



Nível crítico para atributos do solo pelo método da distribuição contínua de probabilidade reduzida em áreas de bananeira irrigada.

Elis Regina Costa de Moraes⁽¹⁾; Celsemy EleuterioMaia⁽²⁾.

(1) Professora; Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mossoró, Rio Grande do Norte; E-mail: elisregina@ufersa.edu.br; (2) Professor; Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mossoró, Rio Grande do Norte; E-mail: celsemy@ufersa.edu.br

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho estimar os níveis críticos pelo critério da distribuição contínua de probabilidade para atributos do solo e avaliar as áreas de baixa produtividade de bananeira na Chapada do Apodi. Utilizou-se banco de dados com análise de 60 amostras de solo com as respectivas produtividades onde foram estimados os níveis críticos pelo método da distribuição contínua de probabilidade. Concluiu-se que o método pode ser utilizado para obtenção de níveis críticos para atributos químicos do solo e os níveis críticos obtidos para as áreas cultivadas com a bananeira irrigada foi de 7,2 para pH, 0,91 g kg⁻¹ para N, 0,31, 6,34, 2,63, 1,42 e 25,76 mg kg⁻¹ para Cu, Fe, Mn, Zn e P, respectivamente e de 6,43, 1,14, 0,24 e 0,36 cmol_c kg⁻¹ para Ca, Mg, Na e K, respectivamente. Nas áreas de baixa produtividade as maiores deficiências foram de P e Fe e excesso de Mg.

Termos de indexação: fertilidade do solo, modelagem, análise de solo

INTRODUÇÃO

Os principais polos brasileiros de produção de banana são a Bahia, Vale do Ribeira, no litoral sul de São Paulo; norte de Minas Gerais; litoral norte e Vale do Itajaí, em Santa Catarina; Vale do Açu, no Rio Grande do Norte e Chapada do Apodi, no Ceará. No caso do Ceará, parte da produção concentra-se no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi, localizado na Chapada do Apodi que se destaca pelo alto potencial agrícola dos solos originados de calcário, com boa fertilidade natural e relevo plano, favorável à mecanização.

O nível crítico para os nutrientes do solo é obtido por experimentos de calibração em campo, com aplicação de doses do nutriente e obtida a produtividade, estimando-se assim a dose de maior eficiência econômica que, associando a relação às quantidades recuperada pelo extrator em função das doses aplicadas, obtém-se o nível crítico para o nutriente no solo. Para obtenção do nível crítico foliar sem a necessidade da montagem de experimentos do campo, Maia et al. (2001) propuseram um método baseado na distribuição contínua de probabilidade reduzida (NCR_{Iz}),

obtendo bons resultados para café, sendo também avaliado em outras culturas, como uva (Tonin et al., 2009), laranja (Camacho et al., 2012) e cana-de-açúcar (Santos et al., 2013). Apesar do método do NCR_{Iz} ter sido originalmente desenvolvido para análise foliar, recentemente Souza et al. (2014), em áreas de agricultura familiar de subsistência cultivadas com milho e feijão-caupi, no Sertão dos Inhamuns-Crateús, utilizaram o método para estimar nível crítico de alguns atributos químicos do solo. Desta forma, a obtenção de nível crítico para atributos do solo permitirá de forma mais detalhada a interpretação das análises químicas, podendo ordenar os fatores por limitação da produtividade agrícola para diversas áreas, sendo possível sua correção, evitando assim o uso excessivo de fertilizante, diminuindo o custo de produção e os impactos ao meio ambiente da região.

Objetivou-se com este trabalho estimar os níveis críticos pelo critério da distribuição contínua de probabilidade reduzida (NCR_{Iz}) para atributos do solo cultivado com bananeira e avaliar a fertilidade das áreas de baixa produtividade da cultura na Chapada do Apodi.

