



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Pós – Graduação em Engenharia Agrícola
Área de Concentração em Irrigação e Drenagem



AARON DE SOUSA ALVES

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BANANEIRA ‘PACOVAN’ IRRIGADA COM
ÁGUA RESIDUÁRIA E FERTIRRIGADA COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

CAMPINA GRANDE, PB
FEVEREIRO DE 2013

AARON DE SOUSA ALVES

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BANANEIRA ‘PACOVAN’ IRRIGADA COM
ÁGUA RESIDUÁRIA E FERTIRRIGADA COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração:

Engenharia de Irrigação e Drenagem

Orientadora:

Prof. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima – UFCG/CTRN/UAEAg

CAMPINA GRANDE, PB

FEVEREIRO DE 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A474c Alves, Aaron de Sousa.
Crescimento e produção de bananeira 'Pacovan' irrigada com água
residuária e fertirrigada com nitrogênio e potássio / Aaron de Sousa Alves. –
Campina Grande, 2013.
121 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal
de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.

"Orientação: Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima".
Referências.

1. Irrigação Localizada 2. Água Residuária. 3. Nutrição de Plantas. I.
Lima, Vera Lúcia Antunes de. II. Título.

CDU 631.67(043)



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Pós – Graduação em Engenharia Agrícola
Área de Concentração em Irrigação e Drenagem



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

Aaron de Sousa Alves

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BANANEIRA 'PACOVAN' IRRIGADA COM
ÁGUA RESIDUÁRIA E FERTIRRIGADA COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

Aprovada em: 14 de fevereiro de 2013

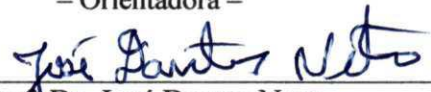
Banca Examinadora

Parecer




Prof. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima

APROVADO




Prof. Dr. José Dantas Neto
– Examinador –

APROVADO



Prof. Dra. Maria Sallydelândia Sobral de Farias
– Examinadora –

APROVADO



Prof. D. Wagner Walker de Albuquerque Alves
– Examinador –

APROVADO

CAMPINA GRANDE, PB

FEVEREIRO DE 2013

Em mais uma etapa da minha história DEUS me concedeu forças para estar aqui, neste momento único, concretizando mais um sonho, com muito orgulho.

Dedico

A meus pais, Antonio de Oliveira Alves e Maria Telma de Sousa Alves, por todo apoio, dedicação, orientação e toda confiança depositada em mim. Obrigado também pela vida, pelo carinho, paciência e incentivo durante esta caminhada.

A meus irmãos, Glauco e Napoliana, pela amizade e por estarem sempre ao meu lado. Obrigado também por sua presença nos momentos em que estive ausente e pelo amor tão abundante.

A toda a minha família pelo apoio, pela força e principalmente pela confiança em mim.

IN MEMÓRIAM: Aos meus queridos avôs materno e paterno: Raimundo de Sousa Noleto e Severino Alves da Silva.

Ofereço

Procure ser um homem de valores, antes de ser um homem de sucesso.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Campina Grande, particularmente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso e por me proporcionar uma formação profissional e humana.

Agradeço a toda minha família: pais, irmãos, avós, tios, primos e amigos.

À Professora Dr^a Vera Lúcia Antunes de Lima, pela importante ajuda, orientação, estímulo, atenção, paciência e dedicação durante este trabalho e pelos ensinamentos por ocasião do curso.

Ao Professor Dr. José Dantas Neto, pela orientação, auxílio, atenção e preciosas sugestões concebidas para a correta condução dos trabalhos.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, pelos bons ensinamentos durante estes anos de curso. Agradeço também a todos os professores das instituições de ensino por onde passei.

A Gildene Romão, pela dedicação e apoio em todos os momentos.

Ao Sr. Antônio Alves da Silva, pela enorme atenção, paciência e ajuda durante a condução dos estudos.

Aos examinadores: Professor Dr. José Dantas Neto, Professora Dr^a Maria Sallydelândia Sobral de Farias e ao Professor Dr. Wagner Walker de Albuquerque Alves, pelas providenciais contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

A todos os funcionários da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento concedido ao projeto, que originou este trabalho.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e às pessoas que ali trabalham, pelas informações prestadas e apoio aos alunos deste centro.

Aos amigos: Arsênio Pessoa de Melo Júnior, Benjamim Carvalho Lima Júnior.

Às amigas do Laca: Silvana, Joelma, Riuzuane, Denise e Navilta.

Aos colegas do curso de Mestrado e Doutorado: José Alberto Calado Wanderley, Marcos Ferreira de Mendonça, Lenildo Teixeira Souto Filho, Benjamim Carvalho de Lima Júnior, Enoque Marinho de Oliveira, Abel Henrique dos Santos Gomes, Sebastião de Oliveira Maia Júnior, Whéllyson Pereira Araújo, José Wilson da Silva Barbosa, Rosinaldo de Sousa Ferreira, Jailma Ribeiro de Andrade, Pedro Henrique Pinto Ribeiro, Denise de Jesus Lemos Ferreira, Antonio Fernandes Monteiro Filho, George do Nascimento Ribeiro, Arsênio Pessoa de Melo Júnior e Flávio da Silva Costa, por tudo que passamos juntos durante o curso.

Enfim, agradeço a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para minha qualificação profissional.

OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi

CAPÍTULO 1

Considerações Gerais	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	4
2.1. Principal	4
2.2. Específicos	4
3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESTUDO	5
3.1. Aspectos Fisiográficos do Município de Queimadas-PB	5
3.2. Aspectos Fisiográficos do Rio Bodocongó	5
3.3. Caracterização da Área Experimental	6
3.4. Clima	7
3.5. Solo	8
3.6. Delineamento Experimental	9
3.7. Cultivar Utilizada	10
3.8. Tratos Culturais	10
3.9. Irrigação e Fertirrigação	10
3.10. Variáveis Avaliadas	11
4. REFERÊNCIAS	12

CAPÍTULO 2

Irrigação com água residuária: caracterização química e aporte de nutrientes à cultura da bananeira	15
RESUMO	16
ABSTRACT	17
1. INTRODUÇÃO	18
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
2.1. Amostragem, análise e oscilação temporal da concentração dos íons na água residuária	20
2.2. Caracterização química da água residuária do Rio Bodocongó	20
2.3. Classificação iônica da água residuária do Rio Bodocongó	21
2.4. Classificação da água residuária do Rio Bodocongó para fins de irrigação	22

2.5. Aporte de nutrientes	22
2.6. Análise de dados	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1. Precipitação pluviométrica	24
3.2. Oscilação temporal da concentração dos íons na água residuária.....	25
3.3. Caracterização química da água residuária do Rio Bodocongó	26
3.4. Classificação iônica da água residuária do Rio Bodocongó	31
3.5. Classificação da água residuária do Rio Bodocongó para fins de irrigação	32
3.6. Aporte de nutrientes	34
4. CONCLUSÕES.....	40
5. REFERÊNCIAS.....	41

CAPÍTULO 3

Crescimento inicial de bananeira ‘Pacovan’ irrigada com água residuária e fertirrigada com nitrogênio e potássio.....	47
RESUMO	48
ABSTRACT	49
1. INTRODUÇÃO.....	50
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	52
2.1. Altura e diâmetro das plantas	52
2.2. Número de folhas	52
2.3. Área foliar e índice de área foliar	52
2.4. Análise estatística	53
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
3.1. Altura de plantas	54
3.2. Diâmetro do pseudocaule	60
3.3. Número de folhas	66
3.4. Área foliar e Índice de área foliar	74
4. CONCLUSÕES.....	82
5. REFERÊNCIAS.....	83

CAPÍTULO 4

Caracterização física de frutos e produtividade de bananeira ‘Pacovan’ irrigada com água residuária e fertirrigada com nitrogênio e potássio	890
RESUMO	90
ABSTRACT	91
1. INTRODUÇÃO.....	92

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	94
2.1. Variáveis de produção.....	94
a) Número de pencas por cacho (NPC).....	94
b) Número de frutos por penca (NFP).....	94
c) Número de frutos por cacho (NFC)	95
d) Comprimento médio dos frutos (CMF).....	95
e) Diâmetro médio dos frutos (DMF)	95
f) Peso médio dos frutos (PMF)	95
g) Peso médio das pencas (PMP)	96
h) Peso médio do cacho (PMC)	96
i) Produtividade da cultura (PC).....	96
2.2. Análise Estatística	97
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
4. CONCLUSÕES	115
5. REFERÊNCIAS	116
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa representativo da bacia hidrográfica do Rio Bodocongó	6
Figura 2. Detalhes da área experimental, quanto ao destaque à demarcação das parcelas experimentais, manejo das plantas, e dos restos culturais nas fileiras duplas.....	7
Figura 3. Precipitação pluviométrica ocorrida na região no período compreendido entre os meses de janeiro e novembro de 2012.	24
Figura 4. Oscilações temporais das concentrações de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- encontrados na água de irrigação aplicada à cultura da bananeira, no Agreste paraibano.....	25
Figura 5. Classificação iônica da água residuária do Rio Bodocongó, em função das diferentes épocas do ano.	31
Figura 6. Classificação da água residuária do Rio Bodocongó para fins irrigação.....	33
Figura 7. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre a altura de planta de bananeira cv. Pacovan aos 120, 180, 240, 300 360 e 420 dias de estudos.	55
Figura 8. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre a altura de plantas de bananeira cv. Pacovan aos 240, 300, 360 e 420 dias de estudos.	58
Figura 9. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre o diâmetro do pseudocaule das plantas de bananeira cv. Pacovan aos 60, 120, 180, 240, 300 360 e 420 dias de estudos.	62
Figura 10. Efeito dos diferentes níveis de potássio sobre o diâmetro do pseudocaule das plantas de bananeira cv. Pacovan aos 60, 120, 180 e 240 dias de estudos.	64
Figura 11. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre o número de folhas das plantas de bananeira cv. Pacovan aos 120, 180 e 360 dias de estudos.	68
Figura 12. Efeito dos diferentes níveis de potássio sobre o número de folhas de bananeira cv. Pacovan aos 180 e 360 dias de estudos.	69
Figura 13. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre o número de folhas por planta de bananeira cv. Pacovan aos 180, 300, 360 e 420 dias de estudos.	71
Figura 14. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre o número de folhas por planta de bananeira cv. Pacovan aos 180, 300, 360 e 420 dias de estudos.	73
Figura 15. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre a área foliar total (AFT) das plantas de bananeira cv. Pacovan aos 300 e 360 dias de estudos e índice de área foliar aos 300 e 360 dias de estudos.....	76
Figura 16. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre a área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) das plantas de bananeira cv. Pacovan aos 300 dias de estudos.	78
Figura 17. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre a área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) das plantas de bananeira cv. Pacovan aos 360 dias de estudos.	80

Figura 18. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre os componentes de produção: comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC) da cultura da bananeira cv. Pacovan.	99
Figura 19. Diâmetro médio dos frutos (DMF) de bananeiras cv. Pacovan em função dos diferentes níveis de potássio aplicados via água de irrigação.	103
Figura 20. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre os componentes de produção: comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC).....	106
Figura 21. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre os componentes de produção: comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC).....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental nas diferentes épocas de amostragens.	8
Tabela 2. Caracterização física do solo da área experimental, cujas, amostragens foram realizadas no início dos estudos.....	9
Tabela 3. Caracterização química da água residuária do Rio Bodocongó	27
Tabela 4. Aporte de nutrientes ao solo realizado com base no volume total de água residuária aplicada à cultura da bananeira durante as irrigações, nas diferentes épocas de amostragem.	34
Tabela 5. Resumos da análise de variância para a variável altura de plantas de bananeira cv. Pacovan, aos 60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420 dias de estudos.....	54
Tabela 6. Análise de Regressão dos níveis de nitrogênio em função dos níveis de potássio para a variável comprimento do pseudocaule das plantas de bananeiras cv. Pacovan, aos 240, 300, 360 e 420 dias de estudos.	57
Tabela 7. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro do pseudocaule da cultura da bananeira cv. Pacovan, aos 60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420 dias de estudos.	61
Tabela 8. Resumo da análise de variância para a variável número de folhas da cultura da bananeira cv. Pacovan, aos 60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420 dias de estudos.	67
Tabela 9. Análise de Regressão dos níveis de nitrogênio em função dos níveis de potássio para a variável número de folhas das plantas de bananeiras cv. Pacovan, aos 180, 300, 360 e 420 dias de estudos.....	70
Tabela 10. Análise de Regressão dos níveis de potássio em função dos níveis de nitrogênio para a variável número de folhas das plantas de bananeiras cv. Pacovan, aos 180, 300, 360 e 420 dias de estudos.....	72
Tabela 11. Resumo da análise de variância para as variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) da cultura da bananeira cv. Pacovan, aos 240, 300, 360 e 420 dias de estudos.	75
Tabela 12. Análise de Regressão dos níveis de nitrogênio em função dos níveis de potássio para as variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) das plantas de bananeiras cv. Pacovan, aos 300 dias de estudos.	77
Tabela 13. Análise de Regressão dos níveis de potássio em função dos níveis de nitrogênio para as variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) das plantas de bananeiras cv. Pacovan, aos 300 dias de estudos.	79
Tabela 14. Resumos da análise de variância dos componentes de produção: número de pencas por cacho (NPC), número de frutos por penca (NFP), número de frutos por cacho (NFC), comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC).	98
Tabela 15. Análise de Regressão dos níveis de nitrogênio em função dos níveis de potássio para as variáveis: comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos	

frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC).105

Tabela 16. Análise de Regressão dos níveis de potássio em função dos níveis de nitrogênio para as variáveis: comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC).109

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BANANEIRA 'PACOVAN' IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA E FERTIRRIGADA COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO

RESUMO: A aplicação de fertilizantes no momento oportuno e em quantidades adequadas através de sistemas de irrigação, assim como o aproveitamento de águas residuárias na agricultura tendo em vista a obtenção de produtividades e rentabilidades satisfatórias sem maiores danos socioeconômicos e ambientais, são fatores que requerem uma forte integração de esforços. Deste modo, considerando a importância da cultura para o atual cenário econômico nacional e o caráter pioneiro desta iniciativa no âmbito regional, propôs-se este estudo com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes níveis de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados via água residuária sobre os parâmetros de crescimento e produção da cultura da bananeira cv. Pacovan, nas condições edafoclimáticas do Agreste paraibano. O experimento foi conduzido na fazenda Ponta da Serra, município de Queimadas-PB, às margens do Rio Bodocongó, no delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições, sendo testados dois fatores: Nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de sulfato de amônio) e Potássio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de cloreto de potássio). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, avaliando-se os efeitos isolados de cada fator, bem como a interação entre eles. Assim, pode-se inferir, com base no monitoramento das características químicas da água do Rio Bodocongó, que as maiores concentrações dos íons NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, P-orto, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, CO₃⁻, HCO₃⁻ e Cl⁻, foram observadas em períodos de estiagem, ressaltando-se os teores de Na⁺, CO₃⁻, HCO₃⁻ e Cl⁻ que excedem os limites máximos tolerados pela cultura, o que a torna limitante para a irrigação, uma vez que 69,2% das amostras enquadraram-se na classe C₃ e 30,8% à classe C₄. De modo geral, os aportes de 403,32 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e 367,55 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹, provenientes da água do Rio Bodocongó, permitiram reduzir as quantidades de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados à cultura da bananeira, sem prejuízos às variáveis de crescimento e produção, em que esta se mostrou muito responsiva às aplicações dos fertilizantes nitrogenados e potássicos via fertirrigação visto que os níveis de 137,02 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e 150 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹, proporcionaram um desenvolvimento vegetativo satisfatório às bananeiras. Quanto aos componentes de produção, os melhores resultados foram obtidos no intervalo de 74,08 e 127,87 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, constatando-se acréscimos de 44,63% à produtividade da cultura.

Palavras-chave: Irrigação localizada, água residuária, nutrição de plantas

CHARACTERIZATION MORPHOAGRONOMIC OF BANANA "PACOVAN" IRRIGATED WITH WASTEWATER AND FERTIGATED WITH NITROGEN AND POTASSIUM

ABSTRACT: The Fertilizer application at the appropriate time and in adequate amounts through irrigation systems, as well as the use of wastewater in agriculture in order to obtain satisfactory yields and profitability without major socioeconomic and environmental damage are factors that require a Tight integration efforts. Thus, considering the importance of culture for the current economic scenario and the national character of this pioneering initiative at the regional level, it was proposed in this study to evaluate the effects of different levels of nitrogen and potassium fertilizers applied via wastewater on the parameters growth and crop yield of banana cv. Pacovan, at conditions of Agreste Paraiba. The experiment was conducted at the farm Ponta da Serra, municipality of Queimadas-PB, the river Bodocongó. Where were tested two factors: Nitrogen (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹, in the form of ammonium sulfate) and Potassium (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹ year⁻¹, in the form potassium chloride), in randomized blocks with 4 x 4 factorial design with three replications. The results were submitted to analysis of variance and regression, assessing the isolated effects of each factor as well as the interaction between them. Through the results it can be inferred that wastewater from the river offers Bodocongó risks to soil salinization, which is why its use in irrigated agriculture must be accompanied with caution, due to the large amounts of ions found in its composition and also are transported in large quantities to the ground through the irrigation, which makes limiting the continued use in irrigation production systems. So should give preference to irrigation of crops with high tolerance to salinity, since grown in well-drained soil and permeable. Moreover, the levels of nitrogen and potassium found in wastewater Bodocongó River, have reduced the amount of fertilizer nitrogen and potassium applied by fertigation, without damage to vegetative growth and crop yield. Where the application of 137,02 kg N ha⁻¹ year⁻¹ and 150 kg K ha⁻¹ year⁻¹, in the forms of ammonium sulfate and potassium chloride, respectively, entrusted a satisfactory vegetative growth from banana plants. Already with the application of 100 kg N ha⁻¹ year⁻¹ obtained an increase of 42,26% to the average weight of the bunches and 46,6% of the crop yield.

Keywords: located Irrigation, wastewater, plant nutrition.

