeira e penetração limitada. Nesses solos, é comum que ocorram problemas de encharcamento e má aeração no caso de alta frequência de chuvas ou de irrigação mal conduzida, bem como dificuldade de crescimento radicular por impedimento mecânico.

Mesmo revelando-se relativamente bem na função PCR (0,327), o LVAd1 mostrou saturação por alumínio de 56% e 34% nas últimas camadas (Tabela 3). Esse solo apresentou valores de PT e Mp dentre os mais elevados observados na região Norte de Minas Gerais, permitindo pressupor a não ocorrência de encharcamento e má aeração tão prejudiciais às raízes da bananeira. Por outro lado, pressupõe-se uma rápida drenagem e redistribuição da água ao longo do perfil, o que, como mencionado por Borges et al. (2016), facilitará a lixiviação dos nutrientes aplicados, concluindo-se que o ideal para esse solo é o fracionamento da adubação.

A maior contribuição para a função CASA, na maioria dos solos, foi da Mp, com exceção dos solos LVe1, RYbe e LVe2 da região Norte de Minas Gerais (Figura 3). O indicador argila destacou-se nos solos de textura mais fina, ou seja, PVAd, PVAe, LVe1 e LVe2, e a relação $\text{Uv33kPa} / \text{PT}$ em PVAd, PVAe, LVe1, LVe2 e RYbe.

A contribuição da relação $\text{Uv33kPa} / \text{PT}$ foi quase nula nos solos mais arenosos RQo1, RQo2 e LVAd da região Oeste da Bahia (Figura 3), onde também foi menor a contribuição do indicador argila, mostrando a estreita relação entre esses dois indicadores. Isso sugere uma baixa retenção de água no solo, sendo rápido o processo de secamento, atingindo mais rapidamente tensões de água no solo limitantes à bananeira. Por outro lado, contribuições elevadas de $\text{Uv33kPa} / \text{PT}$, como as observadas nos solos PVAd e PVAe (43% e 46%, respectivamente) (Figura3), sugerem a possibilidade de uma baixa velocidade de infiltração e redistribuição da água no solo em épocas de chuvas frequentes ou no caso de irrigação excessiva, podendo ocorrer baixa aeração do solo e riscos de apodrecimento das raízes da bananeira (Tabela 2). É oportuno ressaltar que, em condições de falta de oxigênio, as

raízes de bananeira perdem sua rigidez, adquirem cor cinza-azulada pálida e apodrecem rapidamente (Delvaux; Guyot, 1989). Em ambos os casos citados, maiores cuidados devem ser dispensados em relação ao manejo da irrigação, de forma a melhorar a eficiência no uso da água, além de evitar o consumo elevado de energia na captação e bombeamento da água, lixiviação de nutrientes, encharcamento e aeração deficiente para o sistema radicular da bananeira.

