

COEFICIENTE DE CULTIVO E EXTRAÇÃO DE NITRATO E POTÁSSIO DA BANANEIRA ‘PRATA GORUTUBA’

BEATRIZ SANTOS CONCEIÇÃO¹; EUGÊNIO FERREIRA COELHO²; MAURO APARECIDO MARTINEZ³; JOSÉ ANTONIO DO VALE SANT’ANA⁴; JOÃO JOSÉ DA SILVA JUNIOR⁵ E ALISSON JADAVI PEREIRA DA SILVA⁶

¹ Instituto Federal do Mato Grosso, IFMT, Avenida Vilmar Fernandes,300,Confresa-MT,e-mail: biasantos1@hotmail.com

²Embrapa Mandioca e Fruticultura, Rua Embrapa s/n, caixa postal 007, Cruz das Almas- BA, e-mail: eugenio.coelho@embrapa.br

³Departamento de Engenharia Agrícola ,UFV, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa – MG. CEP: 36570-900, e-mail: mmauro@ufv.br

⁴Instituto Federal do Mato Grosso, IFMT, Avenida Vilmar Fernandes,300,Confresa-MT,e-mail: jose.santana@cfs.ifmt.edu.br

⁵Universidade de Brasília, UNB, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília-DF,e-mail: joaojsjunior@outlook.com

⁶Instituto Federal Baiano, IFBaino,Estrada da Igara, s/n-Zona Rural, Senhor do Bonfim-BA e-mail: alissonagr@gmail.com

1 RESUMO

Objetivou-se com este estudo determinar o coeficiente de cultivo (Kc) para bananeira ‘Prata Gorutuba’ e avaliar a quantidade de nitrato e potássio extraído pela cultura em lisímetro de drenagem, em condições de fertirrigação. Os tratamentos utilizados foram obtidos pela combinação de dois tipos de solos de textura distinta (Argiloso arenoso e Areia franca) e três concentrações (3,0 g L⁻¹, 6,0 g L⁻¹ e 9,0 g L⁻¹) para aplicação do nitrato de potássio na água de irrigação, que foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Os maiores valores médios da evapotranspiração foram obtidos para o solo argilo arenoso, fato refletido no Kc, em que esse solo apresentou maiores valores, o que pode ser atribuída as diferenças de evaporação da água no solo. Em todas as três concentrações avaliadas a quantidade de nitrato e potássio extraído foi crescente até a fase de floração, havendo decréscimo na fase de floração a frutificação, sendo as quantidades de potássio extraído superiores aos valores de nitrato. Verificou-se que qualquer uma das três concentrações (3,0; 6,0 e 9,0 g L⁻¹) podem ser utilizadas na fertirrigação com nitrato de potássio sem prejuízos para cultura, conforme os valores de nitrato observados na solução do solo que ficaram dentro dos limites aceitáveis (abaixo de 400 mgL⁻¹).

Palavras-chave: Evapotranspiração; Fertirrigação; Absorção.

CONCEIÇÃO, B. S.; COELHO, E. F.; MARTINEZ, M. A.; SANT’ANA, J. A. V.;
SILVA JUNIOR, J. J. da; SILVA, A. J. P. da
CROP COEFFICIENT AND EXTRACTION OF NITRATE AND POTASSIUM
FROM “PRATA GORUTUBA” BANANA

2 ABSTRACT

The objective of this paper was to determine the cultivation coefficient (K_c) for “Prata Gorutuba” banana and to evaluate the amount of nitrate and potassium extracted by the crop in a drainage lysimeter under fertigation conditions. The treatments were obtained by the combination of two types of different textured soils and three concentrations for the application of potassium nitrate in irrigation water, which were distributed in a completely randomized experimental design with four replications. The highest mean values of evapotranspiration were obtained for sandy clay soil, a fact reflected in K_c , in which this soil had higher values, which can be attributed to differences in water evaporation in the soil. In all three concentrations evaluated, the amount of nitrate and potassium extracted increased until the flowering phase, with fruiting decreasing in the flowering phase, with the amount of potassium extracted being higher than the nitrate values. It was found that any of the three concentrations (3, 6 and 9 g L⁻¹) can be used in fertigation with potassium nitrate without crop damage, according to the nitrate values observed in the soil solution, which were within acceptable limits (Below 400 mg L⁻¹).

Keywords: Evapotranspiration; Fertigation; Absorption.

3 INTRODUÇÃO

A água é um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento da cultura da bananeira, com especial importância em determinadas fases fenológicas, em que a sua deficiência pode comprometer de maneira mais ou menos significativa a produtividade. A limitação de água é um fenômeno universal e representa grande obstáculo na produção de banana (RAVI et al., 2013; MUTHUSAMY et al., 2014; KISSEL et al., 2015). Além da precipitação, outra variável agrometeorológica que possui uma grande importância para o desenvolvimento da cultura é a evapotranspiração (STEDUTO et al., 2012).

O balanço de água na zona radicular das culturas tem sido empregado principalmente em experimentos com uso de lisímetro, que provê precisão na determinação dos componentes, além da contabilização dos termos de drenagem do perfil (SILVA et al., 2003). Conforme Santos et al. (2009) a prerrogativa do uso de lisímetros de drenagem em confronto ao uso do balanço hídrico no campo está relacionada a uma avaliação mais precisa do termo de fluxo de drenagem vertical, que pode ser medido diretamente ao se isolar os fluxos subterrâneos laterais interferentes, dada a presença das paredes, e ao baixo custo de implantação do equipamento.