Capitulo 1

Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

O incremento de novas áreas irrigadas no Brasil, em especial no semiárido nordestino, tem exigido constantemente o aperfeiçoamento de técnicas adequadas de cultivo que apontem para o aproveitamento racional dos recursos naturais e agrícolas, em que o suprimento adequado de água e nutrientes às culturas, por meio das irrigações, são algumas das dificuldades que se enfrenta neste processo, exigindo de pesquisadores e cientistas o aprimoramento de técnicas adequadas de manejo, que propiciem um controle de qualidade eficiente e seguro, garantindo a produção e a preservação de tais recursos. Permitindo o desenvolvimento de sistemas de produção agrícolas mais eficientes e seguros. Principalmente em se tratando de culturas que apresentam ampla importância econômica, a exemplo da cultura da bananeira.

Dentre as culturas agrícolas, a bananicultura é uma das mais importantes, estendendo-se por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, ocupa uma área de aproximadamente 4,8 milhões de hectares, e apresenta uma produtividade média de $19 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e uma produção total que ultrapassa os 95,6 milhões de toneladas, gerando receitas de quase 8,5 bilhões de dólares ao ano, beneficiando muitos países em desenvolvimento (AGRIANUAL, 2010). No Brasil, a produção de banana alcançou valores da ordem de 7,5 milhões de toneladas (IBGE, 2011). O Nordeste se destaca como a principal região produtora, sendo responsável por cerca de 35,80% da produção nacional (SANTOS et al., 2009). O que corresponde a aproximadamente 2,92 milhões de hectares (SENA, 2011). Na Paraíba, a bananeira é cultivada em todo o Estado, abrangendo as Mesorregiões da Mata, Agreste, Borborema e Sertão Paraibano (LOPES et al. 2008). Cujas, área colhida em 2002 foi de aproximadamente 17 mil hectares com rendimento médio de $16,9 \text{ t ha}^{-1}$ (LOPES e ALBUQUERQUE, 2004). Em termos percentuais, a Mesorregião Agreste paraibano é responsável por 89% da área plantada no Estado (LOPES et al. 2008).

Embora o Brasil se configure como grande produtor de bananas, sua produtividade é considerada baixa (FERNANDES et al., 2008). Em 2009, enquanto a Indonésia produziu 59 t ha^{-1} , e a África do Sul e Costa Rica produziram mais de 49 t ha^{-1} , no Brasil a produtividade alcançada não ultrapassou os $13,7 \text{ t ha}^{-1}$ (FAO, 2011). Essa baixa produtividade observada pode estar relacionada a problemas de suprimento nutricional e hídrico (SANTOS et al., 2009). Uma vez que estudos sobre nutrição mineral em bananeira têm demonstrado exigências nutricionais elevadas, ressaltando a importância do fornecimento equilibrado dos nutrientes para a obtenção de produções econômicas (MELO et al., 2010).

No semiárido brasileiro, em especial nas regiões em que as precipitações pluviométricas são insuficientes para atender às necessidades hídricas das culturas, a intensificação das explorações agrícolas sob condições irrigadas vem se estabilizando como uma alternativa viável para obtenção de produtividades mais elevadas. Havendo, porém, a necessidade de se buscar alternativas que minimizem os impactos ambientais decorrentes do processo de irrigação, e principalmente dos custos de produção. Neste sentido, o fornecimento de nutrientes à cultura via água de irrigação, em quantidades adequadas e no momento oportuno, parece ser uma alternativa tecnológica economicamente viável e ecologicamente correta, para o processo de produção da bananeira.

Conforme Teixeira et al. (2011), a irrigação e a adubação são condições essenciais para a prática da agricultura intensiva. No entanto, deve-se ter especial atenção quanto ao uso de nutrientes, visando aumentar a eficiência de sua utilização, quantificando níveis adequados e conhecendo a magnitude e a velocidade das suas transformações (ALVES et al., 2010). Sendo necessária a compreensão desses fenômenos, de modo a gerar subsídios para implementação de programas de prevenção e minimização de impactos ambientais negativos que estão diretamente associados aos usos que se faz da bacia hidrográfica (ALMEIDA et al., 2003). Estes mesmos autores argumentam ainda que um dos maiores desafios da agricultura atual é o aumento da competitividade associada à preservação do meio ambiente. Dentre os nutrientes requeridos em maiores quantidades, destacam-se o potássio e o nitrogênio, sendo estes indispensáveis ao incremento da produtividade da bananeira (TEIXEIRA, 2000; SILVA et al., 2003). Neste sentido, Sousa et al. (2004), afirmam que esses nutrientes são absorvidos e exportados em grandes quantidades pela bananeira e quando não repostos ao solo, podem provocar declínio na produtividade e na qualidade dos frutos.

Embora a fertirrigação esteja sendo utilizada em algumas áreas irrigadas no Brasil, a falta de informações, principalmente sobre dosagens, tipo de fertilizantes mais recomendados, prevenção à formação de precipitados, modo e época de aplicação, reflete a necessidade de se realizar pesquisas nesta área, levando em consideração as diversas condições do País (PEIXOTO et al., 2006).

2. OBJETIVOS

2.1. Principal

Avaliar os efeitos de diferentes níveis de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados via água residuária sobre os parâmetros de crescimento e produção da cultura da bananeira cv. Pacovan, nas condições edafoclimáticas do Agreste paraibano.

2.2. Específicos

1. Realizar o monitoramento da qualidade química da água do Rio Bodocongó, que recebe esgotos domésticos da cidade de Campina Grande-PB, bem como, quantificar o aporte de nutrientes ao solo por meio da irrigação da cultura da bananeira cv. Pacovan na região do Agreste paraibano.
2. Avaliar os efeitos de diferentes níveis de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados via água residuária sobre as características de crescimento da cultura da bananeira cv. Pacovan, no Agreste paraibano.
3. Avaliar os efeitos de diferentes níveis de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados via água residuária, sobre as características de produção da cultura da bananeira cv. Pacovan, no Agreste paraibano.

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESTUDO

Para evitar repetição de alguns itens nos capítulos que compõem os trabalhos realizados com o estudo proposto, optou-se pela descrição única de algumas informações gerais, que caracterizam a pesquisa. Desta forma, as informações específicas correspondentes aos procedimentos adotados para execução dos trabalhos, exclusivos de cada capítulo, podem ser evidenciadas nos seus respectivos procedimentos metodológicos.

3.1. Aspectos Fisiográficos do Município de Queimadas-PB

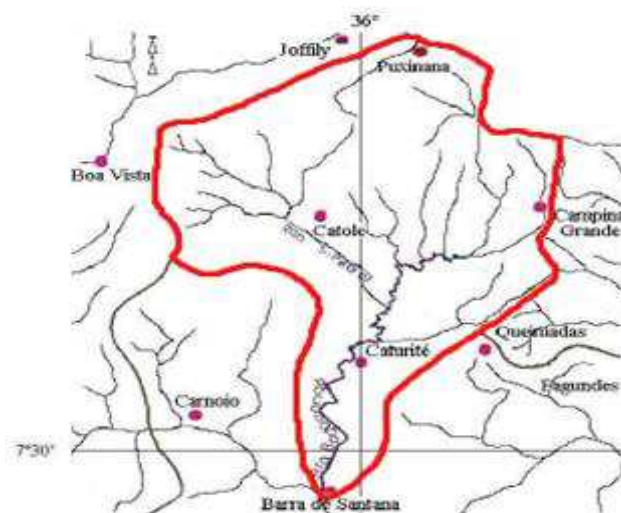
O município possui uma extensão territorial de aproximadamente 409 km² e uma população de quase 40 mil habitantes; está localizado na mesorregião do Agreste Semiárido paraibano, sob as seguintes coordenadas geográficas 07° 21' 29" de latitude Sul e 35° 53' 53" de longitude Oeste, sendo uma das oito cidades pertencentes à Microrregião de Campina Grande. Encontra-se a aproximadamente 450 m acima do nível do mar e cerca de 117 km da capital João Pessoa e a 15 km da cidade de Campina Grande. Está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, apresentando relevo predominantemente suave-ondulado, vales estreitos, com vertentes dissecadas. Parte de sua área, a norte, encontra-se na unidade geoambiental do Planalto da Borborema. Sua vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifolia (MASCARENHAS et al., 2005). Com respeito aos solos, Mascarenhas et al. (2005) enfatizam que nos Patamares Compridos e Baixas Vertentes do relevo suave ondulado, ocorrem os Planossolos, mal drenados, com fertilidade natural média e problemas de sais; nos Topos e Altas Vertentes estão os Luvisolos Crômicos Órticos típicos, rasos e com fertilidade natural alta; nos Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado ocorrem os Argissolos Amarelos, bem drenados, com fertilidade natural média e nas Elevações Residuais encontram-se os Neossolos Litólicos, rasos, pedregosos e com fertilidade natural média.

3.2. Aspectos Fisiográficos do Rio Bodocongó

A Sub-bacia hidrográfica do Rio Bodocongó (Figura 1) está localizada na região Sudeste do Estado da Paraíba, abrange uma área de aproximadamente 981 Km² e é parte integrante da Bacia do Rio Paraíba (CEBALLOS et al., 2001). Suas nascentes estão localizadas no município de Puxinanã a 691 m de altitude, sob as seguintes coordenadas

geográficas 35° 57' W e 7° 33' S; a partir deste ponto o rio segue seu curso natural, passando pelos municípios de Campina Grande, Caturité e Queimadas, no sentido Norte-Sul até desaguar no Rio Paraíba, sob as coordenadas de 35° 59' W e 7° 33'2 S, no município de Barra de Santana a uma altitude de 350 m. Apresentando, assim, uma extensão de aproximadamente 75,5 km e largura variando de 6 a 12 m em função dos períodos de estiagem e chuvoso apresentando, em seu leito, uma morfologia bastante variada (MAYER et al., 1998).

Soares et al. (2001) destacam, ainda, que o Rio Bodocongó apresentava, originalmente, um regime intermitente mas que é perenizado no trecho que corta a cidade de Campina Grande à jusante do Açude de Bodocongó, em função das constantes descargas de esgotos “in natura” e cerca de $0,26 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de efluentes provenientes da Estação de Tratamento de Esgotos - ETE do município de Campina Grande. Em meio a esta problemática, Mayer et al. (1998) destacam que em toda a sua extensão estão estabelecidos um grande número de pequenos e médios agricultores, desenvolvendo irrigação irrestrita de diversas culturas tais como: hortaliças, culturas anuais, fruteiras e pastagens. Além desta prática, suas águas também são utilizadas pela população ribeirinha para a realização de trabalhos domésticos, dessedentação de animais, recreação, fabricação de tijolos, e lavagem de roupas e utensílios domésticos.



Fonte: <http://nossobodocongo.blogspot.com.br/2011/08/mapa-da-bacia-do-rio-bodocongo.html>

Figura 1. Mapa representativo da bacia hidrográfica do Rio Bodocongó

3.3. Caracterização da Área Experimental

Os estudos foram conduzidos em nível de campo, sob condições normais de temperatura, fotoperíodo e umidade relativa do ar, em uma área experimental de

aproximadamente 2500 m², situada às margens do Rio Bodocongó, na fazenda Ponta da Serra, município de Queimadas-PB, no período compreendido entre os meses de setembro de 2011 e novembro de 2012. A área experimental encontra-se a apenas 2,5 km da rodovia PB-148, que liga a cidade de Queimadas a Boqueirão, localizada sob as seguintes coordenadas geográficas: 07^o 22' 27,49" de latitude Sul e 35^o 59' 51,77" de longitude Oeste, a uma altitude de aproximadamente 410 m acima do nível do mar (Figura 2).



Figura 2. Detalhes da área experimental quanto ao destaque à demarcação das parcelas experimentais, manejo das plantas, e dos restos culturais nas fileiras duplas

3.4. Clima

Conforme classificação de Köppen, a região encontra-se em uma zona de transição climática entre os tipos As (quente e úmido com chuvas de outo - inverno) e Bsh (semiárido quente, também chamado agreste semiárido ou tropical semiárido), sofrendo influência de ambos. A região está inserida, ainda, no domínio da bacia hidrográfica do rio Paraíba, mais precisamente no médio curso do rio, em área de influências climáticas entre a Zona da Mata e Sertão (SILVA e ALMEIDA, 2011). Apresenta também períodos chuvosos bastante distintos, situando-se entre os meses de outubro e abril na região mais seca (Sertão) e entre os meses de janeiro e junho, na região de clima mais ameno (Agreste). Com precipitações pluviométricas variando de 500 a 800 mm anuais (SILVA et al, 2003). Temperaturas médias anuais situadas entre 19 e 30 °C, mínima e máxima, respectivamente, cujo, regime pluvial se caracteriza por um inverno temperado e chuvoso, de março a julho (com maiores precipitações em maio) e verão seco e quente, com um período de estiagem que se estende de setembro a fevereiro (MAYER et al., 1998).

3.5. Solo

Com base nos resultados das análises granulométricas o solo do local possui classificação textural do tipo franco-arenosa (Tabela 1) e relevo tipicamente suave-ondulado, do qual, com um trado tipo sonda, foram realizadas diversas amostragens a uma profundidade de 0 - 40 cm, para determinação dos teores de nutrientes e composição granulométrica, em meio às irrigações com água poluída do Rio Bodocongó e as fertirrigações nitrogenadas e potássicas; a primeira amostragem (A) foi efetuada dentro da área experimental, porém fora do alcance do raio molhado dos microaspersores configurando-se, portanto, em uma área sem irrigação; a segunda amostragem (B), por sua vez, foi realizada imediatamente antes das aplicações dos fertilizantes, via água de irrigação, nas entrelinhas das áreas úteis de cada parcela experimental; já a terceira amostragem (C) foi realizada ao final do experimento, sendo esta também coletada nas entrelinhas das áreas úteis de cada parcela experimental.

Em cada parcela experimental foi obtida uma amostra composta a partir de três amostras simples, na respectiva profundidade amostrada, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificadas e encaminhadas para posterior análise no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, da Universidade Federal de Campina Grande – CTRN/UFPG. O teor de nitrogênio no solo foi estimado com base na matéria orgânica; os valores de alguns atributos químicos e físicos do solo, conforme cada época de amostragem encontram-se respectivamente, descritos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental nas diferentes épocas de amostragens. Onde: A = amostragem realizada na área experimental, porém sem presença de irrigação; B = amostragem realizada na área experimental no início dos estudos e C = amostragem efetuada na área experimental ao término dos estudos

Amostras	pH H ₂ O	Complexo Sortivo										
		MO %	N	P	K	Ca	Mg	Na	H ⁺	Al ³⁺	SB	CTC
Estrato de saturação												
Amostras	pH H ₂ O	Cl	CO ₃	HCO ₃	Ca	Mg	K	Na	CE _{es}	RAS		
		cmol _c L ⁻¹								dS m ⁻¹		
A	8,08	2,64	0,15	5,76	0,42	13,50	4,28	0,44	0,00	0,00	18,64	18,64
B	7,90	1,12	0,43	5,25	0,43	6,98	6,99	2,34	0,00	0,00	16,74	16,74
C	8,02	1,39	0,08	5,31	0,56	6,47	7,14	2,71	0,00	0,00	16,88	16,88
A	7,80	1,75	0,00	2,90	1,50	3,25	0,37	2,28	0,45	1,48		
B	7,07	16,08	0,00	4,68	1,98	4,07	0,27	12,67	1,80	7,17		
C	7,62	18,17	0,00	4,03	1,85	5,25	0,25	14,35	2,22	7,59		

Tabela 2. Caracterização física do solo da área experimental, cujas, amostragens foram realizadas no início dos estudos

Granulometria			Porosidade	Densidade do solo	Densidade de partículas	Umidade		Água disponível
Areia	Silte	Argila				0,33 atm	15,0 atm	
..... % g cm ⁻³ %		
69,48	19,18	11,36	48,20	1,37	2,65	19,61	9,11	10,52

Com base nos resultados expostos na Tabela 1 percebe-se que com exceção dos teores de Al³⁺ que foram nulos e da matéria orgânica, que apresentou teores variando de médio (B e C) a bom (A), os demais elementos determinados nas análises de solo apresentaram seus teores bastante elevados, segundo classificação proposta por Alvarez et al. (1999), independente do local e época de amostragem. Nestas condições, as sugestões de adubação de manutenção para a cultura da bananeira serão de 135 kg de N ha⁻¹ e 194 kg de K ha⁻¹, não havendo, portanto, a necessidade de se adicionar fósforo ao solo, conforme SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (2004). Com relação aos valores de CE_{es} (Tabela 1), nota-se que no local sem presença de irrigação (A) o valor encontrado foi de 0,45 dS. m⁻¹, nesta condição, o solo do local pode ser considerado adequado para o bom desenvolvimento da cultura da bananeira. Por outro lado, nas amostras coletadas no início (B) e ao término dos estudos (C) os valores de CE_{es} encontrados foram de 1,80 e 2,22 dS. m⁻¹, respectivamente, nestas condições, o solo do local é considerado inadequado para o cultivo da bananeira. Conforme Doorenbos e Kassam (1994), a bananeira é muito sensível à salinidade, carecendo de solos com valor de CE_{es} inferior a 1,0 dS. m⁻¹, para se alcançar bom desenvolvimento.

3.6. Delineamento Experimental

O experimento foi realizado no período compreendido entre os meses de setembro de 2011 e novembro de 2012, cujos tratamentos consistiram na combinação de quatro níveis de nitrogênio e potássio, aplicados a cada dois meses, via fertirrigação.

O Nitrogênio foi aplicado na forma de sulfato de amônio nas quantidades de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹; já o Potássio foi aplicado na forma de Cloreto de potássio nas quantidades de 0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹; assim, o experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4, compondo 16 tratamentos com três repetições cada um, com isso, propôs-se fazer um ajuste dos níveis de fertilizantes nitrogenados e potássicos, via fertirrigação, sobre as características de desenvolvimento e produção da cultura da bananeira no Agreste paraibano.

3.7. Cultivar Utilizada

O experimento foi conduzido em um bananal instalado em novembro de 2010, em uma área de aproximadamente 3,0 ha, com a cultivar Pacovan, cujas mudas, provenientes de plantios comerciais, livres de pragas, doenças e com tamanho uniforme, foram plantadas em fileiras duplas no espaçamento de 4,0 m x 2,0 m x 2,0 m. Sendo que antes do plantio das mudas, a área foi devidamente preparada através de aração, gradagem e marcação das covas com base nos espaçamentos adotados. E uma semana antes do plantio, realizou-se adubação de fundação aplicando-se em cada cova cerca de 10 L de esterco bovino, 100 g superfosfato simples e micronutrientes.