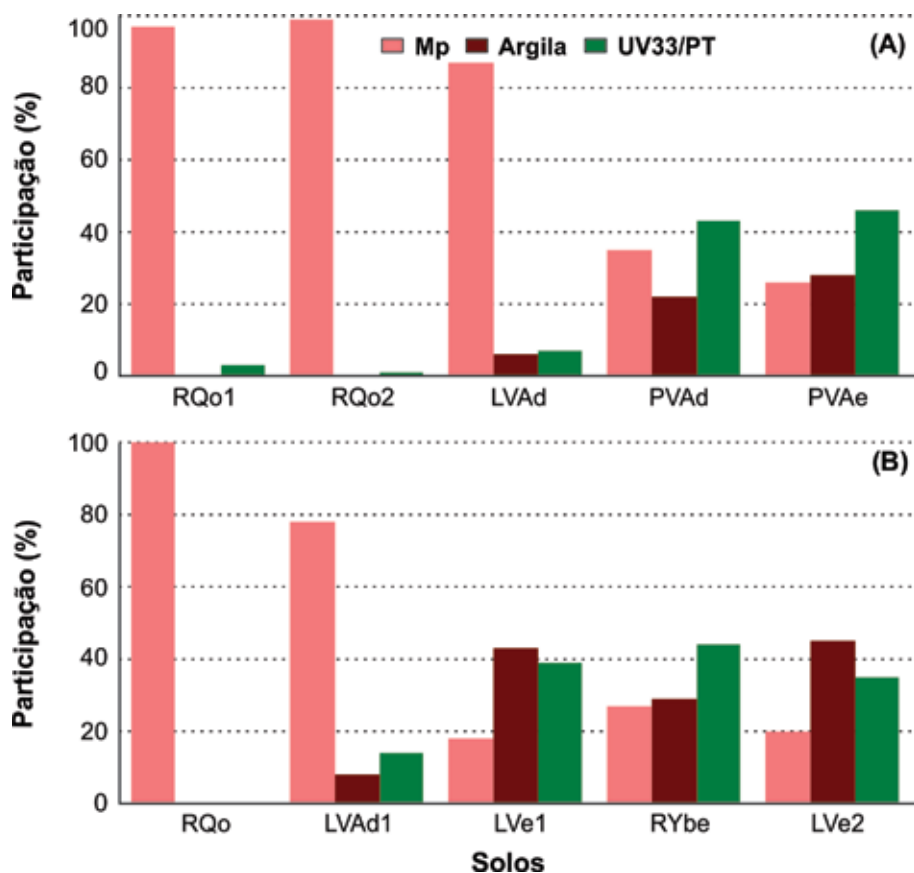


Figura 3. Contribuição dos indicadores de qualidade para a função principal conduzir, armazenar e suprir água (CASA), em solos avaliados nas regiões Oeste da Bahia (A) e Norte de Minas Gerais (B).

Mp – macroporosidade; Uv33kPa/PT = relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total; RQo1 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; RQo2 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; LVAd – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; PVAd – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; PV Ae – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico; RQo – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; LVAd1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; LVe1 – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico; RYbe – NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico; LVe2 – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico.

Ainda com relação à função CASA, nos solos avaliados na região Norte de Minas Gerais, as menores contribuições dividiram-se para Mp nos solos LVe1, LVe2 e RYbe, e argila e relação $Uv33pKa / PT$ em RQo e LVAd1, separando esses conjuntos de solos como de menores e maiores limitações, respectivamente. As maiores contribuições da relação $Uv33kPa / PT$ ocorreram nos solos LVe1, LVe2 e RYbe (Figura 3).

Silva e Carvalho (2005) obtiveram alta produtividade da bananeira 'Prata Anã' em solos com teor de argila superior a 30%, referendando assim a maior participação da função CASA no IQS para os solos LVe1 e LVe2 (Figura 1), decorrente da maior participação dos indicadores argila e relação $Uv33pKa / PT$ (Figura 3).

Quanto à função principal ASN, nos solos da região Oeste da Bahia, a CTC foi a indicadora com maior contribuição, seguido do valor de V (Figura 4). Já na região Norte de Minas Gerais, de maneira geral, os solos avaliados mostraram-se mais eficientes na função ASN em relação àqueles avaliados na região Oeste da Bahia (Figura 1), provavelmente devido ao fato de os primeiros apresentarem maiores teores de matéria orgânica (Tabelas 2 e 3), a qual, juntamente com CTC e V, foram os indicadores que atribuíram maiores valores de qualidade para a função ASN (Figura 4).

De maneira geral, foram muito baixas as contribuições das relações $K / (K+Ca+Mg)$ e K/Mg para a função ASN em ambas as regiões avaliadas (Figura 4). É oportuno ressaltar que a relação $K / (K+Ca+Mg)$ esteve sempre abaixo do ótimo, que é de cerca de 0,10 (Martin-Prével, 1984), como se observa nas Tabelas 2 e 3. Nessas condições, pode ocorrer deficiência de K para a bananeira, por efeito antagônico de Ca e Mg.

Quanto à relação K/Mg , que deve oscilar entre 0,2 a 0,5 (Borges et al., 2016) para que não haja deficiência do K para a bananeira, nos solos em estudo tal relação apresentou valores abaixo de 0,2, na grande maioria dos casos, com exceção dos solos LVe1 e LVe2 (Tabelas 2 e 3), revelando a predominância relativa do Mg sobre o K, indicando que os solos necessitam ser supridos com K em detrimento ao Mg.

Como o K é o nutriente extraído em maiores quantidades pela bananeira, nos solos estudados seria recomendável a adubação potássica que, certamente, refletiria positivamente na produção (Borges; Silva, 1995; Hoffmann et al., 2010).