Segundo Freitas, Ramos e Costa (2007) o tipo de solo e as condições climáticas, o consumo de água pela bananeira pode variar de 3 a 8 mm dia⁻¹ e a absorção de K pela bananeira é função da quantidade de matéria seca produzida pela planta (HOFFMANN et al., 2010) e torna-se mais eficiente em áreas irrigadas, especialmente sob fertirrigação (TEIXEIRA; QUAGGIO; MELLIS, 2011).

Os níveis de nitrato na água devem ser inferiores a 10 mg L⁻¹, enquanto no solo até 400 mg L⁻¹, são mais adequados às culturas (DIMENSTEIN, 1999; TEIXEIRA; COELHO; BARROS, 2014). O monitoramento constante de nitrato na solução do solo torna-se imprescindível para um manejo racional da fertirrigação. Quando a concentração de nitrato atinge valores acima de 10 mg L⁻¹ na água de consumo humano, considerado como limite crítico pela legislação brasileira (BRASIL, 2005), pode causar problemas à saúde dos consumidores.

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo determinar o coeficiente de cultivo (Kc) para bananeira 'Prata Gorutuba' e avaliar a quantidade de nitrato e potássio extraído pela cultura em lisímetro de drenagem, em condições de fertirrigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura (CNPMPF), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), situado no município de Cruz das Almas – BA (12°40'12" S; 39°06'07" W; 220 m de altitude), de acordo com Melo Filho, Souza e Souza (2007) o clima é Aw a Am, tropical quente e úmido, segundo a classificação de koppen. A cultivar utilizada para o estudo foi a 'Prata Gorutuba' (Musa AAB 'Prata Anã' clone: Gorutuba).

Os tratamentos utilizados neste experimento foram obtidos pela combinação de dois solos de textura distintas (Argilo arenoso e Areia franca) e três concentrações (3,0, 6,0 e 9,0 g L⁻¹) para aplicação do nitrato de potássio na água de irrigação em bananeira 'Prata Gorutuba', totalizando seis tratamentos (solo Argilo arenoso com 3 g L⁻¹ (T1), solo Argilo arenoso com 6,0 g L⁻¹ (T2), solo Argilo arenoso com 9,0 g L⁻¹ (T3), solo Areia franca com 3,0 g L⁻¹ (T4), solo Areia franca com 6,0 g L⁻¹ (T5), e solo Areia franca com 9,0 g L⁻¹ (T6), que foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. As repetições foram compostas pelos quatro planos radiais, contendo sondas de TDR (instaladas a 0,20, 0,40, 0,60 e 0,80 m de distância e profundidade (r,z)) e extratores de soluções, em cada lisímetro.

Os lisímetros apresentam capacidade de 5,0 m³, medindo 2,0 m de largura, 2,5 m de comprimento e 1,0 m de profundidade. Para induzir um sistema de drenagem livre, o último 0,2 m do perfil foi dividido em duas camadas de 0,1 m, sendo a inferior composta por um sistema de drenagem com tubos de PVC de 0,05 m perfurados e brita zero e a superior com areia lavada. Foram feitas as amostragens dos solos antes do plantio da bananeira e encaminhadas para Laboratório de solos e nutrição de plantas da Embrapa – CNPMPF para análises químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química dos solos estudados.

Características	Solo Argilo arenoso	Solo Areia franca
	Valores dos parâmetros	
pH	5,0	7,6
P(mg d ⁻³)	2,0	28,0
K(cmolc dm ⁻³)	0,06	0,06
Ca(cmolc dm ⁻³)	0,68	1,41
Mg(cmolc dm ⁻³)	0,46	0,30
Ca+Mg(cmolc dm ⁻³)	1,14	1,71
Al(cmolc/dm ³)	0,5	0,0
Na(cmolc dm ⁻³)	0,33	0,02
H+Al(cmolc dm ⁻³)	3,19	0,00
SB	1,53	1,84
CTC	4,72	1,84
V(%)	32,0	100
MO(g kg ⁻³)	12,0	9,0

P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; Na: Sódio; H: hidrogênio, SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V%: saturação por bases; M.O: matéria orgânica.

No solo areia franca os valores de pH foram alto, possivelmente devido a calagem realizada no início do experimento e as aplicações de nitrato potássio. Alves et al. (2010) cita que o uso das fontes amoniacais reduz o pH e uma forma de contornar esse problema é o uso de uma fonte amoniacal conjugada com uma fonte nítrica, a qual promove aumento do pH.

Na Tabela 2 são mostradas as características físicas dos dois tipos de solo utilizados nos lisímetros.

Tabela 2. Característica física do solo do lisímetro.

Características	Camadas de solo (m)							
	0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8
	Solo Areia franca				Solo Argilo arenoso			
Ps(%)	36,47	31,49	35,49	35,97	43,93	44,49	48,33	45,56
Ds(g cm ⁻³)	1,62	1,76	1,71	1,66	1,41	1,46	1,34	1,40
Areia(%)	84,65	84,80	84,90	83,90	51,40	47,60	51,40	47,00
Silte(%)	8,75	8,65	8,50	9,55	10,10	9,90	7,10	8,50
Argila(%)	6,60	6,55	6,60	6,55	38,50	42,50	41,50	44,50

Ps: porosidade; Ds: densidade do solo.