3.8. Tratos Culturais

As práticas culturais frequentemente empregadas em condução de bananais, como desbaste, desfolha, escoramento, controle fitossanitário e controle de plantas daninhas, foram realizadas de acordo com as recomendações propostas por Moreira (1987) e Teixeira e Moreira (1998), haja vista as necessidades da cultura. Realizou-se, ainda, o controle de *Cosmopolites sordidus* (broca do rizoma ou moleque da bananeira) de forma preventiva, por meio da aplicação de defensivos indicados para a cultura em épocas predeterminadas. As plantas invasoras foram controladas quimicamente, através de pulverizações manuais, de herbicidas seletivos nas linhas de plantio e no coroamento das plantas, evitando-se, desta forma, competição com a cultura por água e nutrientes.

3.9. Irrigação e Fertirrigação

A água utilizada na irrigação da cultura da bananeira, na Fazenda Ponta da Serra, foi captada do leito do Rio Bodocongó, por um sistema de irrigação localizada do tipo microaspersão constituído por uma eletrobomba composta por um motor elétrico monofásico com três cv de potência e uma bomba centrífuga; cabeçal de controle composto por filtro de disco de 130 microm, manômetro analógico e injetor de fertilizantes do tipo Venturi. Linha principal de PVC com diâmetro nominal de 50 mm e linha de acesso a cada parcela experimental composta por mangueiras flexíveis de polietileno com 16 mm de diâmetro e 25 m de comprimento, contendo microaspersores autocompensantes da marca PLASTRO

(modelo RFR) com vazão de 41 L h^{-1} , raio de alcance de 2,8 m, espaçados 6,0 m nas laterais e 4,0 m entre emissores irrigando, assim, quatro touceiras cada um.

As irrigações foram realizadas em intervalos regulares de dois dias obedecendo-se a um período de 06 horas de aplicação de água, o que corresponde a aproximadamente 61,5 litros de água aplicada por touceira. O controle das irrigações foi realizado através de registros de passagem instalados no início de cada unidade experimental, de conformidade com o tempo estabelecido para cada evento, assegurando assim, que todas as parcelas foram uniformemente irrigadas. O volume da água aplicado por meio das irrigações foi monitorado a partir de hidrômetro instalado no início da linha principal. Desse modo, com base nas leituras observadas, constatou-se que foram aplicados cerca de $25,52 \text{ m}^3$ em cada evento de irrigação.

As fertirrigações nitrogenadas e potássicas foram procedidas conforme dosagens estabelecidas em cada tratamento experimental, sendo estas realizadas em uma frequência bimestral ao longo do ciclo fenológico da cultura, onde a injeção dos fertilizantes foi realizada usando-se um injetor do tipo Venturi instalado no cabeçal de controle do sistema de irrigação, segundo recomendações propostas por Borges e Coelho (2002).

3.10. Variáveis Avaliadas

Em meio aos desafios impostos neste estudo, as avaliações das características de desenvolvimento e rendimento da cultura da bananeira, bem como os procedimentos metodológicos utilizados para determinação dos respectivos parâmetros que as compõem, são descritos nos capítulos seguintes.

4. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. T.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A.; MAENO, P. Eficiência de irrigação na cultura da bananeira no projeto gorutuba. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n 2, p. 187-193, Abr/Jun 2003.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. 1999. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação**. Editora UFV, 1999. p. 25-32.
- ALVES, M. da S.a; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S.; ANDRADE NETO, T. M.de. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e uréia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 125-131, jan/fev, 2010.
- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (Agrianual). **Banana**. São Paulo: Instituto FNP, 2010. p. 192-204.
- BORGES, A. L.; COELHO, E. F. **Fertirrigação em bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 74).
- CEBALLOS, B. S. O. de; KÖNIG, A.; ROLIM, H. de O.; ARAÚJO, M. L. de; GUIMARÃES, A. O. **Efeito do represamento na qualidade da água de um rio impactado por esgotos – Rio Bodocongó, Campina Grande, PB**. In: 21^o Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 2001, João Pessoa. Anais eletrônicos do 21 Congresso da ABES. Rio de Janeiro: ABES, 2001. v. 1, p. 1-9.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- FERNANDES, L. A.; RAMOS, S. J.; VALADARES, S. V.; LOPES, P. S. N.; FAQUIN, V. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.11, p.1575-1581, nov. 2008.
- Food and Agriculture Organization (FAO). FAOSTAT. **Produção Mundial de Banana**. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2012.
- IBGE. **Estatística agricultura**. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 julho de 2010.
- LOPES, E. B.; BRITO, C. H. de; ALBUQUERQUE, I. C. de; OLIVEIRA, A. R. R. de. Influência de fatores químicos do solo sobre a incidência do mal-do-Panamá na bananeira cv. Pacovan na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1 - 1º Semestre, 2008.
- LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C. **Levantamento fitopatológico de doenças da bananeira com ênfase à Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, MORELET) nos municípios produtores de banana da Paraíba**. Circular Técnica da EMEPA. Lagoa Seca, 2004. 12 p.
- MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JÚNIOR, L. C. de; MORAES, F.; MENDES, V. de A.; MIRANDA, J. L. F. de (Org.). **Projetos cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Queimadas, Estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 23 il.

- MAYER, M. G. R.; CEBALLOS, B. S. O.; LUCENA, J. H.; KÖNIG, A.; SUASSUNA, E. N. Variação espaço - temporal da qualidade das águas de um rio poluído com esgoto doméstico (PB - Brasil). In: **XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Lima (Perú), Novembro de 1998.
- MELO, A. S. de; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 417-426, jul-set, 2010.
- MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Fundação Cargill. Campinas, São Paulo, 335p. 1987.
- PEIXOTO, J. F. S.; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G. Alterações de Atributos Químicos Do Solo Pela Fertirrigação Com Nitrogênio E Potássio. **Agropecuária Técnica**, V.27, N.2, P.69–76, 2006.
- SANTOS, V. P. dos; FERNANDES, P. D.; MELO, A. S. de; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. de M.; BONFIM, L. V. Fertirrigação da bananeira cv. prata-anã com N e K em um argissolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.567-573, 2009.
- SENA, J. V. C. Aspectos da produção e mercado da banana no Nordeste. **Informe Rural Etene**, n.10, Ano V – Julho de 2011.
- SILVA, J. L. A.; ALMEIDA, J. A. C. de. Reflexões Arqueológicas: estudo dos sítios arqueológicos do município de Queimadas/PB. **Tarairiú - Revista do Laboratório de Arqueologia e Paleontologia da UEPB**. Campina Grande, Ano II – n. 1, n. 02, Março de 2011.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.152-155, 2003.
- SILVA, JMC; TABARELLI, M; FONSECA, MT; LINS, LV. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Parte 1- Fatores Abióticos. Ministério do Meio Ambiente, Brasília- DF, 2003.
- SOARES, N. S. da C.; CEBALLOS, B. S. O. de; OLIVEIRA, É. de M.; KÖNIG, A. M. Distribuição espaço temporal de bactérias indicadoras De contaminação e vírus num riacho do trópico semiárido. In: 21^o Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 2001, João Pessoa. **Anais eletrônicos do 21 Congresso da ABES**. Rio de Janeiro: ABES, v.1, p.1-9, 2001.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, RS: SBSC/ Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004, 400p.
- SOUSA, V. F. de; VELOSO, M. E. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, V. A. B. de; ALBURQUERQUE JÚNIOR, B. S. Nitrogênio e potássio via água de irrigação nas características de produção da bananeira Grand Naine. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.865-869, 2004.

TEIXEIRA, L. A. J. **Aduabação nitrogenada e potássica em bananeira ‘Nanicão’ (Musa AAA subgrupo Cavendish) sob duas condições de irrigação.** Jaboticabal, 2000. 132f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

TEIXEIRA, L. A. J.; MOREIRA, R. S. Banana. In: FAHL, J. I. et al. (Eds.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas.** 6.ed. Campinas: IAC, 1998. p.104-6.(Boletim, 200).

TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E. V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira sob irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 1, p. 272-278, Março 2011.

Capítulo 2

Irrigação com água residuária: caracterização química e aporte de nutrientes à cultura da bananeira

RESUMO: Propôs-se este estudo com o objetivo de realizar o monitoramento da qualidade química da água residuária do Rio Bodocongó, que recebe esgotos domésticos da cidade de Campina Grande-PB, bem como, quantificar o aporte de nutrientes ao solo por meio da irrigação da cultura da bananeira cv. Pacovan no Agreste paraibano. O monitoramento dos parâmetros químicos: NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , P-orto, pH, CEa, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^- , Cl^- e RAS, da água residuária, foi realizado durante o período compreendido entre os meses de setembro de 2011 e novembro de 2012, na fazenda Ponta da Serra, município de Queimadas-PB, a qual está localizada sob as seguintes coordenadas geográficas: $07^{\circ} 22' 27,49''$ de latitude Sul e $35^{\circ} 59' 51,77''$ de longitude Oeste. Assim, em meio a esta proposta, constatou-se que as maiores concentrações dos íons NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , P-orto, K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , CO_3^- , HCO_3^- e Cl^- , encontrados na água do Rio Bodocongó, foram observadas em períodos de estiagens. Onde esta, em sua totalidade, foi classificada como cloretadas sódicas, independente do período de avaliação e época do ano, enquadrando-se ainda nas seguintes classes: C_3S_1 , C_3S_2 e C_4S_2 , em que 69,2% das amostras pertencem à classe C_3 e 30,8% à classe C_4 , indicando que esta, somente pode ser aplicada em culturas com alta tolerância salina. Os teores de Na^+ , CO_3^- , HCO_3^- e Cl^- encontrados na água do Rio Bodocongó excedem os limites máximos recomendados pelas diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação conforme Richards (1954) e, portanto, apresenta restrições severas quanto a sua utilização em sistemas irrigados. O aporte de nutrientes essenciais com nitrogênio, fósforo e potássio, provenientes da água do Rio Bodocongó, pode trazer benefícios econômicos consideráveis, à exploração da cultura da bananeira, diminuindo a necessidade de aquisição e aplicação de fertilizantes químicos; sua utilização deve ser acompanhada com cautela, pois elevados teores de Na^+ , CO_3^- , HCO_3^- e Cl^- também são transportados ao solo, através das irrigações, o que a torna limitante para o uso continuado em sistemas produtivos irrigados.

Palavras-chaves: reúso, aporte de nutrientes, bananicultura irrigada

Irrigation with wastewater: chemical and contribution of nutrients of culture banana

ABSTRACT: Proposed in order to carry out the monitoring of the chemical quality of wastewater Bodocongó River, which receives wastewater from the city of Campina Grande-PB, as well as quantify the contribution of nutrients to the soil through irrigation for banana cv. Pacovan in the Wasteland micro paraibano. The monitoring chemical parameters: NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , P-ortho, pH, salinity Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^- , Cl^- and RAS, the wastewater was performed during the period between the months of September 2011 and November 2012, on the farm Ponta da Serra, municipality of Queimadas-PB, which is located under the following coordinates: $07^{\circ} 22' 27.49''$ South latitude and $35^{\circ} 59' 51.77''$ west longitude. Thus, amidst this proposal, it was found that the highest concentration of ions NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , P-ortho, K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , CO_3^- , HCO_3^- and Cl^- , found in water river Bodocongó were observed in periods of drought. Where this, in its entirety, was classified as chlorinated sodium, independent of the evaluation period and time of year. Framing is also in the following classes: C_3S_1 , C_3S_2 and C_4S_2 . In which 69,2% of the samples belonging to Class C_3 and C_4 to the class 30,8%, indicating that this can only be applied in cultures with high salt tolerance. The contents of Na^+ , CO_3^- , HCO_3^- and Cl^- found in the river water Bodocongó exceed the maximum recommended by the guidelines for the interpretation of water quality for irrigation as Richards (1954) and, therefore, presents severe restrictions regarding their use in irrigated systems. The intake of essential nutrients nitrogen, phosphorus and potassium, from the river water Bodocongó, can bring considerable economic benefit to the exploration of the banana plantations, reducing the need to purchase and apply chemical fertilizers. Its use should be monitored carefully, because high levels of Na^+ , CO_3^- , HCO_3^- and Cl^- are also transported to the soil through irrigation, which makes limiting for continued use in irrigated production systems.

Keywords: reuse, nutrient contribution, irrigated banana

1. INTRODUÇÃO

No Brasil é cada vez frequente o uso da irrigação para a produção de alimentos, estimulando a economia agrícola de diversas regiões. No semiárido nordestino esta prática tem impulsionado uma maior exploração e utilização dos recursos hídricos, cada vez mais escassos nesta região. Não obstante tal realidade, o consumo exagerado e o uso irrestrito em sistemas produtivos, sem o devido acompanhamento no que se refere à qualidade das águas aplicadas às culturas, tem intensificado o surgimento de problemas decorrentes da sua utilização, afetando principalmente a qualidade do solo e contaminação dos recursos hídricos.

Neste sentido, Alvarez et al. (2009) destacam que a água utilizada em sistemas produtivos irrigados, pode afetar um sistema de irrigação desde a cultura até as propriedades do solo. O que, segundo Sano et al. (2005) tem sido objeto de constante preocupação, principalmente em função do aumento das áreas irrigadas. Esta particularidade leva Figueiredo et al. (2009) ressaltarem que a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, porém os aspectos de qualidade têm sido constantemente desprezados.

Este fato demonstra claramente a importância de se realizar o monitoramento da água de irrigação ao longo do ciclo produtivo das culturas, uma vez que, a utilização de água de má qualidade em sistemas produtivos irrigados, quando não manejados adequadamente, pode representar uma ameaça para o desenvolvimento e a sustentabilidade da atividade. Neste sentido, Silva et al. (1999) ressaltam que a utilização de água de má qualidade pode aumentar o pH do solo e promover desequilíbrio nutricional às culturas, principalmente à bananeira, que é muito sensível ao desequilíbrio de nutrientes no solo. Segundo Silva e Carvalho (2005), dentre os vários fatores ligados ao sistema de produção da bananeira, a nutrição é de fundamental relevância, haja vista que, para alcançar alta produtividade econômica, é necessário que a cultura esteja equilibrada nutricionalmente. Para Rangel et al. (2007), isto se dá devido à existência de uma grande quantidade de fatores que regulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, quando então a magnitude e a combinação destes fatores é que determinam o incremento dos rendimentos na produção da cultura.

Por outro lado, o aproveitamento de águas residuárias em sistemas produtivos irrigados tem sido largamente empregada em diversas regiões do País, constituindo-se em uma alternativa viável, principalmente em função dos benefícios econômicos proporcionados em função da presença de elevados teores de nutrientes essenciais às culturas como

nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, reduzindo consideravelmente os gastos com aquisição e aplicação de fertilizantes químicos.

As águas residuárias compõem uma importante fonte de nutrientes para as culturas (SANDRI et al., 2007). Sua utilização na agricultura constitui uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas (SILVA et al., 2009). Além de apresentar outras vantagens, como conservação da água disponível, possui grande disponibilidade, possibilita o aporte e a reciclagem de nutrientes (HOEK et al., 2002). Neste contexto, as plantas desempenham uma importante função, que é a de utilizar os macro e micronutrientes, disponibilizados pelas águas residuárias, necessários ao seu desenvolvimento, evitando seu acúmulo e a consequente salinização do solo e contaminação das águas superficiais e subterrâneas (RIBEIRO et al., 2009).

Neste contexto, torna-se imprescindível a realização de estudos que, efetivamente, mostrem não só os agravantes decorrentes da utilização inadequada de águas residuárias em sistema de produção agrícola mas também que respaldem ações de controle e estratégias de manejo que apontem para um aproveitamento correto dos nutrientes contidos na mesma, tornando-os disponíveis às culturas em quantidades adequadas e no momento oportuno; assim, seu monitoramento quanto aos aspectos qualitativos, desempenha papel fundamental dentro da pesquisa científica figurando-se como eficiente instrumento para a tomada de decisões, fornecendo informações valiosas que contribuirão, sobremaneira, para definir parâmetros e planejar estratégias que assegurem a sua utilização, em potencial na irrigação contribuindo substancialmente para o desenvolvimento da agricultura irrigada na região, reduzindo consideravelmente danos ambientais severos.

Desse modo, propôs-se este estudo, com o objetivo de realizar o monitoramento da qualidade química da água residuária do Rio Bodocongó, que recebe esgotos domésticos da cidade de Campina Grande-PB e quantificar o aporte de nutrientes ao solo por meio da irrigação da cultura da bananeira cv. Pacovan, na região do Agreste paraibano.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. Amostragem, análise e oscilação temporal da concentração dos íons na água residuária

O monitoramento dos parâmetros químicos da água residuária empregada na irrigação da cultura da bananeira, foi realizado durante o período compreendido entre os meses de setembro de 2011 e novembro de 2012; para tal, foram coletadas diversas amostras simples, regularmente entre as 9:00 e 11:00 horas da manhã, a uma profundidade de aproximadamente 50 cm abaixo da superfície da água e próximo ao local de captação de água para irrigação, conforme metodologia proposta por Viana et al. (2011). As amostragens foram realizadas com a utilização de garrafas plásticas, com volume de 1000 ml, sendo estas, previamente lavadas com a própria água do local; após a coleta, os recipientes foram hermeticamente fechados, devidamente identificados e encaminhados para posterior análise.

As coletas para caracterização dos parâmetros: pH, CEa, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{--} , Cl^- e RAS, foram realizadas mensalmente, sendo as análises efetuadas no laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Enquanto que a retirada das amostras para determinação dos parâmetros: NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , P-orto, foram realizadas bimestralmente e as análises efetuadas no Laboratório da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários - EXTRABES, conforme metodologia proposta por APHA (1995). A partir dos resultados obtidos realizou-se a caracterização das oscilações temporais das concentrações dos íons presentes na água residuária do Rio Bodocongó.

2.2. Caracterização química da água residuária do Rio Bodocongó

A determinação dos parâmetros químicos da água residuária empregada na irrigação da cultura da bananeira, foi realizada com a finalidade de se conhecer as concentrações dos elementos disponibilizados à cultura via água de irrigação. Permitindo, assim, ajustar os teores dos nutrientes presentes na água residuária e em fertilizantes químicos, possibilitando o estabelecimento de dosagens adequadas e economicamente viáveis dos nutrientes aplicados via fertirrigação, atendendo aos aspectos sanitários, agronômicos e ambientais, garantindo a obtenção de produtos de qualidade sem maiores danos socioeconômicos e ambientais, e

assim, viabilizando seu uso. Neste sentido, Sousa et al. (2005) ressaltam que o aproveitamento dos possíveis fertilizantes existentes em águas residuárias sem quantificações pode gerar problemas relacionados aos excessos ou deficiências dos mesmos para a cultura pretendida, desequilíbrio ambiental e prejuízos econômicos para o empreendimento.