MATERIAL E MÉTODOS

Para calcular os níveis críticos dos atributos do solo foram utilizados dados de Vasconcelos (2002), que avaliou a fertilidade em 60 amostras de Cambissolos Háplicos Carbonáticos lépticos da Chapada do Apodi cultivada com bananeira irrigada. As amostras foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, sendo determinado o pH e as concentrações de Ca, Mg, K, Na, P, N, Fe, Zn, Mn e Cu, de acordo com EMBRAPA (1997). Foram consideradas áreas de alta produtividade aquelas com produtividade maior que 27 Mg ha⁻¹ que, das 60 áreas, 22 foram de alta produtividade e 38 de baixa.

Seja P e n_a produtividade e o valor do atributo do solo, respectivamente, e Q_a relação P/n_a , os níveis críticos foram estimados pelo método da distribuição contínua de probabilidade reduzida (NCR_{Iz}) conforme Maia et al. (2001) pela Eq. 1, com m_1 e s_1 a média aritmética e o desvio-padrão de P , e m_2 e s_2 , a média e o desvio-padrão de Q ,



respectivamente. Foi testada a normalidade de P e Q pelo método do qui-quadrado, no caso de não normalidade os dados foram transformados usando raiz quadrada ou logaritmo natural. Os níveis críticos foram obtidos levando em consideração apenas as áreas de alta produtividade.

$$NCRIZ_i = \frac{1,281552s_1 + m_1}{1,281552s_2 + m_2} \quad (1)$$

A avaliação da fertilidade das áreas de baixa produtividade foi feita pelo índice I_i , de acordo com a Eq. 2, com A_i a resultado na análise do solo e $NCRIZ_i$ o nível crítico estimado do atributo i do solo.

$$I_i = \frac{A_i}{NCRIZ_i} - 1 \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis críticos calculados nas áreas de bananeira irrigadas são mostrados na Tabela 1 que, comparados com Alvarez V. et al. (1999), observou-se que estes foram considerados muito baixo para Fe, baixo para Mn e Cu, médio para Zn, bom para P e Mg, muito bom para K e Ca e acidez alta para pH. Tomando como base os valores dos níveis críticos estimados pela distribuição contínua de probabilidade foi calculado o índice I_i , onde os valores negativos indicam teores inferiores ao $NCRIZ_i$ e, positivo, maiores. Das 38 áreas de baixa produtividade avaliadas, observa-se que para as 24 áreas menos produtivas, o principal fator limitante foi P (Tabela 2), cujos teores nessas áreas variaram de 1 a 19 mg kg⁻¹, com média de 5,08 mg kg⁻¹, enquanto que nas áreas de alta produtividades variou de 23 a 585 mg kg⁻¹, com média de 167 mg kg⁻¹ de P.

Nas mesmas 24 áreas de mais baixa produtividade também se observou excesso de Mg em 11 delas (45,83%), 6 com excesso de Mn (25%), 2 com K (8,33%), 1 com Ca (4,17%) e 4 com excesso de Na (16,6%). O excesso de Mg provavelmente se dá devido a qualidade da água de irrigação, principalmente quando a relação Ca/Mg na água é menor que 1. Nas áreas de baixa produtividade entre a 25 e 38 (Tabela 2), tem-se o Fe como o fator mais limitante, que das 14 áreas nesta faixa, 9 apresentaram índice negativo (64,29%), que estão associadas ao elevado valor de pH que variou para estas áreas de 6,9 até 8,1, com média de 7,56. O aumento do pH do solo acarreta diminuição na disponibilidade dos nutrientes do solo, principalmente de micronutrientes (Valdez-Aguilar & Reed, 2010).