As práticas usuais da condução de um bananal (desbaste, desfolha, escoramento, poda do coração, controle de doenças, pragas e invasoras) foram realizadas de acordo com as necessidades, conforme Borges e Souza (2004). A adubação foi feita conforme recomendações de Borges e Souza (2004), sendo a fertirrigação numa frequência semanal.

As fases de desenvolvimento da bananeira foram: inicial: 15/11/2014 a 01/04/2015 - 1 a 138 dias após o plantio (DAP); crescimento vegetativo: 02/04 a 20/07/2015 - 139 a 248 DAP; floração: 21/07/2015 à 07/09/2015 - 249 a 297 DAP crescimento dos frutos: 07/09/2015 à 02/12/2015 - 298 a 383 DAP. A emissão da inflorescência da bananeira plantada no solo argilo arenoso ocorreu no dia 21/07/2015 e na areia franca em 10/08/2015.

O manejo da irrigação foi realizado com base nos dados de teor de água medido por meio das sondas de TDR, sendo calculado o volume de água necessário para retornar os valores

de teores de água à capacidade de campo. Utilizou-se água de abastecimento da Empresa Baiana de Águas e Saneamento - EMBASA ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$). A irrigação foi realizada com turno de rega fixo, com intervalo de dois dias, portanto a lâmina de irrigação foi variável, adotando como referência os dados de disponibilidade de água no solo.

Para determinação do teor de água volumétrico, a partir da constante dielétrica aparente (K_a), foi realizada previamente a calibração da TDR para os solos avaliados conforme as equações 1 e 2.

$$\theta_{\text{Areiafranca}} = 4.10^{-5} \varepsilon^3 - 0,0012 \varepsilon^2 + 0,0277 \varepsilon - 0,1238 \quad \text{Eq. 01}$$

$$\theta_{\text{Argiloarenoso}} = 6.10^{-5} \varepsilon^3 - 0,0032 \varepsilon^2 + 0,0631 \varepsilon - 0,2422 \quad \text{Eq. 02}$$

Em que,
 ε - constante dielétrica do solo.

A precipitação foi medida por meio de um pluviômetro instalado na área próxima ao lisímetro, sendo incluída no cálculo da irrigação. As lâminas drenadas nos lisímetros foram medidas nas saídas dos sistemas de drenagem. Desta forma o armazenamento de água no solo foi calculado para os quatro planos radiais ($0,20 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$), correspondentes às distâncias horizontais e verticais ($0,20$; $0,40$; $0,60$ e $0,80 \text{ m}$), utilizando a equação 3:

$$A(z) = \int_0^L \theta(z) dz \quad \text{Eq. 03}$$

Em que:

$\theta(z)$ = é a função representativa do perfil de umidade ($\text{L}^3 \text{ L}^{-3}$);

z = coordenada vertical (L);

L = é a profundidade total (L);

$A(z)$ = armazenamento de água no solo (L).

Para resolução da integral numérica utilizou-se da regra de Simpson.

A evapotranspiração da cultura foi obtida por meio da equação 4. O balanço de água do solo foi realizado com as lâminas de água infiltrada e extraída do sistema nos tempos imediatamente antes da irrigação do dia, após a irrigação e antes da próxima irrigação.

$$\Delta A = I + P - D - ET \quad \text{Eq. 04}$$

Em que:

ΔA = variação do armazenamento (L);

I = irrigação (L);

P = Precipitação (L);

D = drenagem (L);

ET = Evapotranspiração (L).

Os valores de K_c foram determinados pela equação 5.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad \text{Eq. 05}$$

Em que:

K_c é o coeficiente de cultura,

ET_c é a evapotranspiração da cultura (L);

ET_0 é a evapotranspiração referência (L).

Para determinação da evapotranspiração de referência (ET_0) utilizou-se a equação Penman-Monteith parametrizada pela FAO (ALLEN et al., 1998). Os dados diários de variáveis meteorológicas indispensáveis para estimativa da ET_0 , como temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade do vento, precipitação e radiação solar foram monitorados pela estação meteorológica situada na Embrapa no município de Cruz das Almas – BA.

No que diz respeito à quantidade de nitrato e potássio (g), obteve a massa real por meio da concentração ($g\ m^{-3}$) multiplicado pela umidade ($m^3\ m^{-3}$) e pelo volume do solo (m^3). A extração dos íons nitrato e potássio no lisímetro foram realizados considerando a diferença entre as quantidades dos nutrientes na solução do solo no tempo antes a fertirrigação (j), após a fertirrigação (j+1), e no final do período avaliado (j+2). A média da concentração de nitrato no perfil, foi obtida por meio da integral em z (profundidade) para cada distância e depois uma integral em R com os resultados das integrais em z.

A extração da solução do solo foi realizada aplicando-se uma sucção de 70 kPa e quatro horas após foi realizada a coleta das amostras de solução do solo. O efluente coletado do fundo do lisímetro na estação de coleta foi analisado, a fim de determinar a quantidade total de nitrato ou potássio lixiviado num tempo antes e após a fertirrigação (Δt).