Desse modo, a caracterização do efluente foi avaliada pelos seguintes parâmetros químicos: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica da água (CEa), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), sódio (Na^+), potássio (K^+), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^-), cloreto (Cl^-), razão de adsorção de sódio (RAS), nitrogênio, amoniacal (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) e ortofosfato (P-orto). Cujos, seus respectivos valores foram trabalhados para serem expressos em mg L^{-1} , conforme sugerido por Feitosa e Manoel Filho (1997).

2.3. Classificação iônica da água residuária do Rio Bodocongó

O diagrama de Piper é um diagrama hidroquímico, utilizado frequentemente quando se trabalha com grande número de análises químicas de água, servindo para classificar e comparar os distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes; sua representação gráfica pode evidenciar possíveis relações entre íons de uma mesma amostra ou ressaltar variações temporais ou espaciais existentes (SANTOS, 2000).

Partindo-se deste princípio, a partir das concentrações dos cátions (Na^+ , K^+ , Ca^{++} e Mg^{++}) e dos ânions, (NO_3^- , Cl^- , SO_4^- , HCO_3^- e CO_2^-), encontrados na água residuária do Rio Bodocongó, nas diferentes épocas de amostragens, procedeu-se à representação gráfica da sua composição iônica, através da elaboração do diagrama de Piper empregando-se o software Qualigraf (FUNCEME, 2012).

Neste diagrama a identificação das expressões hidroquímicas proporcionadas pelos constituintes iônicos (cátions e ânions) são representadas em unidades percentuais; sendo este diagrama constituído de dois triângulos, posicionados um à direita e outro à esquerda, em que no primeiro encontram-se os valores percentuais das concentrações dos ânions, e no segundo, os valores percentuais das concentrações dos cátions. O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango, situado entre os triângulos dos cátions e dos ânions, define a posição conjunta dos mesmos e classifica a amostra de água conforme suas expressões hidroquímicas.

2.4. Classificação da água residuária do Rio Bodocongó para fins de irrigação

Para que o aproveitamento da água residuária do Rio Bodocongó seja feito corretamente na irrigação da cultura da bananeira, torna-se imprescindível o conhecimento da sua composição química, sobretudo em relação à concentração dos sais encontrada no meio.

Neste contexto, e também com o auxílio do software Qualigraf (FUNCEME, 2012) procedeu-se à avaliação do potencial apresentado pela água residuária do Rio Bodocongó em criar condições no solo e na cultura que possam restringir seu uso. Para tal, determinou-se o grau de restrição quanto à sua utilização para a irrigação por meio do diagrama proposto pelo United States Salinity Laboratory – USSL (RICHARDS, 1954). Em que, segundo este autor, esta classificação se baseia na razão de adsorção de sódio (RAS), como indicador de perigo de alcalinização ou sodificação do solo, e na condutividade elétrica (CE) da água, como indicador de perigo de salinização do mesmo.

2.5. Aporte de nutrientes

Segundo Hoek et al. (2002), as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária para fins agrícolas residem na conservação da água disponível e na possibilidade de aporte e reciclagem de nutrientes e, com isto, reduz-se a necessidade de fertilizantes químicos.

Neste sentido, a partir dos teores dos íons provenientes da água residuária do Rio Bodocongó obtidos através do monitoramento realizado durante o período experimental, estimou-se o aporte de nutrientes à cultura da bananeira, tomando-se como referência as concentrações dos nutrientes determinados pelas análises químicas da água de irrigação e o volume de água aplicado em cada evento de irrigação, conforme a seguinte equação:

$$QTA = C \cdot V \dots\dots\dots\text{eq 1.0}$$

Sendo: QTA = Quantidade total de nutriente aplicado (g)

C = Concentração do nutriente na água de irrigação (g m^{-3})

V = Volume de água aplicado em cada evento de irrigação (m^3)

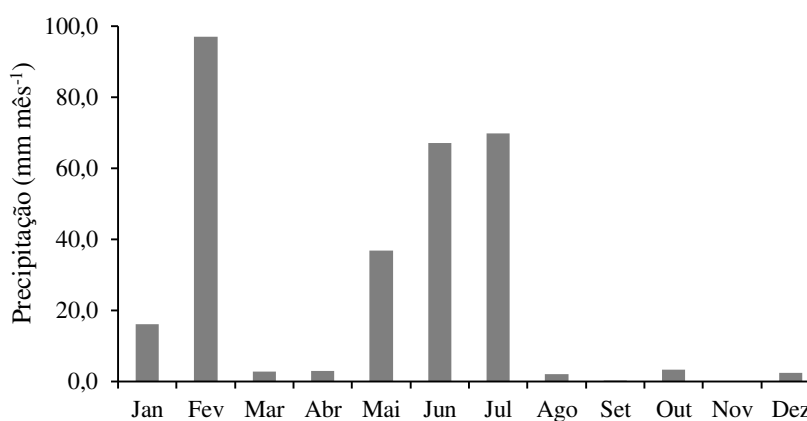
2.6. Análise de dados

A qualidade da água para irrigação está relacionada aos efeitos prejudiciais ao solo e à cultura. Assim, com base nos resultados dos parâmetros químicos levantados durante o período experimental, efetuou-se sua disposição qualitativa em meio ao seu emprego para fins de irrigação, tomando-se como referência as recomendações proposta por Ayers e Westcot (1999) e Vieira e Ramos (1999), que indicam os valores permitidos para que não ocorram impactos ao solo e nem à cultura. Realizou-se, ainda, sua classificação, como proposto por Richards (1954) quanto à sua classe de uso, considerando-se o perigo de salinização e sodificação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Precipitação pluviométrica

Os índices correspondentes às precipitações pluviométricas incidentes na região durante a condução do experimento, foram obtidos em postos de coleta situados a cerca de 2000 m de distância do experimento, sendo estes gentilmente disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, cujas informações coletadas durante o período experimental estão apresentadas na Figura 3.



Fonte: AESA (2012)

Figura 3. Precipitação pluviométrica ocorrida na região no período compreendido entre os meses de janeiro e novembro de 2012

Considerando o regime pluviométrico incidente na região no ano de 2012 (Figura 3), percebe-se que as maiores precipitações pluviométricas foram registradas nos meses de janeiro, com 16,1 mm, e fevereiro, com 97,1 mm e entre os meses de maio e julho sendo registrados respectivamente 36,9; 67,2 e 69,8 mm; nos demais meses do ano as precipitações pluviais registradas não ultrapassaram os 3,0 mm.

Ressalta-se ainda que, em média, nos meses mais chuvosos do ano as chuvas não excederam os 70,0 mm, ficando os demais meses sob forte insolação, onde nestes períodos, na maior precipitação pluviométrica registrada, as chuvas não excederam os 3,0 mm. Verificando-se, portanto, o total de chuvas anual de apenas 300,8 mm.

3.2. Oscilação temporal da concentração dos íons na água residuária

Considerando o período experimental (setembro de 2011 a novembro de 2012) observam-se por meio da Figura 6, as concentrações dos íons K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^{--} e Cl^- , encontrados na água de irrigação conforme cada época de amostragem.

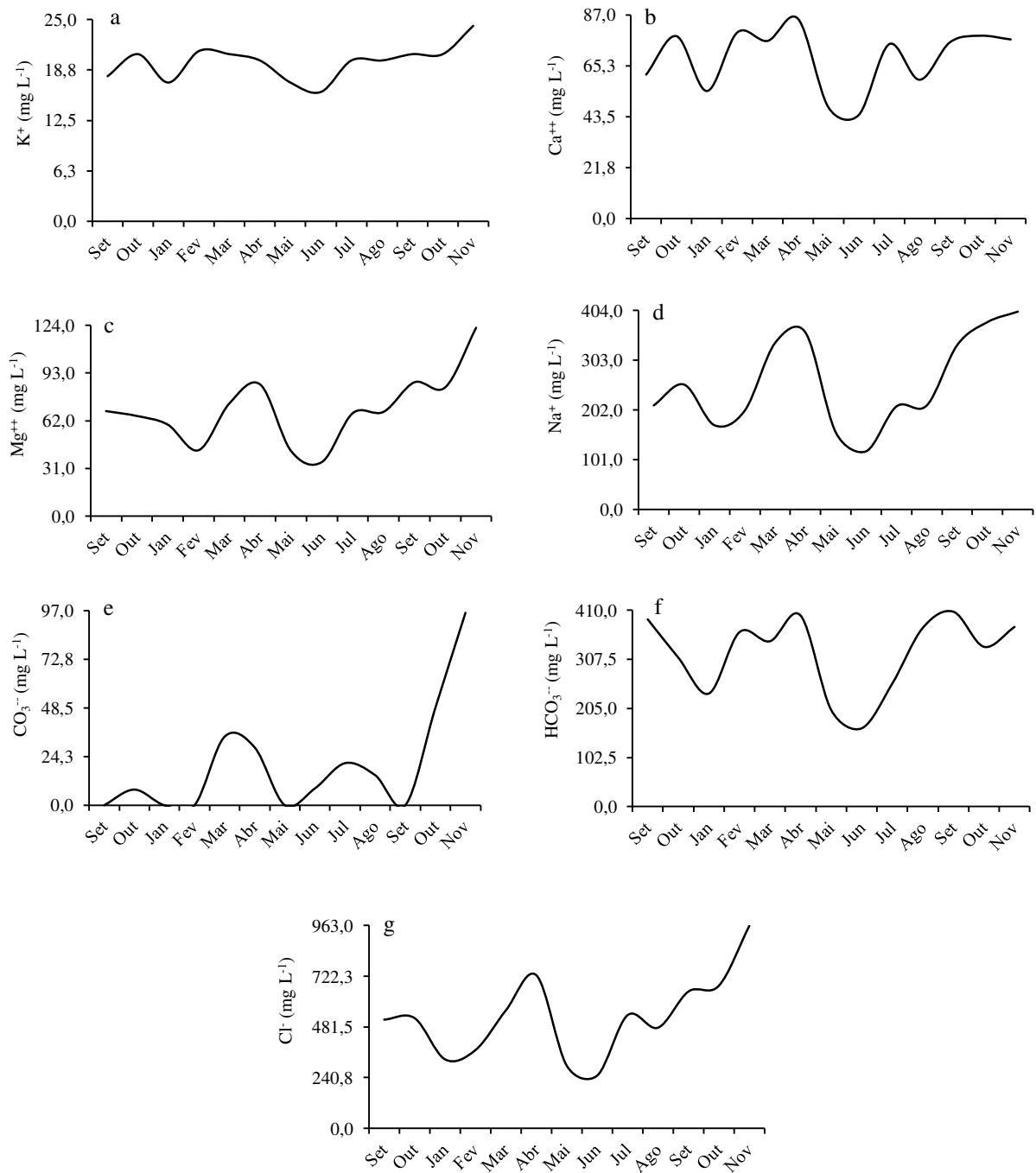


Figura 4. Oscilações temporais das concentrações dos íons K^+ (a), Ca^{++} (b), Mg^{++} (c), Na^+ (d), CO_3^{--} (e), HCO_3^{--} (f) e Cl^- (g), encontrados na água de irrigação aplicada à cultura da banana, no Agreste paraibano

Percebe-se que as peculiaridades climatológicas observadas na região refletiram diretamente na concentração dos íons, elevando ou reduzindo seus teores na água de irrigação, conforme cada época de amostragem, o que pode ser confirmado pelos resultados obtidos neste estudo, em que as maiores concentrações de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- , na água de irrigação (Figuras 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f e 6g, respectivamente) foram verificadas nos meses mais secos do ano (março, abril e entre os meses de agosto e novembro), neste período as concentrações médias observadas foram de 21,05 mg L⁻¹ para o K^+ , 75,12 mg L⁻¹ para o Ca^{++} , 86,68 mg L⁻¹ para o Mg^{++} , 337,16 mg L⁻¹ para o Na^+ , 37,10 mg L⁻¹ para o CO_3^{--} , 372,28 mg L⁻¹ para o HCO_3^- e de 675,35 mg L⁻¹ para o Cl^- . Enquanto que nos meses mais chuvosos (janeiro, fevereiro e de maio a julho) as concentrações médias foram de 18,30; 60,08; 49,44; 170,85; 5,88; 244,54 e 356,33 mg L⁻¹, respectivamente, para K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- .

Tal fato reforça a hipótese de que as baixas e/ou as ausências de precipitações pluviométricas na região, assim como, altos índices de evaporação e conseqüentemente redução do volume hídrico do Rio Bodocongó, tenham contribuído para o aumento da concentração desses elementos na água de irrigação. Tendo em vista que os maiores teores foram observados em períodos de estiagem. E particularmente no mês de novembro, que em relação aos demais meses do ano apresentou as maiores concentrações dos íons K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- (24,23; 122,45; 401,38; 96,01; 375,23 e 961,36 mg L⁻¹, respectivamente).

Neste sentido, Silva et al. (2011), ressaltam que as regiões áridas e semiáridas são caracterizadas por baixos índices pluviométricos, distribuição irregular das chuvas ao longo do ano e intensa evapotranspiração. Favorecendo a acumulação gradativa de sais solúveis e/ou sódio trocável.

3.3. Caracterização química da água residuária do Rio Bodocongó

A partir das avaliações temporais dos parâmetros químicos da água residuária aplicada à cultura da bananeira cv. Pacovan (Tabela 3) verifica-se grande variabilidade dos parâmetros analisados, como mostram os valores do desvio padrão e, sobretudo, do coeficiente de variação, merecendo especial atenção, quanto à sua utilização na irrigação de culturas, em sistemas produtivos, pois segundo Ayers e Westcot (1999) e Vieira et al. (1999), e conforme os resultados obtidos neste estudo, esta água apresenta grau de restrição elevado quanto a sua utilização na irrigação, variando de médio a severo. Evidenciando que a sua utilização em

plantios irrigados, requer a aplicação de técnicas adequadas de manejo, que promovam o correto aproveitamento dos seus nutrientes, conferindo-lhe um emprego sustentável, técnico e ambientalmente adequado, além de economicamente viável.

Tabela 3. Caracterização química da água residuária do Rio Bodocongó realizada mensalmente (pH, CEa, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, HCO₃⁻, CO₃⁻, Cl⁻ e RAS) e bimestralmente (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺ e P-orto) durante a condução do experimento

Medidas Estatísticas	pH	C Ea dS m ⁻¹	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	P-orto	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS _{aj}	
		 mg L ⁻¹ mmol L ⁻¹ ...			
Média	7,63	2,149	5,57	50,27	16,08	2,53	19,73	68,51	69,29	257,05	319,89	0,67	14,91	5,90	
D. P.	0,41	0,687	0,99	6,931	5,472	0,713	2,16	13,38	22,96	93,77	80,14	0,92	6,49	1,31	
CV (%)	5,39	32,01	0,18	0,138	0,340	0,282	10,93	19,54	33,14	36,48	25,05	138,42	43,52	25,52	
Máximo	8,60	3,691	7,19	57,25	22,40	3,640	24,24	85,37	122,45	401,38	406,96	3,2	27,12	7,86	
Mínimo	7,03	1,182	4,76	39,10	10,35	1,730	16,03	44,29	35,26	117,93	163,51	-	7,05	3,38	
..... Nível de advertência quanto a utilização															
	pH*	C Ea*	NO ₃ * ⁻					Ca*	Mg*	Na*	HCO ₃ * ⁻	CO ₃ ** ⁻	Cl** ⁻	RAS**	
Nenhum	5,5 - 7,0	0,5 - 0,75	< 5,0					20 - 100	< 63	< 70	< 40	< 0,1	< 3,0	< 3,0	
Médio	< 5,5 ou > 7,0	0,75 - 3,0	5 - 30					100 - 200	> 63	70 - 180	40 - 180	0,1 - 0,2	> 3,0	3,0 - 6,0	
Severo	< 4,5 ou > 8,0	> 3,0	> 30					> 200	-	> 180	> 180	> 0,2	-	> 6,0	

Segundo: * Vieira e Ramos (1999) e **Ayres e Westcot (1999)

Com base nestes resultados e segundo a variabilidade de cada parâmetro, verifica-se que os valores encontrados para o pH mantiveram-se praticamente constantes em uma faixa levemente alcalina, durante todo o período experimental, situando-se entre 7,03 e 8,6 mínimo e máximo, respectivamente. Sendo este último, obtido ao final do experimento, indicando haver restrições severas quanto à utilização dessa água na irrigação da cultura da bananeira neste período, para as demais épocas do ano, a restrição é média (Tabela 3). Com relação à condutividade elétrica (CE) observa-se ainda, na Tabela 3, uma variação de 1,182 a 3,691 dS. m⁻¹, no entanto, o valor médio obtido para esta variável foi de 2,149 dS. m⁻¹ mostrando que a água do Rio Bodocongó possui grau de restrição médio, de acordo com os limites estabelecidos para irrigação das culturas, conforme Vieira e Ramos (1999). Neste contexto, Doorenbos e Kassam (1994), enfatizam que a bananeira é muito sensível à salinidade, necessitando de solos com valor de CE inferior a 1,0 dS m⁻¹ para se alcançar bom rendimento. Ao avaliar a qualidade da água de irrigação quanto aos problemas salinidade e sodicidade, nos municípios de Jaíba e Janaúba, Minas Gerais, FARIA et al. (2009), verificaram valores, médios e modais, de pH superiores a 7,0 para os dois municípios e valores médios de CE das águas de 0,86 dS. m⁻¹ (Jaíba) e 1,06 dS. m⁻¹ (Janaúba), indicando

haver grande variabilidade das características analisadas. Em águas calcárias, Nunes et al. (2005) e Silva e Carvalho (2004), encontraram valores médios de CE e pH semelhantes, com CE 1,2 e 1,0 dS m⁻¹ e pH 7,2 e 7,0, respectivamente.