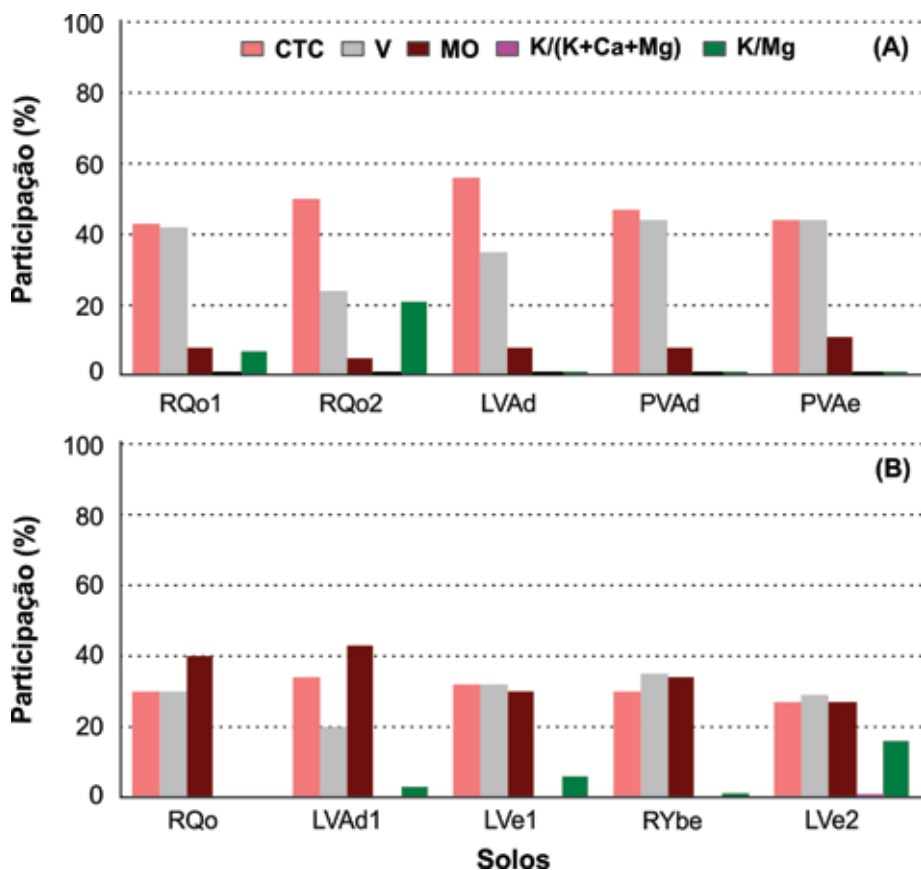


Figura 4. Contribuição dos indicadores de qualidade para a função principal armazenar e suprir nutrientes (ASN), em solos avaliados nas regiões Oeste da Bahia (A) e Norte de Minas Gerais (B).

CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; MO = matéria orgânica; K/(K+Ca+Mg) = relação entre potássio trocável e a soma de potássio + cálcio + magnésio trocáveis; K/Mg = relação entre potássio e magnésio trocáveis; RQo1 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; RQo2 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; LVAd – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; PVAd – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; PVAe – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico; RQo – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico; LVAd1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico; LVe1 – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico; RYbe – NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico; LVe2 – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico.

Conclusões

- 1) Para a região Oeste da Bahia, os solos de maior qualidade para o cultivo da bananeira foram os Argissolos (PVAe e PVAd) e os de menor qualidade foram os Neossolos (RQo2 e RQo1).

- 2) Para a região Norte de Minas Gerais, os solos de maior qualidade para o cultivo da bananeira foram os Latossolos Vermelhos (LVe2 e LVe1) e o de menor qualidade foi o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (LVAd1).
- 3) Para melhorar as contribuições das funções principais citadas são recomendadas, especificamente, as seguintes ações: a) PCR – melhorar a macroporosidade nos solos LVe1, LVe2 e RYbe; b) CASA – melhorar a macroporosidade nos solos LVe1, LVe2 e RYbe e a relação $Uv33kPa / PT$ em todos os solos, principalmente em RQo1, RQo2, LVAd, RQo e LVAd1; e c) ASN – melhorar o teor de matéria orgânica e as relações $K / (K+Ca+Mg)$ e K/Mg nos solos avaliados na região Oeste da Bahia; melhorar as relações $K / (K+Ca+Mg)$ e K/Mg nos solos avaliados na região Norte de Minas Gerais.

Agradecimentos

Os autores agradecem os produtores do polo de fruticultura do Projeto Formoso, Município de Bom Jesus da Lapa, Bahia, Fruticultura Baumgratz, Fruticultura Seibel, Fruticultura Saifert; Agropecuária Porto Velho, Agropecuária Frutanga e Sândalo Paim por disponibilizarem suas propriedades para as amostragens de solo. Agradecem também os produtores do Projeto Jaíba e Nova Porteirinha, no Norte de Minas Gerais, bem como o pesquisador da Epamig Norte, José Tadeu Alves da Silva, por todo apoio nas amostragens de solo, permitindo, assim, que este estudo fosse realizado.

Referências

AMARO, A. A.; FAGUNDES, P. R. S. Aspectos econômicos e comercialização. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos (Ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2016, p. 727-752.