A quantidade de nitrato e potássio extraído pela planta foi obtida após a determinação dos demais componentes do balanço (Eq. 6) e esses valores foram submetidos a análise de variância e teste de médias.

$$C_{i_j} + C_{i_{atra}} - C_{i_{j+2}} - C_{i_{Lz}} = C_{i_{ext}} \quad \text{Eq. 06}$$

Em que,

C_{i_j} = quantidade média de nitrato ou potássio no perfil, imediatamente antes da fertirrigação (M);

$C_{i_{atra}}$ = quantidade média de nitrato ou potássio aplicado ao solo (tempo j+1) (M);

$C_{i_{j+2}}$ = correspondente à quantidade média de nitrato ou potássio no perfil, no final do período considerado (M);

$C_{i_{Lz}}$ = quantidade média de nitrato ou potássio lixiviado (M);

$C_{i_{ext}}$ = representa a quantidade média de nitrato ou potássio extraído pela planta (M).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos componentes do balanço hídrico, medidos nos lisímetros de drenagem, ao longo dos 359 dias após o transplante, são apresentados na Tabela 3. Os valores de ET da bananeira no solo areia franca oscilaram entre 2,18 a 3,87 $mm\ dia^{-1}$ e no solo argilo arenoso 2,77 a 4,70 $mm\ dia^{-1}$, sendo a média igual a 3,30 e 3,86 $mm\ dia^{-1}$, respectivamente (Tabela 3).

Os maiores valores médios da evapotranspiração do solo argilo arenoso pode estar relacionado com a maior presença de argila, favorecendo maiores perdas de água por evaporação. O maior raio dos poros entre partículas de areia resulta numa pequena ascensão capilar, visto que o movimento capilar é determinado pelo tamanho de poros.

Segundo Tormena, Roloff e Sá (1998), a energia de retenção de água no solo regula em parte o processo evapotranspiratório, principalmente em razão do conteúdo de água disponível refletir as alterações na estrutura e, portanto, na distribuição do tamanho dos poros.

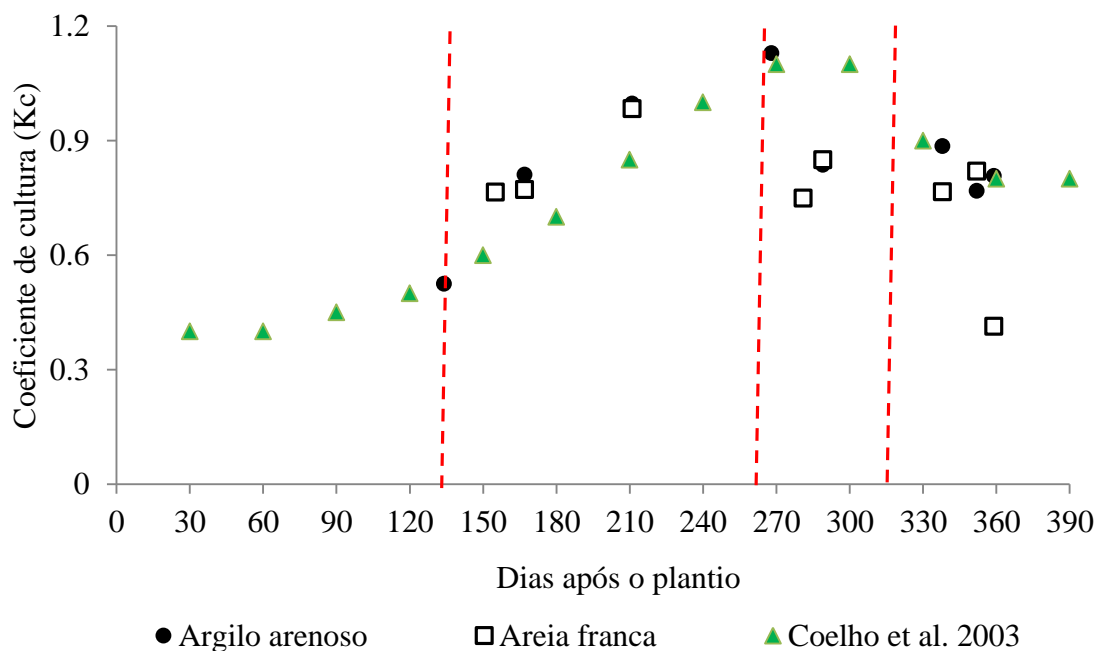
Tabela 3. Componentes do balanço hídrico da cultura da bananeira nos estádios fenológicos vegetativo, floração e frutificação, no período de 25 de março a 11 de novembro de 2015.