Quanto aos teores de nitrogênio encontrados nas formas de nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻) e amônio (NH₄⁺) verifica-se, na Tabela 3, que para o primeiro o valor médio obtido foi de 5,57 mg L⁻¹, estando entre 5,0 e 30 mg L⁻¹ e, portanto, a água de irrigação apresenta grau de restrição médio quanto à sua utilização. Jadoski et al. (2010) alertam que, quanto maior for a aplicação deste elemento no solo ou substrato, maior será a possibilidade de geração de resíduos e maior o potencial de poluição do solo e da água. O que pode ser confirmado por Chowdary et al. (2005) destacando que em áreas irrigadas a concentração de NO₃⁻ no lençol freático, algumas vezes, excede 200 mg L⁻¹. Quanto ao nitrito (NO₂⁻), o valor médio encontrado foi de 50,27 mg L⁻¹. Ao avaliar a qualidade da água utilizada para irrigação na microbacia do baixo Acaraú, Vasconcelos et al. (2009), encontraram 2,100 mg L⁻¹ como sendo o valor máximo de nitrito (NO₂⁻). De acordo com Esteves (1998) valores elevados de nitritos podem estar relacionados ao processo de nitrificação, pois o nitrito é um produto intermediário da transformação da amônia em nitrato. Enquanto que para amônio (NH₄⁺) o valor médio obtido foi de 16,08 mg L⁻¹, para Almeida (2010), este valor se encontra bem acima do limite frequentemente encontrado em água de irrigação, que é de apenas 5,0 mg L⁻¹.

Quanto as concentrações de Fósforo (P-orto) na água do Rio Bodocongó, verifica-se que o valor médio encontrado para este elemento foi de 2,53 mg L⁻¹ (Tabela 3). Este valor encontrado mostra-se superior a 2,0 mg L⁻¹ estando, portanto, acima dos valores normais para água de irrigação, que é de 0 - 2,0 mg L⁻¹ (FAO, 1973). No entanto, permanece abaixo do encontrado por Araújo et al. (2000) que foi de 4,3mg L⁻¹.

O monitoramento das concentrações de K⁺ na água do Rio Bodocongó (Tabela 3) mostrou que este nutriente apresentou leves oscilações temporais conforme cada período de avaliação, verificando-se um valor médio de 19,73 mg L⁻¹ e, portanto, bem superior àqueles frequentemente encontrados em água de irrigação (0 - 2,0 mg L⁻¹) segundo Ayers e Westcot (1999). De acordo com Trani (2001), os valores máximos permissíveis de potássio na água de irrigação, sem provocar perda de produtividade, estão entre 5,08 e 100,07 mg L⁻¹. Mas para Faria et al. (2009), sua presença na água de irrigação é desejável, podendo-se reduzir parte dos custos com adubação. Contudo, deve-se ter cautela quanto à utilização de água com altos teores deste nutriente.

Quanto as concentrações de Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺, percebem-se oscilações bastante expressivas nos teores desses nutrientes na água do Rio Bodocongó, conforme os valores mínimos e

máximos obtidos (Tabela 3). Para o Ca^{++} , estes valores, mantêm-se abaixo de 100 mg L^{-1} expressando, portanto, não haver risco algum quanto ao uso na irrigação da cultura da bananeira, enquanto que para o Mg^{++} , os valores obtidos são superiores a $63,0 \text{ mg L}^{-1}$, ultrapassando, então, a faixa de normalidade, segundo Vieira e Ramos (1999), indicando haver alta variação da qualidade da água empregada na irrigação da cultura da bananeira. Moura et al. (2011) verificaram ao avaliar a qualidade da água para uso em irrigação na microbacia do córrego do cinturão verde, município de Ilha Solteira, que os valores de $64,0$ e 74 mg L^{-1} foram os mais representativos, respectivamente para os teores de Ca^{++} e Mg^{++} . Franco e Hernandez (2009), constataram que as concentrações médias de cálcio e magnésio ao longo do córrego do Coqueiro, Estado de São Paulo, são de $65,16$ e $46,72 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente.

Quanto à variabilidade apresentada pelos teores de Na^+ na água do Rio Bodocongó, observa-se na Tabela 3, que as concentrações deste elemento variaram de $117,93$ a $401,38 \text{ mg L}^{-1}$, obtendo-se um valor médio de $257,05 \text{ mg L}^{-1}$, o que a torna imprópria para irrigação da maioria das culturas. Em estudo realizado no baixo Rio Bodocongó, Magalhães et al. (2002) observaram que as concentrações de sódio aumentaram gradualmente ao longo do curso do rio (339 a 549 mg L^{-1}). Barroso et al. (2011), também observaram uma concentração do íon sódio, superior ao limite de tolerância das plantas mais sensíveis a este íon ($94,72 \text{ mg L}^{-1}$), sendo esta elevação atribuída ao retorno da água utilizada nas áreas irrigadas ao longo do curso do rio Jaguaribe.

Especificamente para o bicarbonato (HCO_3^-) o valor médio encontrado na água de irrigação ($319,89 \text{ mg L}^{-1}$) indica haver restrições severas quanto à sua utilização na irrigação da cultura da bananeira, uma vez que, o valor obtido encontra-se acima de 180 mg L^{-1} (VIEIRA e RAMOS, 1999). O bicarbonato é um dos componentes que expressam a alcalinidade da água de irrigação (PAULA et al., 2005). Para o carbonato (CO_3^-) foi encontrado o valor médio de $0,67 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$; no entanto, embora se faça ausente em determinados períodos de avaliação, quando presente na água de irrigação, os teores encontrados estiveram acima de $0,2 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ apresentando, portanto, grau de restrição severo, tornando-a inadequada para o uso na irrigação das culturas (Tabela 3).

Com base nas concentrações obtidas, estima-se haver possibilidade de alcalinização e sodificação em potencial pela ação neutralizadora dos íons H^+ e pela ação precipitante de carbonatos de cálcio e magnésio, com conseqüente vacância no complexo de troca para o sódio, permitindo elevar a concentração de sódio na solução do solo (FARIA et al., 2009).

As concentrações de cloreto (Cl⁻) na água de irrigação variaram de 7,05 a 27,12 mmol_c L⁻¹ (Tabela 3), ultrapassando, sem dúvida, os limites máximos recomendados pelas diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação (Ayers e Westcot, 1999). Indicando que essas águas, se aplicadas às culturas sensíveis, possivelmente afetarão seu rendimento. Oliveira et al (2005), observaram grandes variações nos valores temporais deste parâmetro na água de irrigação, sendo encontrados valores mínimos de 1,8 e 4,6 mmol_c L⁻¹ e máximos de 6387,2 e 504,6 mmol_c L⁻¹. Tais autores destacam, ainda, que essa oscilação se deu principalmente em função das precipitações pluviométricas ocorrentes na região promovendo, assim, a diluição deste íon com as águas das chuvas. No entanto, Costa (2011), destaca que os poluentes chegam até as águas por meio de precipitações, escoamentos superficiais e resíduos sólidos. E no caso específico do cloreto, Antas e Morais (2011) destacam que este íon não é retido ou adsorvido pelas partículas do solo, através do qual se desloca facilmente com a água, porém é absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração. E se sua concentração excede a tolerância da planta, ocorrem danos com seus sintomas característicos, como necroses e queimaduras nas folhas. Segundo Ayers e Westcot (1999), a toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação. Segundo Paula et. al. (2005), este fato é agravado ainda mais nas regiões de clima mais quente, onde as condições ambientais favorecem à alta transpiração.

Quanto aos riscos de sodificação, sua avaliação não se deve deter apenas às concentrações de sódio na água de irrigação, mas também ser levada em consideração a relação existente entre este parâmetro e as concentrações de cálcio e magnésio, representado pela relação de adsorção de sódio (RAS). Pois, segundo Andrade Júnior et al. (2006) outros fatores podem interferir no processo, como a concentração de ânions capazes de reagir com o cálcio, formando sais de baixa solubilidade, precipitando o cálcio e alterando a RAS. Desse modo, com base nos resultados encontrados na Tabela 3, verificou-se que os valores de RAS_{aj} oscilaram entre 3,38 e 7,86 e 5,90; mínimo, máximo e médio, respectivamente. Sendo os menores observados nos meses mais chuvosos. Evidenciando que, de acordo com os limites estabelecidos pelas diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação (Ayers e Westcot, 1999), a água aplicada à cultura da bananeira possui grau de restrição severo nos períodos de estiagem, ou seja, quando há a necessidade de se realizar irrigações. Indicando haver uma concentração maior de sódio em relação ao cálcio e magnésio neste período, e que se aplicada ao solo, podem apresentar uma baixa infiltração, prejudicando assim o desenvolvimento e rendimento das culturas (MONTEIRO et al.,2009). Estes mesmos autores, estudando os riscos de salinização em diversas localidades do semiárido paraibano,

verificaram que a RAS apresentou valores mínimos de 0,45 e máximos de 33,21. Monteiro et al. (2009), constataram que os valores mínimos e máximos encontrados para a RAS foram, respectivamente, de 12,74 e 13,63. Neste sentido, Paula et al. (2005) ressaltam que nestas condições, estes valores máximos de RAS exigem, cuidados gradual nas seleções das alternativas de manejo, e também das culturas de modo a se alcançar o potencial máximo de rendimento das mesmas.

3.4. Classificação iônica da água residuária do Rio Bodocongó

Embora seja comumente empregado na classificação de águas subterrâneas, o diagrama de Piper vem sendo frequentemente utilizado por diversos pesquisadores, também para a classificação de águas superficiais, em estudos de qualidade de água de irrigação em sistemas produtivos. Desse modo, com a utilização dessa ferramenta e com base nos resultados obtidos, procedeu-se à classificação iônica (Figura 4) da água residuária do Rio Bodocongó aplicada acultura da bananeira no Agreste paraibano, em relação aos íons dominantes (ânions e/ou cátions).

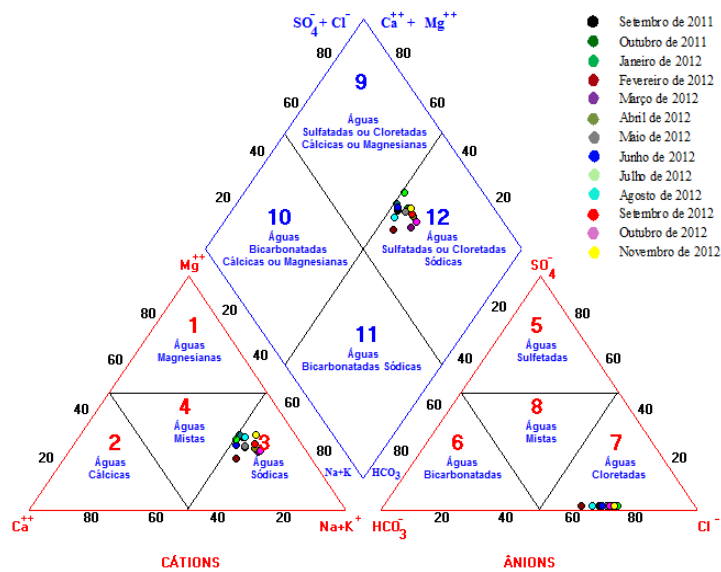


Figura 5. Classificação iônica da água residuária do Rio Bodocongó, conforme as diferentes épocas do ano

Assim, os resultados obtidos mostram que a água utilizada na irrigação da cultura da bananeira foi, em sua totalidade, classificada como cloretada sódica, independente do período de avaliação e da época do ano. Quando observados os triângulos menores que indicam predominância de cátions e/ou ânions, constatou-se que para os cátions, houve uma maior

dispersão dos resultados, no entanto, em 100% dos casos a predominância foi de águas sódicas, enquanto para os ânions, verificou-se uma pequena dispersão dos resultados em que 100% das amostras foram enquadradas como águas cloretadas (Figura 5).

Estes resultados assemelham-se aos obtidos por Lobato et al. (2008) e Barroso et al. (2011), ao constatarem que a água de irrigação mostrou-se predominantemente sódica. Barroso et al. (2010), verificaram um equilíbrio de 47,5% para os ânions (bicarbonatos e os cloretos) presentes na água do Baixo Jaguaribe, classificando-as como bicarbonatadas e cloretadas. Andrade et al. (2010) também constataram predominância em 100% dos casos de águas sódicas e cloretadas, para os cátions e ânions, respectivamente.

Verificou-se, ainda, maior dispersão das amostras em função das concentrações de cátions e ânions, culminando em elevação e/ou redução dos seus teores conforme os períodos de amostragem, refletindo diretamente nas suas concentrações na água do Rio Bodocongó. Esta diferença pode estar relacionada às baixas precipitações pluviométricas, na estação seca, proporcionando diminuição do nível das águas associadas à alta evaporação do corpo d'água, contribuindo para que ocorra um incremento dos teores destes elementos na água de irrigação. Enquanto no período chuvoso há uma elevação do nível da água e, conseqüentemente, diminuição da concentração de sais, melhorando sua qualidade.

Neste sentido, Richards (1954) enfatiza que existe uma forte dependência da qualidade da água em relação à época de amostragem, sendo esta bastante influenciada pela variação do nível da água. O que pode ser confirmado pelos resultados obtidos por Lobato et al. (2008) na barragem Santa Rosa, no Distrito irrigado Baixo Acaraú-CE.

3.5. Classificação da água residuária do Rio Bodocongó para fins de irrigação

Quanto à classificação da água para fins de irrigação, Ribeiro et al. (2005) ressaltam que a condutividade elétrica é o parâmetro mais empregado para avaliar a salinidade da água, a qual corresponde à medida da capacidade dos íons presentes na água em conduzir eletricidade, crescendo proporcionalmente ao aumento da concentração dos sais. Além destes, Barroso et al. (2011) destacam, ainda, quatro aspectos importantes a ser considerados: salinidade, sodicidade, toxicidade de íons e teores de bicarbonato, sendo estas variáveis fundamentais para a determinação da qualidade agrônômica da água de irrigação.

Neste sentido, com base nos resultados apresentados na Figura 5, observa-se que a água residuária do Rio Bodocongó, aplicada à cultura da bananeira, apresentou

comportamento distinto, enquadrando-se nas seguintes classes de qualidade de água para irrigação: C_3S_1 , C_3S_2 e C_4S_2 .

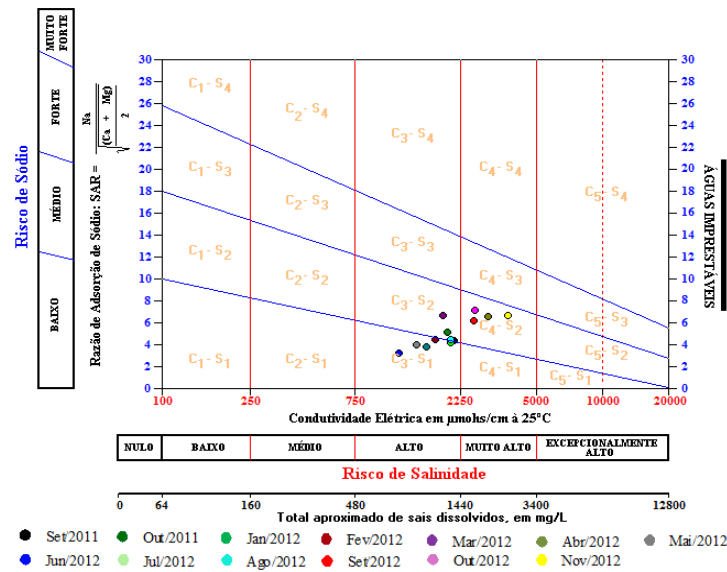


Figura 6. Classificação da água residuária do Rio Bodocongó para fins irrigação

Segundo o modelo de classificação de água para irrigação proposto pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos – USSL (Richards, 1954; Bernardo et al., 2008) a maior frequência observada para a classe C_3 (69,2% das amostras) indica que a água do Rio Bodocongó somente pode ser utilizada em solos bem drenados e apenas com culturas de alta tolerância salina; as demais amostras (30,8%) foram enquadradas na classe C_4 , as quais normalmente não servem para irrigação; Todavia podem ser excepcionalmente utilizadas em solos arenosos permeáveis, bem cuidados e abundantemente irrigados e apenas as culturas de altíssima tolerância salina podem ser irrigadas.

Quanto aos riscos de sodificação a grande maioria, 61,5% das amostras, apresentou-se medianamente sódicas (S_2) oferecendo perigo de sódio para os solos de textura fina e elevada capacidade de troca de cátions, apesar disto, podem ser utilizadas em solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica e com boa permeabilidade. Enquanto que apenas 38,5% do total amostrado apresentaram-se fracamente sódicas (S_1), podendo ser utilizadas para quase todos os solos com baixo risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca, prestando-se ao cultivo de quase todas as culturas.

Estas oscilações observadas, provavelmente ocorreram em função das irregularidades pluviométricas da região. Uma vez que não se observou qualquer alteração nos meses subsequentes ao período chuvoso.

3.6. Aporte de nutrientes

Nos meses em que se registraram os maiores índices pluviométricos (Figura 3), embora as precipitações tenham se apresentado pouco expressivas, na região, estas incidiram de forma mais homogênea verificando-se, portanto, um regime uniforme de chuvas bem distribuídas. Em função desta distribuição pluviométrica, particularmente observada na região, não foram realizadas irrigações neste período, uma vez que os teores de umidade do solo mantiveram-se próximo à capacidade de campo. Por outro lado, nos meses subsequentes aos chuvosos, as precipitações pluviométricas não ultrapassaram os 3,0 mm. Neste período, as irrigações obedeceram a uma frequência regular de dois dias, sendo em média, aplicado a cada evento de irrigação, um volume total de água correspondente a 25,52 m³. Assim, considerando este volume aplicado, as concentrações dos íons presentes na água residuária do Rio Bodocongó e os intervalos entre as irrigações, estimou-se o aporte de nutrientes ao solo via água de irrigação, sendo esta estimativa apenas quantitativa (Tabela 4).