AVILÁN R. L.; MENESES R. L.; SUCRE, R. O. Distribución radical del banano bajo diferentes sistemas de manejo de suelos. **Fruits**, Paris, v. 37, n. 2, p. 103-110, 1982.

BORGES, A. L.; SILVA, J. T. A. da; OLIVEIRA, A. M. G.; D'OLIVEIRA, P. S. Nutrição e adubação. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos (Ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2016, p. 331-398.

BORGES, A. L.; SILVA, S. de O. e. Extração de macronutrientes por cultivares de banana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 17, n. 1, p. 57-66, 1995.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Atributos físicos e químicos de solos cultivados com bananeira, sob irrigação, no Projeto Formoso, Bom Jesus da Lapa, Bahia.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 32p. (Embrapa-CNPMP. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 42).

CARTER, M. R. Quality, critical limits and standardization. In: LAL, R. (Ed.). **Encyclopedia of soil science.** New York, Marcel Dekker, 2002. p.1062-1065.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, S. L. de; COSTA, E. L. da. Irrigação da bananeira. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova Porteirinha. **Anais...** Montes Claros: Unimontes, 2001. p. 91-101.

CONCEIÇÃO, B. P. **Métodos para avaliação da qualidade do solo em ambiente tropical.** Cruz das Almas: UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2008. 54p. (Dissertação de Mestrado).

CHAEER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 90p. (Dissertação de Mestrado).

DELVAUX, B.; GUYOT, Ph. Caractérisation de l'enracinement du bananier au champ. Incidences sur les relations sol-plants dans les bananeraies intensives de la Martinique. **Fruits**, Paris, v. 44, n. 12, p. 633-647, 1989.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos.** 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 1-20. (Special Publication, 35).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Norte de Minas Gerais (Área de atuação da SUDENE).** Recife: 1979. 407p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 60).

FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos (Ed.). **O agronegócio da banana.** Brasília, Embrapa, 2016, 832p.

FREITAS, D. A. F. de; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURTI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 417-428, 2012.

FREITAS, W. S.; RAMOS, M. M.; COSTA, S. L. Demanda de irrigação da cultura da banana na bacia do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 343-349, 2007.

GLOVER, J. D.; REGANOLD, J. P.; ANDREWS, P. K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 80, p. 29-45, 2000.

HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos.** Porto Alegre: UFRGS, 1970. 231p.

HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P. de; GHEYI, H. R.; SOUZA JUNIOR, R. F. de. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 268-275, 2010.

HUSSAIN, I.; OLSON, K. R.; WANDER, D. L.; KARLEN, D. L. Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in Southern Illinois. **Soil & Tillage Research**, v. 50, p. 237-249, 1999.

IBGE. PAM - Produção Agrícola Municipal, 2016.

JACOMINE, P. K. T. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife: Embrapa-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos/Sudene-Divisão de Recursos Renováveis, 1976. 404p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 38).

KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BZEDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 53-72. (Special Publication, 35).

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

LEPSCH, I. (Coord.). **Manual de levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.

MARTIN-PRÉVEL, P. Exigências nutricionais da bananicultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Unesp/FCAV, 1984. p.118-134.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. da S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1599-1608, 2007.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

SILVA, J. T. A. da; CARVALHO, J. G. de. Avaliação nutricional de bananeira 'Prata Anã' (AAB), sob irrigação no semi-árido do Norte de Minas Gerais, pelo método DRIS. **Ciência e Agrotecnologia** [online]. 2005, v. 29, n. 4, p. 731-739. ISSN 1413-7054. doi: 10.1590/S1413-70542005000400004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n4/a04v29n4.pdf>> . Acesso em: 18 jun. 2009.

SOUZA, L. da S.; BORGES, A. L.; SILVA, J. T. A. da. **Características físicas e químicas de solos cultivados com bananeira, sob irrigação, na Região Norte de Minas Gerais**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 45p. (Embrapa-CNPMF. Boletim de Pesquisa, 14).

SOUZA, L. da S.; BORGES, A. L.; SILVA, J. T. A. da. Solo – manejo e conservação. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos (Ed.). **O agronegócio da banana**. Brasília, Embrapa, 2016, p. 277-330.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D.; SOUZA, L. F. da S. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: estudo de caso para citros em solos coesos de Tabuleiros Costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto: Unesp, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.

WYMORE, A. W. **Model-based systems engineering: an introduction to the mathematical theory of discrete systems and to the tricotyledon theory of system design**. Boca Raton: CRC Press, 1993.



Mandioca e Fruticultura

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

GOVERNO
FEDERAL