DAT	Estágios Fenológicos	P+I (mm)	D (mm)	ΔA (mm)	ETc (mm)	ETc (mm dia ⁻¹)
Solo areia franca						
151-157	Cres. Vegetativo	12,00	8,94	-16,32	19,38	3,23
165-170	Cres. vegetativo	13,70	2,00	-7,66	19,36	3,87
207 -214	Cres. vegetativo	21,20	8,00	-11,55	24,78	3,54
265-271	Floração	34,00	11,74	6,88	15,36	2,56
278-284	Floração	7,40	10,19	-21,97	19,2	3,20
284-293	Floração	21,20	0,38	-10,95	31,77	3,53
334-341	Cres. dos frutos	12,80	0,00	-14,23	27,02	3,86
348-355	Cres. dos frutos	22,00	0,00	-4,18	26,18	3,74
355-362	Cres. dos frutos	22,04	0,00	6,78	15,26	2,18
	Média					3,30
Solo argilo arenoso						
131-137	Cres. vegetativo	26,70	2,50	7,55	16,65	2,78
165-170	Cres. vegetativo	16,30	0,00	-4,41	20,71	4,14
207 -214	Cres. vegetativo	23,90	3,80	-5,00	25,1	3,59
265-271	Floração	38,60	5,32	5,07	28,21	4,70
278-284	Floração	10,00	2,12	-9,98	17,86	2,98
284-293	Floração	23,90	0,32	-7,69	31,27	3,47
334-341	Cres. dos frutos	19,00	0,00	-12,25	31,25	4,46
348-355	Cres. dos frutos	36,90	0,00	8,70	28,2	4,03
355-362	Cres. dos frutos	37,90	0,00	5,45	32,45	4,64
	Média					3,86

P+I - precipitação + irrigação, D – drenagem e ΔA – variação do armazenamento

Os resultados obtidos por Coelho et al. (2003) foram incorporados a evolução do Kc no primeiro ciclo da bananeira ‘Prata Gorutuba’ em função do DAP para a cultura da bananeira (Figura 1).

Figura 1. Coeficiente de cultura em função dos dias após o plantio associado aos resultados obtidos por Coelho et al. (2003).



A incorporação do Kc obtido Coelho et al. (2003) no ajuste da equação foi feita para que assim abrangesse todo o primeiro ciclo da cultura da bananeira, já que as avaliações do experimento iniciaram na fase de crescimento vegetativo, período em que a bananeira apresenta um aumento na marcha de absorção dos macronutrientes, quando há maior acúmulo de matéria seca e, conseqüentemente, de nutrientes, até o florescimento, estabilizando-se na colheita (BORGES; OLIVEIRA, 2000; SILVA; BOGES; MALBURG, 1999).

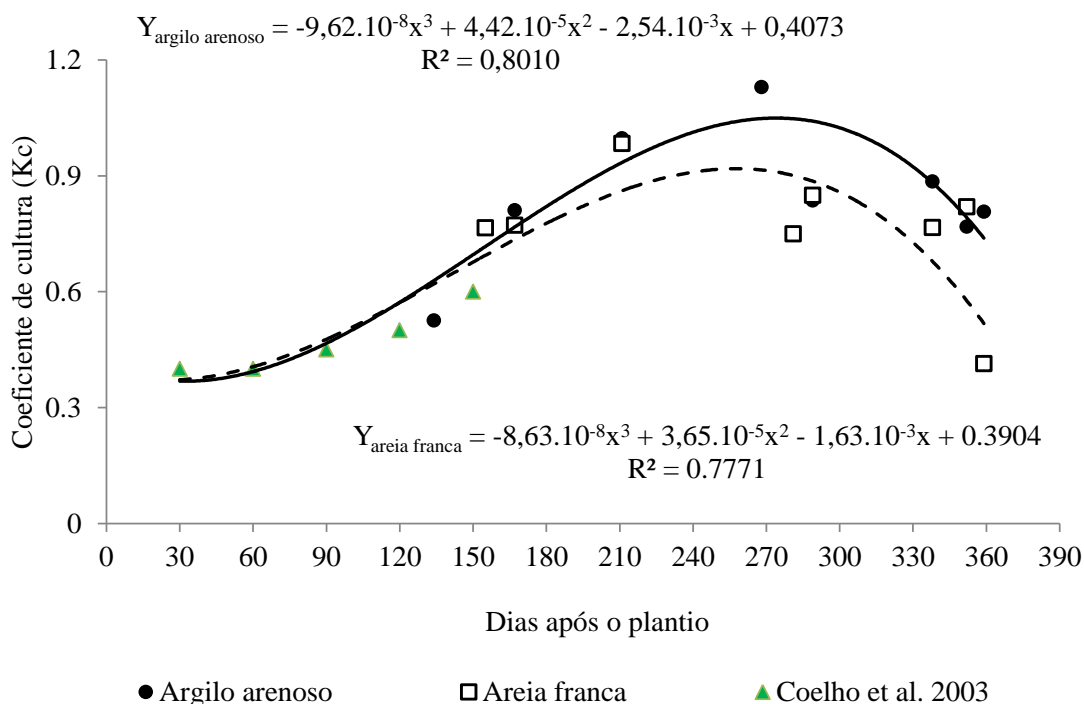
O solo areia franca apresentou valor mínimo (0,38), médio (0,74) e máximo (0,98) de Kc menores que o valor mínimo, médio e máximo do solo argilo arenoso (0,53, 0,85 e 1,13). Esses resultados estão de acordo com Coelho et al. (2003), nas condições climáticas do Norte de Minas, em que desenvolveram no ano de 2001, uma equação polinomial de ordem 3 que relaciona o Kc com os dias após o plantio (DAP) da bananeira e obtiveram valores de 0,50; 0,84 e 1,10 para o Kc mínimo, médio e máximo, respectivamente (Figura 1).