Tabela 4. Aporte de nutrientes ao solo realizado com base no volume total de água residuária aplicada à cultura da bananeira durante as irrigações, nas diferentes épocas de amostragem

Períodos	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	P-orto	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻
	kg ha ⁻¹										
Set/2011	-	-	-	-	1,836	6,280	6,976	21,543	-	39,924	52,652
Out/2011	0,486	5,227	1,057	0,177	2,115	7,958	6,653	25,861	0,796	31,765	53,376
Jan/2012	-	-	-	-	1,756	5,564	6,082	17,436	-	24,104	33,364
Fev/2012	0,734	5,844	1,087	0,372	2,155	8,122	4,382	20,464	-	37,183	37,888
Mar/2012	-	-	-	-	2,115	7,753	7,485	34,497	3,492	35,253	57,175
Abr/2012	-	-	-	-	2,035	8,715	8,739	36,656	2,940	40,734	74,183
Mai/2012	0,545	5,553	2,062	0,243	1,756	4,848	4,332	15,934	-	20,616	30,288
Jun/2012	-	-	-	-	1,636	4,521	3,600	12,039	0,858	16,692	25,512
Jul/2012	-	-	-	-	2,035	7,610	6,839	21,332	2,144	26,222	54,823
Ago/2012	0,584	5,043	2,287	0,275	2,035	6,055	6,926	21,543	1,531	38,118	48,744
Set/2012	-	-	-	-	2,115	7,692	8,888	34,028	-	41,543	66,294
Out/2012	-	-	-	-	2,115	7,978	8,552	38,815	4,962	34,069	69,117
Nov/2012	0,493	3,991	1,715	0,224	2,474	7,815	12,500	40,974	9,801	38,305	98,139
Total	2,842	25,658	8,208	1,291	26,178	90,91	91,954	341,122	26,524	424,528	701,555
Média	0,568	5,132	1,642	0,258	2,014	6,993	7,073	26,240	2,040	32,656	53,966
D. P.	0,101	0,707	0,558	0,073	0,344	2,071	2,776	11,406	2,728	11,548	23,923
CV (%)	17,74	13,79	34,03	28,21	17,06	29,61	39,24	43,46	133,68	35,36	44,33
Máximo	0,734	5,844	2,287	0,372	2,474	8,715	12,500	40,974	9,801	41,543	98,139
Mínimo	0,486	3,991	1,057	0,177	1,636	4,521	3,600	12,039	0,000	16,692	25,512

Observando os resultados da Tabela 4, percebe-se que a cada evento de irrigação, foi aplicado ao solo uma grande quantidade de nutrientes, provenientes da água residuária do Rio

Bodocongó, podendo-se destacar as distintas formas de nitrogênio e o conteúdo elevado de sódio, bicarbonato e cloreto.

No solo, a matéria orgânica é considerada a mais importante fonte de nitrogênio para as plantas; neste sentido, as formas minerais deste nutriente predominantemente absorvidas pelas culturas (NH_4^+ e NO_3^-), somente estarão disponíveis após a mineralização da matéria orgânica do solo, que se dá a partir de processos oxidativos de amonificação e nitrificação, respectivamente (CANTARELA et al., 2007; JADOSKI et al., 2010). Então, a partir das concentrações deste nutriente na água residuária percebe-se, pela Tabela 4, que em cada evento de irrigação foi aplicado, à cultura da bananeira o equivalente a 2,210 kg de N ha^{-1} nas formas de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), o que corresponde a 1,326 g de N planta $^{-1}$. Com base neste resultado, calcula-se que foram aplicados cerca de 403,32 kg de N ha^{-1} ano $^{-1}$, via água de irrigação. Se somado ao maior nível de nitrogênio aplicado (300 kg ha^{-1}) estima-se que foram aplicados 703,32 kg de N ha^{-1} ano $^{-1}$.

Segundo Doorenbos e Kassam (1994), a bananeira necessita de cerca de 200 a 400 kg de N ha^{-1} ano $^{-1}$. No entanto, conforme Pinto (2008), nas regiões produtoras de banana, em todo o mundo, as doses de nitrogênio recomendadas para a cultura vão de 100 a 600 kg de N ha^{-1} ano $^{-1}$, onde as quantidades aplicadas variam com o tipo de solo e as condições climáticas da área. No Brasil, as doses recomendadas para a cultura da bananeira vão de 90 a 400 kg de N ha^{-1} ano $^{-1}$, variando em função da textura do solo, teor de matéria orgânica, manejo adotado, idade da planta e produtividade esperada (BORGES e COELHO, 2002). Contudo, ainda que frequentemente disponibilizado à cultura da bananeira por meio das irrigações, este nutriente nas formas minerais (NH_4^+ e NO_3^-) são facilmente perdidos, motivo pelo qual nem todo conteúdo disponibilizado à cultura será aproveitado por esta. Pois este está sujeito a perdas por volatilização, imobilização, denitrificação e lixiviação e sua eficiência de utilização pela planta está regulada por fatores de solo, climáticos, tipo de cultura e suas práticas de manejo (CABEZAS e COUTO, 2007).

Isto foi confirmado por Bertol et al. (2005) que, ao avaliar as perdas de diferentes formas de N no solo, observaram que o NH_4^+ aplicado foi mais fortemente retido pela matriz do solo que o NO_3^- , que foi todo lixiviado. Galloway et al. (2003) enfatizam que 80% das perdas de nitrogênio do solo ocorrem através de formas gasosas. Sendo esta condicionada às características intrínsecas dos solos e das condições ambientais, onde a mineralogia da fração argila e o teor de matéria orgânica são os principais fatores que podem afetar a dinâmica do N (COSTA et al., 2004). Em consequência disto, o conteúdo presente na camada arável do solo, fica sujeito à lixiviação, caso não seja aproveitado pelas plantas (DYNIA et al., 2006).

Quanto ao fósforo, este é absorvido pelas raízes como íon ortofosfato ou P-orto, H_2PO_4^- e HPO_4^- (POTAFOS, 1996). Assim, com base nos teores deste nutriente encontrados na água residuária do Rio Bodocongó (Tabela 4) constata-se que a cada evento de irrigação, foi aplicado à cultura da bananeira o equivalente a $0,258 \text{ kg de P ha}^{-1}$, nas formas disponíveis, o que corresponde a $0,155 \text{ g de P planta}^{-1}$; a partir destes resultados, estima-se que foram aplicados cerca de $47,08 \text{ kg de P ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, via água de irrigação.

De acordo com Doorenbos e Kassam (1994), as necessidades anuais da cultura da bananeira em relação a este nutriente, situa-se entre $45 \text{ e } 60 \text{ kg de P ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. No entanto, Pinto (2008) destaca que as doses de fósforo recomendadas para a cultura da bananeira variam de $80 \text{ a } 690 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Já Borges (2004), Souza e Vieira Neto (2012) ressaltam que, as quantidades recomendadas para a cultura da bananeira podem variar de $40 \text{ a } 120 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo estas definidas em função dos teores de P no solo.

O fósforo é absorvido pelas plantas, especificamente da solução do solo; embora seja comumente aplicado à cultura da bananeira via irrigação com água residuária do Rio Bodocongó, este nutriente possui baixa mobilidade no solo e, ainda que aplicado nas formas disponíveis, pode combinar-se, na fase sólida do solo, com compostos de ferro, alumínio, cálcio e matéria orgânica, motivo pelo qual nem todo o conteúdo disponibilizado, por meio das irrigações, será prontamente aproveitado pela cultura. O que pode ser confirmado por Nolla e Anghinoni (2006) que, ao estudarem a retenção de P adicionado ao solo e a dinâmica de íons na solução de um Latossolo, verificaram que, além dos íons H_2PO_4^- e HPO_4^- na solução, houve formação de complexos de CaHPO_4 , $\text{CaH}_2\text{PO}_4^+$, MgHPO_4 e $\text{MgH}_2\text{PO}_4^+$ na parte sólida. Apesar disto, seus teores na solução do solo, além de muito baixos, são insuficientes para suprir as necessidades das culturas (STEFANUTTI et al., 1995). Sendo sua disponibilidade para as plantas condicionada às reações físico-químicas do meio (NOVAIS e SMYTH, 1999) e a processos biológicos como imobilização do P-inorgânico e mineralização do P-orgânico (VARGAS e HUNGRIA, 1997).

As águas residuárias são ricas em macro e micronutrientes e grande parte desses nutrientes são disponibilizados apenas com a mineralização do material orgânico, exceção feita ao potássio, pois este nutriente não se encontra associado à matéria orgânica (MATOS, 2008). Sendo então considerado o elemento mais importante para a nutrição da bananeira. E juntamente com o nitrogênio e o fósforo, constitui o grupo denominado de elementos nobres da adubação (MELLO et al., 1989). Desse modo, a partir dos teores de potássio presente na água residuária do Rio Bodocongó (Tabela 4), percebe-se, que a cada evento de irrigação, foram aplicados, à cultura da bananeira, cerca de $2,014 \text{ kg de K ha}^{-1}$, correspondendo a $1,209$

g planta⁻¹. Esse total aplicado equivale a 367,55 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹. Se somado ao maior nível de potássio aplicado à cultura (450 kg ha⁻¹ ano⁻¹) calcula-se que foram aplicados 817,55 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹.

Conforme Doorenbos e Kassam (1994) para a cultura da bananeira, as doses ótimas deste nutriente situam-se entre 240 e 480 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹. No entanto, Borges e Coelho (2002) explanam que, as dosagens de potássio recomendadas para a cultura da bananeira, nas regiões produtoras em todo o mundo, variam de 228 a 1,600 kg de K₂O ha⁻¹ ano⁻¹. No Brasil, as quantidades recomendadas, variam em função dos teores de K no solo, podendo-se sugerir de 0 a 750 kg de K₂O ha⁻¹ ano⁻¹. No entanto, embora não dependa da mineralização para ser disponibilizado às culturas. Este nutriente adicionado ao solo pode não está completamente disponível para as plantas, uma vez que, elevados teores de K no complexo sortivo do solo podem acarretar acréscimos também na solução do solo, propiciando lixiviação do nutriente em profundidade (PAULA et al., 1999). E ainda podendo tomar diferentes formas (SANDRI et al. 2006).

Depois do potássio e do nitrogênio, o magnésio e o cálcio são os nutrientes mais requeridos pela cultura da bananeira (BORGES et al., 2006). Assim, com base nas concentrações destes nutrientes na água residuária (Tabela 4), nota-se que a cada evento de irrigação foram aplicados, à cultura da bananeira, cerca de 6,993 e 7,073 kg ha⁻¹ de cálcio e magnésio, respectivamente, o que representa 4,197 g de Ca planta⁻¹ de bananeira, e 4,245 g de Mg planta⁻¹ de bananeira. A partir destes resultados estima-se que foram aplicados 1.276,22 e 1.290,82 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de cálcio e magnésio, respectivamente. Em relação a estes nutrientes, Borges et al. (2006), explanam que estes nutrientes são normalmente supridos pela calagem. Contudo, segundo Borges e Costa (2002) na Costa Rica, a cultura da bananeira apresentou respostas favoráveis à aplicação de apenas 100 kg MgO ha⁻¹ ano⁻¹, via solo.

Diversos estudos têm relacionado os teores de cálcio no solo com outros nutrientes. Onde a relação mais discutida e conhecida do ponto de vista agrônômico é a relação cálcio e magnésio (SALVADOR et al., 2011). Em que a inter-relação entre estes nutrientes está pautada nas suas propriedades químicas próximas, como o raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade, fazendo com que haja competição pelos sítios de adsorção no solo, e na absorção pelas raízes (MEDEIROS et al., 2008). Em consequência disto, a presença excessiva de um pode prejudicar os processos de adsorção e absorção do outro, fato ocorrente para os íons Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ (ORLANDO FILHO et al., 1996). Especificamente para o cálcio que é exigido em quantidades variadas por diferentes culturas, elevadas concentrações de outros cátions, tal como o K⁺, Mg⁺⁺ e NH₄⁺, diminuem competitivamente e a absorção de

Ca^{++} . O Mg^{++} é exigido, na maioria dos casos, em baixas quantidades, pois o mesmo não é normalmente usado em adubações e, sim, nas calagens; sua absorção é inibida por altas concentrações de outros cátions, como o K^+ , Ca^{++} e NH_4^+ (FURTINI NETO et al., 2001). Fato possível de ser confirmado por Moreira et al. (1999) e Arantes e Nogueira (1986), que demonstraram, por meio de estudos realizados, que elevados teores de magnésio no solo ocasionaram inibição competitiva com o potássio.

Ainda que frequentemente utilizada por agricultores locais em sistemas de cultivos irrigados, seu aproveitamento deve ser seguido de especial atenção, pois a água do Rio Bodocongó possui também elevados teores de Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- que, eventualmente, são transportados ao solo também em grandes quantidades, por meio das irrigações. O que pode ser confirmado pelos resultados expostos na Tabela 4, na qual se verifica que em cada evento de irrigação, foram aplicados certa de 26,240 kg ha^{-1} de Na^+ ; 2,040 kg ha^{-1} de CO_3^{--} ; 32,656 kg ha^{-1} de HCO_3^- e 53,966 kg ha^{-1} de Cl^- . O que corresponde a 15,750; 1,224; 19,601 e 32,392 g plantas $^{-1}$ de Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- , respectivamente. Em função dos resultados obtidos, estima-se que foram aplicados cerca de 4.788,80 kg de Na ha^{-1} ano $^{-1}$. Para o CO_3^{--} , o total aplicado corresponde a 372,30 kg ha^{-1} ano $^{-1}$. Para o HCO_3^- os resultados mostram que foram aplicados cerca de 5.959,72 kg ha^{-1} ano $^{-1}$. Com relação ao Cl^- , o total aplicado é ainda maior, cerca de 9.848,79 kg ha^{-1} ano $^{-1}$, via água de irrigação.

Esses altos teores dos elementos encontrados na água e transportados ao solo via de irrigação, podem acarretar danos severos ao solo e à cultura da bananeira. Uma vez que, os principais sais solúveis encontrados nos solos resultam da combinação dos ânions CO_3^{--} , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{--} com os cátions Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e Na^+ , e o excesso desses sais, principalmente os sais de sódio, proporcionam efeitos negativos, como a diminuição do potencial osmótico da solução do solo e a quebra da estrutura física do solo (RICHARDS, 1954; ORCUTT e NILSEN, 2000). Decréscimos nas concentrações de nutrientes essenciais e desequilíbrio iônico e nutricional induzido principalmente pela competição do Na^+ e do Cl^- com os demais nutrientes minerais (LEVITT, 1980). Nestas condições, a salinidade interfere na disponibilidade de vários elementos essenciais às plantas (ARAÚJO, 1994). Podendo levar à deficiência de alguns nutrientes (FRANCOIS et al., 1991) ou à toxidez por outros (MARSCHNER, 1990). Além da concentração dos nutrientes as relações iônicas entre eles também são afetadas levando a desbalanços nutricionais que prejudicam o metabolismo das plantas (CRAMER et al., 1994). Provocando distúrbios na absorção e distribuição da maioria dos nutrientes minerais essenciais, de tal forma que a nutrição e o crescimento da planta ficam

comprometidos (IZZO et al., 1993). Reduzindo significativamente o rendimento das culturas (DIAS et al., 2003).

O cloreto não é retido nem absorvido pelas partículas do solo, deslocando-se facilmente com a água do solo, mas é absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração. O primeiro sintoma de toxidez deste íon, evidenciado nas plantas, é a queima do ápice das folhas que, em estágios avançados, atinge as bordas e promove sua queda prematura nas culturas sensíveis. A toxicidade do sódio é mais difícil de diagnosticar que a do cloreto, porém tem sido identificada claramente como resultado de alta proporção de sódio na água. Ao contrário dos sintomas de toxicidade do cloreto, que têm início no ápice das folhas, os sintomas típicos do sódio aparecem em forma de queimaduras ou necrose, ao longo das bordas. As concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos após vários dias ou semanas e os sintomas aparecem, de início, nas folhas mais velhas e em suas bordas e, à medida em que o problema se intensifica, a necrose se espalha progressivamente na área internerval, até o centro das folhas (DIAS et al., 2003). Os efeitos secundários da salinidade incluem efeitos osmóticos e deficiência de nutrientes induzida pela competição do Na^+ e do Cl^- com os demais nutrientes minerais durante o processo de absorção (LEVITT, 1980).

Pelo exposto, constata-se que a água residuária do Rio Bodocongó, possui elevadas concentrações de nutrientes essenciais à cultura da bananeira; esta particularidade, por si só, pode trazer benefícios econômicos consideráveis, tornando-se uma alternativa viável para a exploração de culturas irrigadas. Possibilitando o fornecimento de água e o aporte e reciclagem de nutrientes ao sistema solo-planta, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos. Entretanto, vale salientar que, em suas formas distintas, os elementos possuem comportamentos específicos e ainda que presente em abundância no Rio Bodocongó e frequentemente aplicado à cultura da bananeira via irrigação, sabe-se que estes nutrientes em suas formas minerais, são facilmente perdidos ou retidos na fase sólida do solo, motivo pelo qual nem todo conteúdo disponibilizado será aproveitado pela cultura da bananeira. Tendo em vista que a eficiência na utilização destes nutrientes pelas plantas está vinculada a fatores edafoclimáticos e culturais.

Assim, Silva et al. (1999) destacam que o equilíbrio entre os nutrientes no solo é essencial para o desenvolvimento da bananeira e o excesso de um nutriente pode induzir a deficiência de outro, o que acarretaria o aparecimento de distúrbios fisiológicos na planta, tornando-a mais susceptível ao ataque de pragas e organismos causadores de moléstias.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados alcançados constatou-se que as maiores concentrações dos íons K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- , encontrados na água do Rio Bodocongó, foram observadas em períodos de estiagem.

A água utilizada na irrigação da cultura da bananeira foi, em sua totalidade, classificada como cloretada sódica, independente do período de avaliação e da época do ano.

A água do Rio Bodocongó, enquadrou-se nas seguintes classes de qualidade de água para irrigação: C_3S_1 , C_3S_2 e C_4S_2 , em que 69,2% das amostras pertencentes à classe C_3 e 30,8% à classe C_4 , indicando que esta somente pode ser aplicada em culturas com alta tolerância salina, desde que cultivadas em solos bem drenados, permeáveis e abundantemente irrigados.

Os teores de Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- encontrados na água do Rio Bodocongó excedem os limites máximos recomendados pelas diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação, conforme Richards (1954) e, portanto, apresentam restrições severas quanto à sua utilização em sistemas irrigados.

O aporte de nutrientes essenciais com nitrogênio, fósforo e potássio, provenientes da água do Rio Bodocongó, pode trazer benefício econômicos consideráveis, à exploração da cultura da bananeira, diminuindo a necessidade de aquisição e aplicação fertilizantes químicos.

A utilização da água residuária do Rio Bodocongó na irrigação da cultura da bananeira cv. Pacovan deve ser acompanhada com cautela, pois elevados teores de Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- também são transportados ao solo, através das irrigações, o que a torna limitante para o uso continuado em sistemas produtivos irrigados.