A relação do I_i em função dos resultados do atributo da análise do solo é uma reta, com o coeficiente angular igual ao inverso do $NCRIZ_i(1/NCRIZ_i)$. Os índices I_{pH} , I_P , I_{Ca} , I_{Mg} , I_K , I_{Zn} , I_{Mn} e I_{Fe} em função dos valores da análise de solo, com maior sensibilidade (maior coeficiente angular) sendo verificado para o K. Como o solo é calcário e existe antagonismo entre Ca e K, como não se faz aplicação de Ca nesses solos, há uma relação maior entre esses nutrientes nas áreas de baixa produtividade, indicando a necessidade da aplicação de K para aumento da produtividade da bananeira nestas áreas. De ordem prática, com essa calibração e desejando avaliar outras áreas, entra-se com o valor da análise de solo na equação linear e obtém-se o valor do índice para o atributo da área, com valores negativos ou positivos, abaixo e acima do $NCRIZ_i$, respectivamente.

O método no nível crítico pela distribuição contínua de probabilidade reduzida, também permite calcular o nível crítico para relação entre nutrientes. Para saber o $NCRIZ_i$ da relação Ca/K, o $Q = Prod/(Ca/K)$ ou $Prod/(K/(Ca+Mg+K))$ e segue-se o mesmo procedimento do método, mas deve-se atentar se a maior ou menor relação é a melhor para a produtividade agrícola. Foram avaliadas as relações Ca/K, Ca/Mg, K/Mg, K/(Ca+Mg+K) e Mg/(Ca+Mg+K), com valores dos $NCRIZ_i$ de 10,80, 3,43, 0,21, 0,03 e 0,09, respectivamente.

Das 38 áreas de baixa produtividade, aproximadamente 40% apresentou $I_{K/Mg}$ mais negativo e aproximadamente 53% apresentaram $I_{Mg/(Ca+Mg+K)}$ mais positivo, corroborando com os dados de Mg no solo que apontaram excesso nas áreas de baixa produtividade. Moraes et al. (2014) avaliando a qualidade em sete áreas cultivadas com bananeira no Baixo Açu, obtiveram valores de K/Mg entre 0,31 a 0,69 com média de 0,49. Para Mg/(Ca+Mg+K) variaram entre 0,13 e 0,22, com média de 0,18, valores maiores aos obtidos na Chapada do Apodi. Segundo Delvaux (1995) solos que apresentam relações K/Mg entre 0,30 e 0,45 se encontram balanceados, relações superiores a 0,6 indicam excesso de K+ enquanto inferior a 0,2 mostram deficiência desse nutriente no solo. Porém, segundo Aular & Natale (2013) a aplicação de K via solo na bananeira pressupõe existir adequada quantidade de magnésio (Mg), a fim de evitar o distúrbio fisiológico que faz aparecer sintomas de deficiência deste elemento. Kopittke & Menzies (2007) comentam sobre a proporção perfeita (solo ideal) entre Ca, Mg e K nos cátions trocáveis que seria de 65%, 10% e 5%, respectivamente, mesmo defendendo que o uso de proporções na interpretação da análise de solo resultará noutro ineficiente de recursos na agricultura.



CONCLUSÕES

Os níveis críticos obtidos para as áreas cultivadas com a bananeira irrigada foi de 7,2 para pH, 0,91 g kg⁻¹ para N, 0,31, 6,34, 2,63, 1,42 e 25,76 mg kg⁻¹ para Cu, Fe, Mn, Zn e P, respectivamente e de 6,43, 1,14, 0,24 e 0,36 cmol_c kg⁻¹ para Ca, Mg, Na e K, respectivamente.