Neste caso, o Kc foi menor no solo areia franca porque a ETc (Tabela 3) foi menor, e essa pequena diferença observada em relação ao solo argilo arenoso, pode ser atribuída as diferenças de evaporação da água do solo, já que o solo com maior presença de argila armazena maiores teores de água no solo, conseqüentemente esta susceptível a maiores perda por evaporação. Segundo Yang e Yanful (2002), no que se refere aos fatores de solo que interferem na evaporação, a estrutura, a densidade, a porosidade e a condutividade hidráulica não saturada são os mais importantes, e afetam o teor de água e o fluxo de água no perfil do solo. Dalmago et al. (2010) afirmam que mais água disponível, num tempo maior de exposição às condições de demanda hídrica atmosférica, deve resultar em maior evaporação, se houver energia para o processo acontecer. Esses resultados também estão de acordo com (COELHO; LEDO; SILVA, 2006) que ao avaliarem a cultura da bananeira, cultivar Prata-Anã, na região de Cruz das Almas-Ba, observaram valores de Kc com uma amplitude de 0,58 a 1,18.

Na Figura 2 encontra-se a equação de ajuste do modelo polinomial do terceiro grau para o Kc em função do DAP associado aos resultados obtidos por Coelho et al. (2003) aos 30,60,90, 120 e 150 dias após o plantio.

O modelo polinomial de terceiro grau apresentou um coeficiente de determinação de aproximadamente 77,71% e 80,01% para o solo areia franca e argilo arenoso, respectivamente, sinalizando o bom ajuste da equação, indicando a adequação dessa equação para descrever o Kc da bananeira, cultivar 'Prata Gorutuba', em função dos dias após o plantio para região de Cruz das Almas-Ba (Figura 2).

Figura 2. Equação de ajuste para o coeficiente de cultura (Kc) em função dos dias após o plantio associado aos resultados obtidos por Coelho et al. (2003) aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o plantio.



No solo argilo arenoso as diferentes concentrações do adubo nitrato de potássio não promoveram efeito significativo na extração do nitrato pela planta da bananeira 'Prata Gorutuba'. No solo areia franca, apenas na fase crescimento dos frutos houve efeito estatístico das diferentes concentrações sobre nitrato extraído pela planta de bananeira (g dia^{-1}), em que a concentração de 3 g L^{-1} promoveu maior extração do nitrato para a bananeira Prata-Anã que 6 e 9 g L^{-1} que não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Tabela 4).

Na concentração de 9 g L^{-1} a quantidade de nitrato total extraído pela bananeira no solo argilo arenoso foram maiores do que aquelas encontradas para o solo areia franca, possivelmente em razão da alta mobilidade desse nutriente que sofre forte influência da textura do solo.

Tabela 4. Quantidade de nitrato extraído pela planta de bananeira (g dia^{-1}) nas diferentes fases fenológicas para os dois solos avaliados.

Tipo de solo	Nitrato extraído pela planta de bananeira (g dia^{-1})		
	Conc. 3,0 g L^{-1}	Conc. 6,0 g L^{-1}	Conc. 9,0 g L^{-1}
Crescimento vegetativo			
Areia franca	0,102545 A a	0,240290 A a	0,114990 B a
Argilo arenoso	0,183880 A a	0,167980 A a	0,286250 A a
Floração			
Areia franca	0,594330 A a	0,452330 B a	0,637930 A a
Argilo arenoso	0,644875 A a	0,789145 A a	0,643805 A a
Crescimento dos frutos			
Areia franca	0,462885 A a	0,269145 A b	0,252850 A b
Argilo arenoso	0,336765 A a	0,310310 A a	0,302440 A a
Nitrato total extraído (g planta^{-1})*			
Areia franca	94,36 A a	104,90 A a	81,52 B a
Argilo arenoso	106,16 A a	107,01 A a	128,54 Aa

Dentro de cada fase fenológica as médias seguidas por letras iguais em coluna (letras maiúsculas) e nas linhas (letras minúsculas), não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Este resultado é justificado pelo fato de o íon nitrato (NO_3^-) de carga negativa ser diretamente liberado na solução do solo assim que o nitrato de potássio dissolvido na água de irrigação entra no meio poroso, não sendo adsorvido pelas micelas (ALVES et al., 2010). De acordo com Muchovej e Rechcigl (1994) solos de textura arenosa tendem a permitir maiores perdas de NO_3^- por lixiviação, enquanto as menores perdas devem ocorrer em solos argilosos. Conforme Cantarella (2007) a velocidade de difusão do NO_3^- , maior em solos arenosos com pouca agregação e menor em solos argilosos com ou sem agregados de maior tamanho, afeta a taxa de lixiviação. Se a concentração de íons é maior que a capacidade de adsorção dos colóides, os íons serão lixiviados (TITO; CHAVES; GUERRA, 2012).

Os efeitos das concentrações 3 e 6 g L^{-1} na extração do potássio não diferiram entre si e foram superiores a 9 g L^{-1} na fase de floração da cultura que não diferenciou das menores (3 e 6 g L^{-1}) nas demais fases fenológicas (Tabela 5).