A água do Rio Bodocongó apresenta grau de restrição elevado quanto à sua utilização na irrigação da cultura da bananeira cv. Pacovan, havendo a necessidade de se aplicar técnicas adequadas de manejo que promovam o aproveitamento correto dos seus nutrientes, sem prejuízos à cultura.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade de água para irrigação**. 21 ed. P. 234, Cruz das Almas-BA, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- ALVAREZ, V. M.; LEYVA, J. C.; VALERO, J. F.; GÓRRIZ, B. M. Economic assessment of shade cloth covers for agricultural irrigation reservoirs in a semi-arid climate. **Agricultural Water Management, Murcia**, n96, p.1351-1359, 2009.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19 ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 1995.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SILVA, Ê. F. de F. e; BASTOS, Edson A.; MELO, F. de B.; LEAL, Clarice M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.937-943, 2006.
- ANDRADE, E. M. de; AQUINO, D. N.; CRISOSTOMO, L. e A.; RODRIGUES, J. O.; CHAVES, L. C. G. Similaridade da composição hidroquímica das águas freáticas do perímetro irrigado do Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, RR, v. 4, n. 1, p. 11-19, jan-jun, 2010.
- ANTAS, F. P. S.; MORAIS, E. R. C. Monitoramento da qualidade química da água para fins de irrigação no Rio Açú- RN. **Holos**, Ano 27, Vol 4, 2011.
- ARANTES, E. M.; NOGUEIRA, F. D. Efeito da relação Ca/Mg do corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, nas concentrações de K, Ca e Mg, e nas relações catiônicas da parte aérea. **Ciência Prática**, v. 10, p. 136-145, 1986.
- ARAÚJO, A. L. de; KÖNIG, A.; MILANÊZ, J. G.; CEBALLOS, B. S. O. de. Reuso indireto de esgotos na irrigação de colunas experimentais de solo cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.). In: 20^o Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 2000, João Pessoa. **Anais eletrônicos do 21 Congresso da ABES**. Rio de Janeiro: ABES, v.1, p.1-9, 2001.
- ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. 1994. 87f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura: estudos, irrigação e drenagem Manual**. FAO 29. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BARROSO, A. de A. F.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. de O.; PALÁCIO, H. A. de Q.; LIMA, C. A. de. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.6, p.588-593, 2011.
- BARROSO, A. de A. F.; NESS, R. L. L.; GOMES FILHO, R. R.; SILVA, F. L. da; CHAVES, M. J. L.; LIMA, C. A. de. Avaliação qualitativa das águas subterrâneas para irrigação na região do baixo Jaguaribe – Ceará. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, CE, v.4, nº. 3, p.150-155, 2010.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 596 p.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 3, set.-dez. 2005.

BORGES, A. L. **Recomendação de adubação para a bananeira**. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2004. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 106).

BORGES, A. L.; COELHO, E. F. **Fertirrigação em bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 74).

BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; COSTA, E. L. da; SILVA, J. T. A. da. **Fertirrigação da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnico, 84).

BORGES, A. L.; COSTA, E. L. da. Requerimento de nutrientes para fertirrigação - banana. In: BORGES, A. L.; Coelho, E. F.; Trindade, A. V. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 77-84, 2002.

CABEZAS, W. A. R. L.; COUTO, P. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 31:739-752, 2007.

CANTARELA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F., ALVAREZ, V. H. V., BARROS, N. F., FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B., NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.375-470.

CHOWDARY, V. M.; RAO, N. H.; SARMA, P. B. S. **Decision support framework for assessment of non-point- source pollution of groundwater in large irrigation projects**. **Agricultural Water Management**, v.75 p. 94-225, 2005.

COSTA, A. C. S. da; FERREIRA, J. C.; SEIDEL, E. P.; TORMENA, C. A.; PINTRO, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos Argilosos tratados com ureia. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 467-473, 2004.

COSTA, T. C. F. Ações antrópicas de impactos negativos no açude de Bodocongó no município de Campina Grande – Paraíba. **Revista Brasileira de Informações Científicas**. v.2, n.2, p.78-89, 2011.

CRAMER, G. R.; ALBERICO, G. J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.21, p.675-692, 1994.

DIAS, N. S. GHEYI, H. R. DARTE, S. N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 2003. 118p. (Série Didática 3).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D. de; BOEIRA, R. C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. vol.41, n.5, p. 855-862, 2006.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência. FINEP, 1998. 575p.

FAO/ UNESCO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Irrigation, drainage and salinity**: an international source book. London, Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. 510p.

FARIA, F. H. de S.; LIMA, L. A.; RIBEIRO, M. S.; SANTOS, S. R.; RIBEIRO, K. M. Avaliação da salinidade, sodicidade e alcalinidade das águas subterrâneas para irrigação em Jaíba e Janaúba, Minas Gerais. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 299-313, jul-set, 2009.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza-CE: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p: il.

FIGUEIREDO, V. B.; MEDEIROS, J. F.; ZOCOLER, J. L.; SOBRINHO, J. S. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 02, p.231-240, abr. 2009.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 772-780, 2009.

FRANCOIS, L. E.; DONOVAN, T. J.; MAAS, E. V. Calcium deficiency at artichoke buds in relation to salinity. **Horticultural Science**, v.26, p.549-553, 1991.

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e recursos Hídricos**. Disponível em:<<http://www.funceme.br> > Acesso em 20 de novembro 2012.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. do.; RESENDE, A. V. de.; GUILHERME, L. R. G. GUEDES, G. A. de A. V. **Fertilidade do Solo**. Universidade Federal de Lavras. Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 2001, 252p.

GALLOWAY, J. N.; ABER, J. D.; ERISMAN, J. W.; SEITZINGER, S. P.; HOWART, R. W.; COWLING, E. B.; COSBY, J. Nitrogen cascade. **BioScience**. Washingt, v. 53, n. 4, p. 341-356, 2003.

HOEK, W.; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **Urban wastewater: a valuable resource for agriculture**. A case study from Horoonabad, Pakistan. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2002. 29 p. (Research Report, 63).

IZZO, R.; SCAGNOZZI, A.; BELLIGNO, A.; NAVARI-IZZO, F. Influence of NaCl treatment on Ca, K and Na interrelations in maize shoots. In: FRAGOSO, M. A. C.; BEUSICHEM, M. L. (Ed.) **Optimization of plant nutrition**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.577-582.

JADOSKI, C. J.; TOPPA, B. E. V.; JULIANETTI, A.; HULSBOF, T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; Fisiologia do desenvolvimento do estágio vegetativo da cana-de-açúcar, **Pesquisa aplicada e Agrotecnologia**, v3, n2 Mai-Ago 2010.

JADOSKI, S. O.; SAITO, L. R.; PRADO, C. do; LOPES, E. C.; SALES, L. L. S. R. Características da lixiviação de nitrato em áreas de agricultura intensiva. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**. v3 n1 Jan.- Abr. 2010.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress**. New York: Academic Press, p.365-488, 1980.

LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; CRISOSTOMO, L. A. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v.30, p.167-172, 2008.

- MAGALHÃES, N. F.; CEBALLOS, B. S. O. de; NUNES, A. B. de A.; GHEYI, H. R.; KONIG, A. Principais impactos nas margens do Baixo Rio Bodocongó - PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.128-135, 2002.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 4 ed. London: Academic Press, 1990. 674 p.
- MATOS, A. T. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: Borém, F. M. (Org.). **Pós-colheita do café**. 1.ed. Lavras-MG: UFLA, 2008. Cap. 6, p.159-201.
- MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 29, n. 4, p. 799-806, out./dez. 2008.
- MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. Ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1989. 400p.
- MONTEIRO, G. de S.; SILVA, J. N.; LÔBO, H. L. L. Estudo da razão de adsorção de sódio do rejeito de Dessalinizadores implantados no semiárido paraibano. **Centro Científico Conhecer-Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, vol.5, n.8, 2009.
- MONTEIRO, G. de S.; SILVA, S. K. da; SILVA, J. N. S.; LÔBO, H. L. Avaliação da razão de adsorção de sódio do concentrado de um dessalinizador via osmose inversa após pré-tratamentos Físico-químicos. **Centro Científico Conhecer - Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, vol.5, n.8, 2009.
- MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999.
- MOURA, R. da S.; HERNANDEZ, F. B. T.; LEITE, M. A.; FRANCO, R. A. M.; FEITOSA, D. G.; MACHADO, L. F. Qualidade da água para uso em irrigação na microbacia do córrego do cinturão verde, município de ilha solteira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, CE, v.5, nº. 1, p.68-74, 2011.
- NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Atividade e especiação química na solução afetadas pela adição de fósforo em latossolo sob plantio direto em diferentes condições de acidez. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 30:955-963, 2006.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.
- NUNES, W. A. G. de A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; RUIZ, H. A.; FREITAS, G. A.; BEIRIGO, R. M. Qualidade da água de irrigação de poços tubulares e do rio Gorutuba na região de Janaúba-MG. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 403-410, nov./dez. 2005.
- OLIVEIRA, F. M. de; FARIAS, S. A. R.; CEBALLOS, B. S. O. de; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, A. K. de. Diagnóstico de qualidade das águas da microbacia do riacho Angico, para fins de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.9, p.221-225, 2005.
- ORCUTT, D. M.; NILSEN, E, T. **The physiology of plants under stress-soil and biotic factors**. New York : John Wiley and Sons, 2000.

- ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da canade-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.14, n.5, p.13-17, 1996.
- PAULA, V. de; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L. Qualidade de água usada na agricultura urbana na cidade do Recife. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.9, p.123-127, 2005.
- PAULA, M. B.; HOLANDA, F. S. R.; MESQUITA, H. A.; CARVALHO, V. D. Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.7, p.1217-1222, 1999.
- PINTO, J. M. **Fertirrigação da bananeira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 8p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado Técnico, 84).
- POTAFOS, **Nutrifatos-Informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas**. Arquivo do agrônomo n.10, 1996.
- RANGEL, A.; PENTEADO, L. A.; TET, R. M. **Micronutrientes para a bananeira**. 2007. Disponível em: http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/plantas_frutiferas/_micronutri._banana.php. Acesso em: 07 dezembro de 2012.
- RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.15-22, 2005.
- RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FARIA, F. H. de S.; REZENDE, F. C.; FARIA, L. do A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 569-577, 2009.
- RICHARDS, L. A. (Ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washingt, DC: United States Salinity Laboratory Staff, USDA, (Agriculture Handbook, 60). 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60.
- SALVADOR, 28 J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista da Academia de Ciências Agrárias e Ambiental**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-32, jan.-mar. 2011.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 17-29, 2007.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.45-57, jan./abr. 2006.
- SANO, E. E.; LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. OLIVEIRA, E. C.; Estimativa da variação na demanda de água para irrigação por pivô central no distrito federal entre 1992 e 2002. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 02, p.508-515, ago. 2005.
- SILVA, Í. N.; FONTES, L. de O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B. de; OLIVEIRA, A. C. de. Qualidade de água na irrigação. **ACSA-Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.07, n 03, p. 01-15, julho/setembro 2011.
- SILVA, J. T. A. da; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. **Solos, adubação e nutrição da bananeira**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 21-36, jan.-fev. 1999.

- SILVA, J. T. A.; CARVALHO, J. G. . Avaliação nutricional de bananeira Prata-Anã (AAB), sob irrigação no semi-árido do norte de Minas Gerais, pelo método Dris. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 29, n. 4, p. 731-739, 2005.
- SILVA, J. T. A.; CARVALHO, J. G. de. Propriedades do solo, estado nutricional e produtividade de bananeiras Prata Anã irrigadas com águas calcárias. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 28, n. 2, p. 334-340, mar./abr. 2004.
- SILVA, M. B. R.; DANTAS NETO, J.; FERNANDES, P. D.; FARIAS, M. S. S. de. Cultivo de Pinhão Manso sob condições de estresse hídrico e salino, em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.9, n.2, 2009.
- SANTOS, A. C. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C. **Indicadores e dados básicos para a saúde no Ceará**. 2003, Secretária de Saúde do Estado do Ceará, v. 3, 105pp, 2000.
- SOUSA, V. F.; SANTOS, F. J. de S.; ALMEIDA, O. A. **Fertirrigação**. Documentos, 128. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-norte. Teresina-PI. 2005. 40p.
- SOUZA, L. S., VIEIRA NETO, R. D. **Cultivo da Banana para o Ecossistema dos Tabuleiros Costeiros**. EMBRAPA-CNPTIA. DISPONÍVEL em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaTabCosteiros/adubacao.htm>. Acesso em: 20/12/2012.
- STEFANUTTI, R.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Recuperação do fósforo residual do solo, derivado de um termofosfato magnésiano com diferentes granulometrias e do superfosfato simples granulado. **Scientia agricola** (Piracicaba, Braz.) vol.52 no.2 Piracicaba May-Aug., 1995.
- TRANI, P. E. Hortaliças folhosas e condimentos. In: PEREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, p.293-310, 2001.
- VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1997. 524p.
- VASCONCELOS, R. S.; LEITE, K. do N.; CARVALHO, C. M. de; ELOI, W. M.; SILVA, L. M. F. da; FEITOSA, H. de O. Qualidade da água utilizada para irrigação na extensão da microbacia do baixo acaraú. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.3, n.1, p.30-38 2009.
- VIANA, Larissa de Souza; SILVA, Kmila Gomes da; BERTOSSI, Ana Paula Almeida; MENDES, Thábata Nágime; XAVIER, Talita Miranda Teixeira. Análise da qualidade da água para fins de irrigação na microbacia do Rio Alegre, ES. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, vol.7, n.12; 2011.
- VIEIRA, R. F.; RAMOS, M. M. Fertirrigação. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

Capítulo 3

Crescimento inicial de bananeira ‘Pacovan’ irrigada com água residuária e fertirrigada com nitrogênio e potássio

RESUMO: Propôs-se este estudo com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes níveis de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados via água residuária sobre as características de crescimento da cultura da bananeira cv. Pacovan, no Agreste paraibano. O experimento foi conduzido na Fazenda Ponta da Serra, município de Queimadas - PB, às margens do Rio Bodocongó. Onde foram testados dois fatores: Nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de sulfato de amônio) e Potássio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de cloreto de potássio), no delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. As disposições de 403,32 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e 367,55 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹, provenientes da água residuária do Rio Bodocongó, permitiram reduzir as quantidades de fertilizantes nitrogenados e potássicos, sem prejuízos às variáveis de crescimento da cultura. As combinações de 150 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹ e 137,02 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, via fertirrigação, proporcionaram um incremento, em altura da ordem de 7,90 e 11,43%, respectivamente em relação às plantas que não receberam fertirrigação e as que receberam 300 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. Ao término do experimento, a aplicação de 155,43 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, via fertirrigação, conferiu um diâmetro máximo de 28,35 cm às plantas de bananeiras. Aos 240 dias de estudo, a dosagem de 218,63 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹ conferiu um diâmetro máximo de 22,81 cm. As fertirrigações com 300 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e 285,90 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹ aumentaram em 37,27% o número de folhas emitidas. Com as aplicações de 210,24 e 203,23 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹, via fertirrigação, obteve-se uma área foliar de 11,38 m² e um índice de área foliar da ordem de 1,89 m² m⁻², respectivamente. De modo geral, a cultura da bananeira mostrou-se responsiva às aplicações de nitrogênio e potássio via fertirrigação, visto que, o comportamento vegetativo das plantas foi significativamente afetado pelos acréscimos destes nutrientes acima, dos níveis máximos estimados nos modelos estatísticos, reduzindo consideravelmente seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Irrigação localizada, água residuária, nutrição de plantas

Initial growth banana 'Pacovan' irrigated with wastewater and fertigated with nitrogen and potassium

ABSTRACT: Proposed this study to evaluate the effects of different levels of nitrogen and potassium fertilizers applied via wastewater on the growth characteristics of the culture of banana cv. Pacovan in Agreste Paraiba. The experiment was conducted at Ponta da Serra, municipality of Queimadas-PB, the river Bodocongó. Where were tested two factors: nitrogen (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹, in the form of ammonium sulfate) and potassium (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹ year⁻¹, in the form potassium chloride), in randomized blocks with 4 x 4 factorial design with three replications. The provisions of 403,32 kg N ha⁻¹ year⁻¹ and 367,55 kg K ha⁻¹ year⁻¹, from wastewater river Bodocongó it possible to reduce the amounts of nitrogen and potassium fertilizers, without damage to variable crop growth. Combinations of 150 kg K ha⁻¹ year⁻¹ and 137,02 kg N ha⁻¹ year⁻¹, fertigation, provided a height increment of the order of 7,90 and 11,43%, respectively compared plants not receiving fertigation and receiving 300 kg N ha⁻¹ year⁻¹. At the end of the experiment, application of 155,43 kg N ha⁻¹ year⁻¹, fertigation, gave a maximum diameter of 28,35 cm to banana plants. 240 days of study, the dosage of 218,63 kg K ha⁻¹ year⁻¹ gave a maximum diameter of 22,81 cm. The fertigation with 300 kg N ha⁻¹ year⁻¹ and 285,90 kg K ha⁻¹ year⁻¹ increased by 37,27% the number of sheets issued. With the applications of 210,24 and 203,23 kg K ha⁻¹ year⁻¹, fertigation, obtained a leaf area of 11,38 m² and a leaf area index of the order of 1,89 m² m⁻², respectively. Overall, banana plantations was very responsive to applications of nitrogen and potassium fertigation, since the behavior of plant was significantly affected by additions of these nutrients above the peak levels estimated in the statistical models, greatly reducing its development .

Keywords: Irrigation located, wastewater, plant nutrition

1. INTRODUÇÃO

A expansão da agricultura irrigada tem intensificado a busca por métodos de produção mais eficientes e seguros, principalmente em regiões onde as precipitações pluviométricas são insuficientes para suprir as necessidades hídricas das culturas. Não obstante esta realidade, a irrigação com água residuária é vista como forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica nas regiões áridas e semiáridas, constituindo-se em importante estratégia de produção otimizando as explorações agrícolas nesta região. Servindo como fonte de nutrientes para as plantas e possibilitando a redução de custos, com a aquisição de fertilizantes químicos comerciais (MADEIRA et al., 2002; HESPANHOL, 2003, MEDEIROS et al., 2005).