As maiores deficiências no solo nas áreas de baixa produtividade foram de P e Fe e de excesso de Mg.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V. H., NOVAIS, R. F., BARROS, N. F., CANTARUTTI, R. B., LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: , RIBEIRO, A. C., GUIMARÃES, P. T. G., ALVAREZ V., V. H.(ed). Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG). Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação, Viçosa-MG, 1999, 359p.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. Revista Brasileira de Fruticultura, 35:1214-1231, 2013.
- CAMACHO, M. A.; SILVEIRA, M. V.; CAMARGO, R. A.; NATALE, W. Faixas Normais de Nutrientes pelos Métodos ChM, DRIS e CND e Nível Crítico pelo Método de Distribuição Normal Reduzida para Laranja-Pera. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1:193-200, 2012.
- DELVAUX, B. Soils. In: GOWEN, S. Bananas and plantains. London: Chapman & Hall, 1995. Cap.3, p.230-257.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- KOPITKE, N.W.; MENZIES, N.W. A Review of the Use of the Basic Cation Saturation Ratio and the % Ideal+ Soil. Soil Science Society of America Journal, 71:259-265, 2007.
- MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, M. Nível crítico pelo critério da distribuição normal reduzida: uma nova proposta para interpretação foliar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 5:235-238, 2001.
- MORAIS, E.R.C; OLIVEIRA, A.A.S.; MAIA, C.E. Qualidade do solo cultivado com banana irrigada e sua relação com áreas de caatinga. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental .18:887-891, 2014.
- SANTOS, E. F.; DONHA, R. M. A.; ARAÚJO, C. M. M.; LAVRES JUNIOR, J.; CAMACHO, M. A. Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pela distribuição normal reduzida. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37: 1651-1658, 2013.
- SOUZA, H. A.; CAVALCANTE, A. C. R.; TONUCCI, R. G.; POMPEU, R. C. F. F.; SOUZA, M. C. M. R.; MAIA, C. E. Níveis críticos para atributos do solo pela distribuição normal reduzida em culturas anuais de subsistência. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18:425-430, 2014.
- TONIN, T. A.; MUNIZ, A. S.; SCAPIM, C. A.; SILVA, M. A. G.; ALBRECHT, L. P.; CONRADO, T.V. Avaliação do estado nutricional das cultivares de uva Itália e rubi no município de Marialva, Estado do Paraná. Acta Scientiarum Agronomy, 31:63-69, 2009.
- VALDEZ-AGUILAR, L. A.; REED, D. W. Growth and nutrition of young bean plants under high alkalinity as affected by mixtures of ammonium, potassium, and sodium. Journal of Plant Nutrition, 33:1472-1488, 2010.
- VASCONCELOS, L. P. Avaliação do Estado Nutricional da Bananeira cv. Pacovan na Região da Chapada do Apodi pelos métodos da Faixa de Suficiência, do Fertigrama e do DRIS. Fortaleza: UFC, 2002, 82p. Dissertação de Mestrado.

Tabela 1. Nível crítico para atributos do solo pela distribuição contínua de probabilidade reduzida (*NCR_{1z}*)

pH	Ca	Mg	Na	K	Cu	Fe	Mn	Zn	P	N
----- cmol _c kg ⁻¹ -----			----- mg kg ⁻¹ -----							
7,12	6,43	1,14	0,24	0,36	0,31	6,34	2,63	1,42	25,76	0,91

Tabela 2. Índice das características analisadas em área de bananeira irrigada da Chapada do Apodi