Tabela 5. Quantidade de potássio extraído pela planta de bananeira (g dia^{-1}) nas diferentes fases fenológicas para os dois solos avaliados.

Tipo de solo	Potássio extraído pela planta de bananeira (g dia^{-1})		
	Conc. 3 g L^{-1}	Conc. 6 g L^{-1}	Conc. 9 g L^{-1}
Crescimento vegetativo			
Areia franca	0,804935 A a	0,964025 A a	0,865195 A a
Argilo arenoso	0,843180 A a	0,895785 A a	0,809705 A a
Floração			
Areia franca	2,724320 A a	2,734210 A a	2,097950 A b
Argilo arenoso	2,732400 A a	2,759615 A a	2,099895 A b
Crescimento dos frutos			
Areia franca	0,992770 A a	1,146015 A a	0,986670 A a
Argilo arenoso	0,959865 A a	1,013995 A a	1,170920 A a
Potássio total extraído (g planta^{-1})*			
Areia franca	418,49 A a	471,61 A a	402,22 A a
Argilo arenoso	425,54 A a	444,58 A a	404,41 A a

Dentro de cada fase fenológica as médias seguidas por letras iguais em coluna (letras maiúsculas) e nas linhas (letras minúsculas), não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Não houve efeito estatístico do tipo de solo na extração do potássio pela planta da bananeira (g dia^{-1}), assim, ambos os solos se comportaram de forma semelhante na absorção de potássio para as diferentes concentrações do adubo nitrato de potássio (Tabela 5).

Teixeira, Coelho e Barros (2014) buscando definir a concentração da solução de injeção (3, 10 e 15 g L^{-1} de nitrato de potássio), mais adequada para duas frequências de fertirrigação para a bananeira Grand Naine, relataram que não houve estatisticamente nenhum efeito das diferentes concentrações e frequências de aplicação da solução injetora sobre o crescimento e produtividade da cultivar estudada. Corroborando com Barros et al. (2014) que relatam que nem a concentração da água de irrigação e nem a frequência de fertirrigação influenciaram a produtividade da cultura para as concentrações da água de irrigação de até 15 g L^{-1} .

Em todas as concentrações avaliadas a quantidade de nitrato e potássio extraído foi crescente até a fase de floração, havendo decréscimo da fase de floração a colheita, corroborando com Martin-Prévelet e Montagut (1966) que afirmam que no período que estende da floração à colheita, a absorção de nitrogênio e potássio diminui, ocorrendo uma maior redistribuição.

Em ambos os solos, as quantidades de potássio extraído (Tabela 5) foram bem superiores aos valores de nitrato (Tabela 4). Esse resultado está de acordo com Martin-Prével, Lacoelhe e Marchal (1968) que afirmam que o potássio é o macronutriente extraído em maior quantidade pela planta, por causa da ação direta nas trocas metabólicas, no transporte da seiva elaborada, na retenção de água e nas qualidades organolépticas do fruto.

Segundo Faria (1997) a quantidade total de nitrogênio absorvida é 102,3 g planta^{-1} com as plantas em 2,5 x 3,0 m. A partir dos valores médios de nitrato e potássio nas diferentes fases fenológicas (Tabela 4 e 5) e considerando o ciclo para bananeira de 383 dias, dos quais 248 dias correspondentes ao crescimento vegetativo, 49 dias a floração e 86 do crescimento dos frutos a colheita, as quantidades totais de nitrato extraído no solo areia franca foram 94,36; 104,90 e 81,52 g planta^{-1} , já no solo argilo arenoso os valores foram 106,16; 107,01 e 128,54 g planta^{-1} para as concentrações de 3, 6 e 9 g L^{-1} , respectivamente. Esses resultados corroboram com

Borges e Silva (1995) que cita que as quantidades de nutrientes encontrados na planta variaram 93,8 a 159,6 g planta⁻¹ para o nitrogênio.

No solo areia franca os valores totais de potássio extraído foram 418,49 (3 g L⁻¹), 471,61 (6 g L⁻¹), 402,22 gramas por planta⁻¹ (9 g L⁻¹), e no solo argilo arenoso foram 425,54 (3 g L⁻¹), 444,58 (6 g L⁻¹) e 404,41 gramas por planta⁻¹ (9 g L⁻¹). Segundo Faria (1997) a quantidade total de potássio absorvida foi 314,0 g planta⁻¹ com as plantas em 2,5 x 3 m. Neves et al. (1991), trabalhando com bananeira ‘Pacovan’ nos estádios de “mãe, filha e neta” relata que as plantas extraiu por touceiras, aproximadamente, 756,3 g de potássio. Borges e Silva (1995) encontraram na planta 379 a 718,5 g planta⁻¹.

Vale ressaltar que para a produção ser econômica e sustentável, deve-se adequar as quantidades e as proporções de fertilizante aplicado as necessidades nutricionais da cultura.