Área	pH	Ca	Mg	Na	K	Cu	Fe	Mn	Zn	P	N
1	0,05	-0,07	1,37	0,45	-0,36	0,30	-0,05	0,71	0,27	-0,88	0,19
2	0,00	1,64	0,75	0,90	2,49	0,63	0,58	0,60	-0,01	-0,88	0,19
3	0,04	-0,02	1,19	0,53	-0,17	-0,02	-0,05	0,45	0,20	-0,92	0,02
4	-0,04	0,76	2,50	1,73	1,16	0,30	-0,05	0,60	-0,16	-0,92	0,65
5	0,03	-0,10	1,28	0,16	0,25	-0,02	-0,05	1,70	-0,01	-0,77	0,19
6	0,04	-0,04	0,93	0,24	-0,36	0,63	-0,05	1,40	0,41	-0,96	-0,13
7	0,01	0,45	1,37	1,36	0,63	0,63	-0,05	0,41	0,13	-0,81	0,23
8	-0,04	0,45	1,10	1,40	1,16	0,30	0,26	0,98	0,20	-0,88	0,47
9	-0,04	1,18	1,63	1,69	1,99	-0,02	-0,05	0,83	0,34	-0,88	0,32
10	0,03	-0,04	1,80	0,41	-0,17	-0,02	0,10	-0,16	-0,16	-0,61	0,46
11	-0,07	0,62	1,89	1,85	1,27	0,63	-0,05	1,89	0,20	-0,88	0,04
12	0,05	0,10	1,19	0,69	0,14	-0,02	-0,21	0,29	0,27	-0,84	0,37
13	-0,02	-0,33	1,19	-0,13	-0,31	-0,02	0,10	2,04	0,41	-0,61	0,08
14	0,07	0,43	2,42	0,74	0,25	-0,02	-0,05	0,71	-0,16	-0,84	0,36
15	-0,03	0,54	1,28	2,10	0,47	0,63	0,42	0,37	-0,01	-0,88	0,34
16	0,08	3,98	1,10	3,63	2,24	-0,02	0,42	2,16	0,76	-0,88	0,88
17	0,00	-0,35	1,19	-0,21	-0,14	0,30	0,10	0,98	0,27	-0,69	0,21
18	0,03	0,37	1,45	0,69	0,14	0,30	-0,05	2,04	-0,09	-0,88	0,35
19	0,03	0,48	0,93	1,03	0,47	0,63	-0,05	0,03	0,27	-0,88	0,23
20	-0,03	1,24	0,40	1,98	1,44	0,63	0,42	0,67	0,76	-0,88	0,76
21	0,00	0,40	1,54	1,23	0,47	0,95	-0,05	0,41	0,34	-0,84	0,36
22	0,04	1,71	2,42	1,60	1,71	-0,02	0,42	-0,16	1,04	-0,84	0,57
23	-0,06	0,00	1,10	0,57	0,47	0,30	-0,05	1,44	-0,01	-0,50	0,07
24	-0,02	0,37	2,33	0,24	1,13	-0,02	-0,05	0,48	1,46	-0,26	0,45
25	0,11	3,73	1,19	2,56	5,01	0,30	-0,05	0,33	1,39	6,69	1,39
26	0,03	1,80	2,33	3,09	2,91	1,28	-0,21	0,64	-0,16	19,34	0,72
27	0,14	1,33	1,10	1,23	1,38	0,95	-0,21	1,13	-0,09	-0,26	0,34
28	0,08	2,24	1,63	2,51	1,24	0,30	-0,21	-0,01	0,41	3,50	0,85
29	-0,03	1,96	1,37	0,57	1,63	-0,02	-0,05	1,85	0,48	24,54	2,12
30	0,01	2,02	2,94	5,08	4,48	0,95	-0,05	0,18	1,11	6,92	0,46
31	0,07	2,83	2,85	5,37	1,63	0,30	0,10	0,90	1,18	5,09	1,31
32	0,03	0,71	2,24	0,36	1,58	0,30	-0,21	0,26	1,25	-0,34	0,52
33	0,12	1,33	1,54	1,27	1,02	0,30	0,26	-0,05	0,20	2,88	0,94
34	0,12	2,03	1,98	2,43	3,02	-0,02	-0,05	0,86	0,83	5,09	1,10
35	0,10	2,84	2,77	4,08	3,10	0,95	-0,05	0,60	0,06	10,88	0,86
36	0,01	1,30	1,10	6,03	0,61	0,95	-0,21	1,05	0,41	0,13	0,68
37	0,00	0,12	0,14	0,45	1,33	-0,02	0,58	0,33	0,20	4,40	0,53
38	0,08	1,54	0,93	2,27	1,02	0,95	-0,21	0,56	-0,16	2,49	0,47