6 CONCLUSÕES

Os maiores valores médios da evapotranspiração foram obtidos para o solo argilo arenoso, fato refletido no Kc, em que esse solo apresentou maiores valores, o que pode ser atribuída as diferenças de evaporação da água no solo. Em todas as três concentrações avaliadas a quantidade de nitrato e potássio extraído foi crescente até a fase de floração, havendo decréscimo na fase de floração a frutificação, sendo as quantidades de potássio extraído superiores aos valores de nitrato. Verificou-se que quaisquer uma das três concentrações (3; 6 e 9 g L⁻¹) podem ser utilizadas na fertirrigação com nitrato de potássio sem prejuízos para cultura, conforme os valores de nitrato observados na solução do solo que ficaram dentro dos limites aceitáveis (abaixo de 400 mg L⁻¹).

7 AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, ao Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura (CNPMPF), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper,56).

ALVES, M. S.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S.; ANDRADE NETO, T. M. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e ureia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, p. 125-131, 2010.

BARROS, D. L.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, B. R.; SANTOS, F. P.. Resposta da bananeira grandnaine a diferentes concentrações da água de irrigação e frequências de fertirrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 23., 2014, Cuiabá. Anais... Cuiabá: SBF, 2014. p. 1-4..

- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. (Org.). **Banana produção**: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2000. p. 47-59. (Frutas do Brasil, 1).
- BORGES, A. L. SILVA, S. O. 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. F. **O Cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p. 376-449.
- COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; TEIXEIRA, A. H. C.; OLIVEIRA, S. L. **Irrigação da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Circular Técnica, 53).
- COELHO, E. F.; LEDO, C. A. S.; SILVA, S. O. Yield of banana 'Prata Ana' and 'Grande Naine' at the third cycle under microsprinkler irrigation in the coastland of Bahia State. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 435-438, 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18/03/2005, p. 58-63.
- DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; KRÜGER, C. A. M. B.; BERGONCI, J. I.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p.780-790, ago. 2010.
- DIMENSTEIN, L. **Fertirrigação**. Fortaleza: Instituto Frutal, 1999. 31 p. Curso Técnico.
- FARIA, N. G. **Absorção de nutrientes por variedades e híbridos promissores de bananeira**. 1997. 66 p. Dissertação (Mestrado no Programa de pós-graduação em Agronomia)-Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1997.
- 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.
- HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P.; GHEYI, H. R.; SOUZA JÚNIOR, R. F. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 32, p. 268-275, 2010.
- KISSEL, E.; VAN ASTEN, P.; SWENNEN, R.; LORENZEN, J.; CARPENTIER, S.C. Transpiration efficiency versus growth: Exploring the banana biodiversity for drought tolerance. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 185, p. 175-182, 2015.

MARTIN-PRÉVEL, P.; LACOEULHE, J. J.; MARCHAL, J. Les éléments minéraux dans le bananier ‘Gros Michel’ au Cameroun. **Fruits**, Paris, v. 23, n. 5, p. 259-269, 1968.

MARTIN-PRÉVEL, P.; MONTAGUT, G. Essais sol-plantesurbananeirs; fonctionsdes divers organsdansl´assimilation de P, K, Ca, Mg. **Fruits**, Paris, v.21, n.8, p.395-416, 1966.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. 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.

MUTHUSAMY, M.; UMA, S.; BACKIYARANI, S.; SARASWATHI, M.S. Computational prediction, identification, and expression profiling of microRNAs in banana (*Musa spp.*) during soil moisture deficit stress. **The Journal of Horticultural Sciences & Biotechnology**, Ashford, v. 89, n. 2, p. 208- 214, 2014.

MUCHOVEJ, R. M. C.; RECHCIGL, J. E. Impacts of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on water quality. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Ed). **Soil processes and water quality**. Boca Raton: Lewis Publication, 1994. p. 91-135.

NEVES, R. L. L.; FERREYRA, F. F. H.; MACIEL, R. F. P.; FROTA, J. N. E. Extração de nutrientesem banana (*Musa sp*) cv ‘Pacovan’. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 22, p. 115-120, 1991.

RAVI, I.; UMA, S.; VAGANAM, M. M.; MUSTAFFA, M. M. Phenotyping bananas for droughtresistance. **Frontiers in Physiology**, Ohio, v. 4, n. 1, p. 1-15, 2013.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; ZONTA, J. H.; MATOS, A. T.; OLIVEIRA, R. A. de. Uso da reflectometria no domínio do tempo para avaliar a distribuição de nitrato em colunas de solos fertirrigados. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 67-81, 2009.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 21-36, 1999.

SILVA, T. J. A.; MONTENEGRO, A. A.; RODRIGUES, J. J. V.; BONFIM, E. M. S. Aplicação de lisímetro de pesagem hidráulica na determinação da evapotranspiração de referência, em Petrolina - PE. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal v. 23, n. 3, p. 511-520, 2003.

STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop Yield Response to Water**. Rome: FAO, 2012. 505 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 66).

TEIXEIRA, J. C.; COELHO, E. F.; BARROS, D. L. Concentração da solução de injeção e frequência de fertirrigação em latossoloamarelo. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014. p. 1-6.

TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E. V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira sob irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 33, p. 272-278, 2011.

TITO, G. A.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Mobilidade do zinco e do cobre em Argissolo com aplicação de argila bentonita. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 938-945, set. 2012.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 301-309, 1998.

YANG, M. D.; YANFUL, E. K. Water balance during evaporation and drainage in cover soils under different water Table conditions. **Advances in Environmental Research**, Berkeley, v. 6, n.4, p. 505-521, 2002.