No entanto, seu manuseio deve ser realizado mediante o acompanhamento do balanço de íons no solo, principalmente com relação ao sódio que, em geral, possui concentrações elevadas na água residuária restringindo a solubilidade de muitos nutrientes (SANDRI et al., 2009). E provocando alterações nas características químicas dos solos, como elevação do pH, dos teores de cálcio, sódio (SILVA et al., 2007; NUNES et al., 2008). Nitrogênio, fósforo e dos elementos que conferem salinidade (MANCUSO e SANTOS, 2003). Podendo trazer alguns riscos às plantas, como desfolha e queimaduras nas folhas de culturas sensíveis (AYERS e WESTCOT, 1991). E ainda promovendo o desbalanço de nutrientes no solo, contribuindo assim, para o desequilíbrio nutricional da cultura da bananeira.

Por outro lado, se bem conduzida esta técnica possibilita a disposição, no solo, dos nutrientes presentes na água residuária, na forma de fertirrigação. Onde além do potássio, outros nutrientes também estão presentes, tal como o nitrogênio, o fósforo e o cálcio, compondo, um material de elevado valor fertilizante que pode ser aproveitado e disposto no solo, com o objetivo de substituir alguns fertilizantes inorgânicos comumente utilizados no cultivo agrícola (LO MONACO et al., 2009). Reduzindo seu uso e diminuindo seu potencial poluidor (ERTHAL et al., 2010). Possibilitando o aumento na produtividade das culturas, reduzindo a poluição ambiental e promovendo melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (MATOS e LO MONACO, 2003). Além de outros benefícios proporcionados pela adequada nutrição das plantas, como o aumento da qualidade final do produto produzido e resistência a pragas e doenças (CORRÊA et al., 2001).

Desse modo, Falkoski Filho et al. (2010) enfatizam, que a importância da fertilidade do solo como fator de produção vem se consolidando cada vez mais entre técnicos, pesquisadores e produtores, haja vista que esta decorre do retorno no investimento em

fertilidade química, física e biológica do solo, para manter o equilíbrio desejado, fator fundamental para manutenção de um sistema produtivo e sustentável. Para Malavolta (1976) e Tisdale et al. (1985) a fertilização do solo é considerada em todo mundo a prática que mais promove aumento efetivo na produção da grande maioria das culturas. No entanto, intervenções equivocadas no que se refere à fertilidade química do solo, por parte do produtor, podem onerar tanto a parte econômica de uma propriedade como a manutenção de todo o sistema produtivo (FALKOSKI FILHO et al., 2010).

Apesar do reuso planejado ser amplamente utilizado e difundido mundialmente, no Brasil, mesmo com escassez dos recursos hídricos em algumas regiões, esta prática não tem sido utilizada de forma intensiva; entretanto, é consenso geral que a irrigação com efluente sem tratamento adequado pode ser nociva ao meio ambiente, à saúde humana, ao solo, aos aquíferos e às culturas irrigadas, pois tanto o afluente como o efluente podem conter certos constituintes poluentes (DUARTE et al., 2008). Sendo assim, há necessidade de se investigar mais a respeito das consequências do uso da água residuária na agricultura sobre o sistema solo-planta-micro-organismos e sobre o meio ambiente, de forma que se possa estabelecer critérios de manejo que visem à sustentabilidade técnica e ambiental desta tecnologia (SOUZA et al., 2005).

Assim, dada à relevância e atualidade desta temática propôs-se este estudo com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes níveis de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados via água residuária sobre as características de crescimento da cultura da bananeira cv. Pacovan, no Agreste paraibano.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste estudo as avaliações das características de desenvolvimento da cultura da bananeira cv. Pacovan foram realizadas em plantas previamente selecionadas, dentre aquelas que compõem as parcelas experimentais, nas fileiras duplas centrais, as quais, por ocasião da primeira avaliação, foram devidamente identificadas para avaliações subseqüentes, que se estenderam por intervalos regulares de 60 dias até a emissão da inflorescência, tomando-se como base as seguintes características:

2.1. Altura e diâmetro das plantas

Para avaliação da altura das plantas de bananeiras, foram realizadas medições periódicas em intervalos regulares de 60 dias, até a missão da inflorescência. Tais medições foram efetuadas com o auxílio de trena graduada, tomando-se a distância entre o solo e o ponto de inserção do limbo da terceira folha mais nova. Quanto ao diâmetro das plantas, este foi calculado com base nas medidas de circunferência do pseudocaule, tomadas a uma altura de 20 cm do solo, também com o auxílio de trena graduada e por ocasião das avaliações de altura das plantas.

2.2. Número de folhas

A contagem das folhas emitidas pelas plantas de bananeiras foi realizada visualmente nas plantas selecionadas em cada parcela experimental, por ocasião das avaliações de altura e diâmetro das plantas, consistindo no cômputo das folhas que se apresentassem totalmente abertas e com mais de 50% de área verde.

2.3. Área foliar e índice de área foliar

A determinação da área foliar da cultura em estudo foi realizada adaptando-se metodologia proposta e utilizada por Basanta et al. (2000); onde com o auxílio de um vazador manual com 0,9 cm de diâmetro, foram extraídos 20 discos, de várias partes do limbo da terceira folha mais jovem, das plantas avaliadas dentro de cada parcela experimental, os quais, juntamente com o restante das folhas usadas para retirada dos discos foliares, foram

aconicionados separadamente em sacos de papel e levados para secar em estufa de circulação forçada a 65 °C até atingirem peso constante, para obtenção da fitomassa seca.

Logo, de posse dos resultados de matéria seca das folhas (Msf), matéria seca dos discos foliares (ms) tomados através de uma balança analítica e do número de discos retirados por folha (n), foi calculada a área foliar total de cada planta (AFT, m² planta⁻¹), conforme equação abaixo, cujos, resultados foram multiplicados pelo número de folhas de cada planta analisada dentro de cada parcela experimental e apresentados em m².

$$AFT = Msf \times \left(\frac{n \cdot \pi \cdot r^2}{ms} \right) \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1} \dots\dots\dots \text{eq 2.0}$$

Em que: r² refere-se ao raio dos discos foliares.

Quanto ao índice de área foliar (IAF), este pode ser entendido como a razão entre a área foliar existente e a superfície ocupada pela planta ou comunidade vegetal (GONSALVES et al., 2011). Este índice foi encontrado empregando-se a seguinte equação:

$$IAF = \frac{AFT}{[(EF_d + EF_p) \times 0,5] \times E_p} \text{ m}^2 \text{ m}^{-2} \dots\dots\dots \text{eq 3.0}$$

Em que: IAF é o índice de área foliar (m² m⁻²);

AFT a área foliar total de cada planta (m²);

EF_d = espaçamento entre as fileiras duplas (m);

EF_p = espaçamento entre as fileiras de plantas (m);

E_p = espaçamento entre plantas (m).

2.4. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com base no delineamento experimental adotado neste estudo (ítem 3.6), realizando-se análise de variância dos dados e regressão, avaliando os efeitos isolados de cada fator, assim como a interação entre eles, à significância de 1 e 5% de probabilidade; para tanto, foi utilizado o pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Altura de plantas

Inicialmente percebe-se, na Tabela 5, que houve uma boa precisão experimental dentro dos tratamentos aplicados, onde o coeficiente de variação situou-se entre 10 e 20%, nesta condição, Gomes (2000) ressalta que para experimentos agrícolas de campo esta faixa representa média precisão experimental.

O resumo da análise de variância (Tabela 5) revelou haver efeito significativo a nível de 1% de probabilidade do fator nitrogênio sobre a variável altura de plantas de bananeiras cv. Pacovan, dos 120 dias de avaliação até o término do experimento. Já os diferentes níveis de potássio estudados não proporcionaram efeito significativo em relação à variável estudada. Por outro lado, constatou-se efeito significativo a nível de 5% de probabilidade da interação nitrogênio x potássio dos 240 dias de avaliação até o término do experimento.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para a variável altura de plantas de bananeira cv. Pacovan, aos 60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420 dias de estudo

Fatores	GL	Quadrados Médios						
		60	120	180	240	300	360	420
Nitrogênio	3	0,023 ^{ns}	0,714 ^{**}	1,682 ^{**}	2,033 ^{**}	3,221 ^{**}	3,357 ^{**}	3,688 ^{**}
Regressão Linear	1	0,021 ^{ns}	0,069 ^{ns}	0,238 ^{ns}	0,545 ^{ns}	1,355 [*]	2,128 ^{**}	3,525 ^{**}
Regressão Quadrática	1	0,029 ^{ns}	2,037 ^{**}	4,196 ^{**}	5,339 ^{**}	7,999 ^{**}	7,849 ^{**}	6,952 ^{**}
Regressão Cúbica	1	0,018 ^{ns}	0,037 ^{ns}	0,612 ^{ns}	0,214 ^{ns}	0,309 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,587 ^{ns}
Potássio	3	0,017 ^{ns}	0,312 ^{ns}	0,406 ^{ns}	0,131 ^{ns}	0,039 ^{ns}	0,105 ^{ns}	0,023 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,019 ^{ns}	0,269 ^{ns}	0,035 ^{ns}	0,101 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,289 ^{ns}	0,059 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,031 ^{ns}	0,316 ^{ns}	0,624 ^{ns}	0,196 ^{ns}	0,083 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,0007 ^{ns}	0,351 ^{ns}	0,558 ^{ns}	0,098 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio	9	0,038 ^{ns}	0,154 ^{ns}	0,428 ^{ns}	0,548 [*]	0,576 [*]	0,301 [*]	0,245 [*]
Bloco	2	0,064 ^{ns}	0,105 ^{ns}	0,519 ^{ns}	0,363 ^{ns}	0,341 ^{ns}	0,359 ^{ns}	0,166 ^{ns}
Resíduo	30	0,027	0,112	0,262	0,275	0,258	0,173	0,157
CV (%)		11,55	15,86	19,12	16,58	15,15	11,13	10,5

** e * significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Com base nos resultados encontrados para os estudos de regressão e conforme os modelos estatisticamente significativos obtidos neste estudo, optou-se por aquele que melhor se ajustou à natureza dos resultados encontrados, bem como os respectivos coeficientes de dispersão (R^2) apresentados por estes.

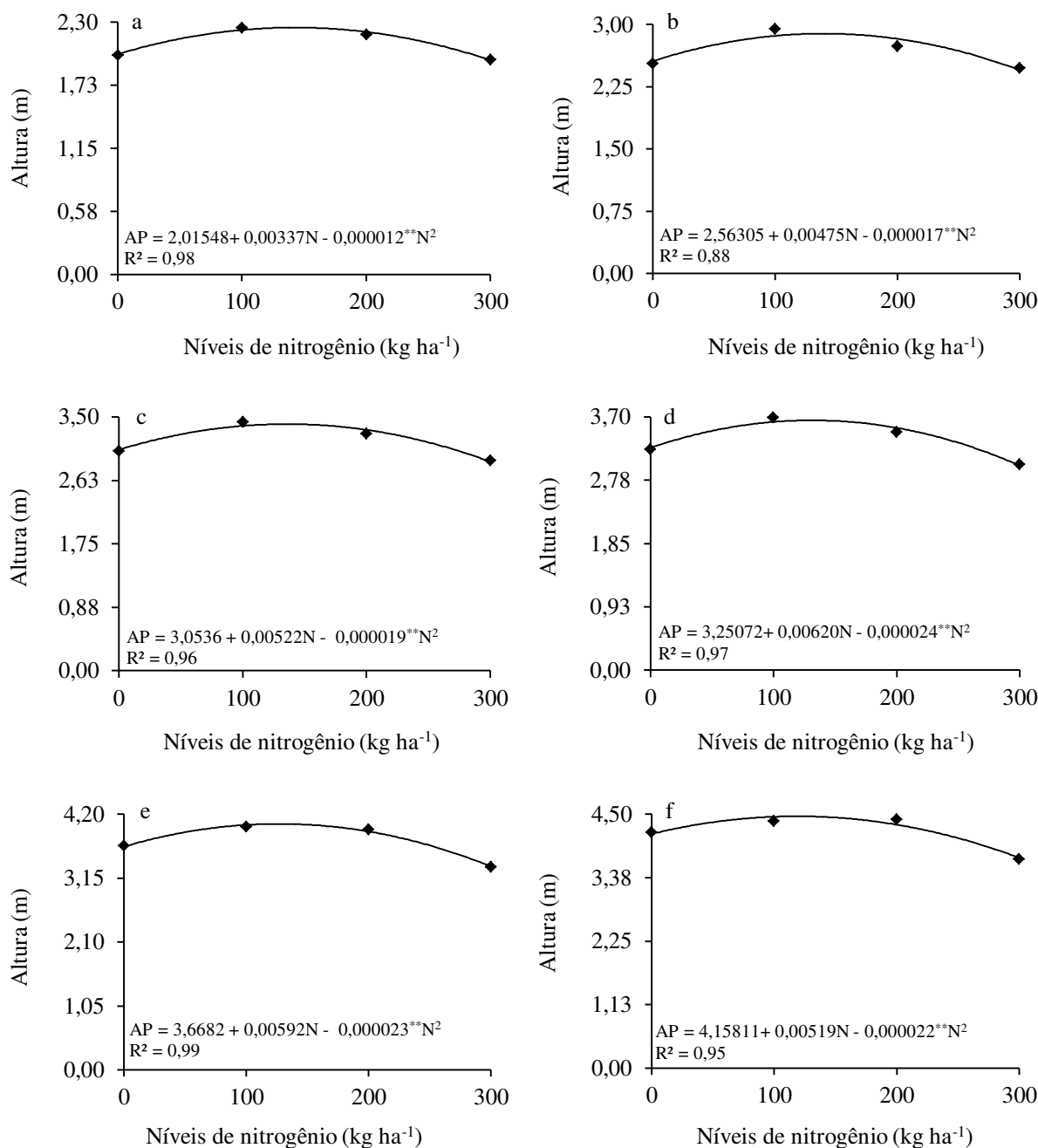


Figura 7. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre a altura de planta de bananeira cv. Pacovan aos 120 (a), 180 (b), 240 (c), 300 (d) 360 (e) e 420 (f) dias de estudos

Analisando a Figura 7, verifica-se que a cultura da bananeira respondeu positivamente aos diferentes níveis de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Onde, de acordo com os resultados apresentados na Figura 7a, nota-se que aos 120 dias de estudo, a aplicação de 140,54 kg de N ha⁻¹ proporcionou a altura máxima de 2,23 m às plantas de bananeira representando um incremento de 9,73% em relação às plantas que não receberam adubações nitrogenadas e a 12,78% em relação ao maior nível de nitrogênio estudado (300 kg ha⁻¹). Aos 180 dias de avaliação a altura máxima das plantas de bananeira (2,87 m) foi observada

quando foram aplicados 139,91 kg de N ha⁻¹ (Figura 7b). Aos 240 dias, a altura máxima foi de 3,39 m, sendo esta, obtida com a aplicação de 137,55 kg de N ha⁻¹ (Figura 7c). Comportamento semelhante pode ser observado aos 300 dias de estudo (Figura 7d), onde o nível de nitrogênio correspondente a 129,23 kg ha⁻¹ conferiu a altura máxima de 3,63 m às plantas de bananeiras. Aos 360 dias de estudo a altura máxima das plantas de bananeira (4,03 m) foi obtida com a aplicação de 128,63 kg de N ha⁻¹ (Figura 7e). Ao final do experimento, a análise de regressão permitiu estabelecer que a melhor resposta, em termos de desenvolvimento inicial, foi obtida com a aplicação de 118,00 kg de N ha⁻¹, conferindo uma altura máxima de 4,46 m às plantas de bananeira. Confrontando o valor de 4,16 m obtido na ausência de fertirrigação nitrogenada com o máximo estimado, verifica-se um incremento da ordem de 6,71%, na altura das plantas de bananeira, já em relação ao maior nível de nitrogênio estudado (300 kg ha⁻¹), este incremento corresponde a 16,19% (Figura 7f).

Tais resultados são compatíveis com os obtidos por Melo et al. (2010), os quais verificaram que aos 180 dias após o transplântio a aplicação de 359,54 kg de N ha⁻¹ conferiu uma altura máxima de 117,93 cm às bananeiras Prata-anã. Brasil et al. (2000), verificaram que aos 240 dias de plantio, a aplicação de 13,0 g de N planta⁻¹ proporcionou uma altura máxima de 121 cm às bananeiras cv. Pioneira. Enquanto que, Alves et al. (2010), obtiveram que no segundo ciclo produtivo as bananeira cv. Grande Naine sob fertirrigação nitrogenada apresentaram altura média de 2,58 m.

De modo geral percebe-se, com base nos resultados expostos na Figura 7, que aos 120 dias de estudo a cultura da bananeira demandou maior quantidade de nitrogênio para seu crescimento inicial. A partir deste período as quantidades de nitrogênio requeridas para se obter o incremento máximo em altura das plantas são, gradativamente reduzidas até o término do experimento. De acordo com Ratke et al. (2012) e Pinto (2008) isto ocorre porque o nitrogênio é importante para o crescimento vegetativo da planta principalmente nos três primeiros meses, quando o meristema encontra-se em desenvolvimento.

Por outro lado, o acréscimo de nitrogênio acima do valor máximo estimado pelo modelo estatístico até o maior nível estudado (300 kg ha⁻¹ ano⁻¹), reduziu significativamente a altura das plantas de bananeira, independente do período de avaliação. Isto se deu, provavelmente, em função dos elevados teores de nitrogênio provenientes da água residuária (403,32 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e de sua constante disponibilização à cultura através das irrigações, que complementado com pouco mais de 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ foi suficiente para se obter maior incremento em altura das plantas de bananeiras, uma vez que, os níveis acima do máximo estimado foram prejudiciais à cultura, reduzindo consideravelmente seu crescimento. Segundo

Smith (1965) e Witt (1997), em quantidades elevadas este nutriente pode dificultar o desenvolvimento radicular das plantas, e com isso comprometer seu desenvolvimento. Especialmente na cultura da bananeira, cujo, desenvolvimento vegetativo (altura das plantas, diâmetro do pseudocaule e a expansão da área foliar) está positivamente correlacionado com o desenvolvimento do sistema radicular da planta (BLOMME et al., 2001).

Os desdobramentos em componentes de regressão do fator nitrogênio em cada nível de potássio aplicado via fertirrigação (Tabela 6), revelam haver efeito significativo a nível de 1 e 5% de probabilidade, sobre a variável altura das plantas quando aplicados os níveis de 150 e 300 kg de K de K ha⁻¹ aos 240, 300, 360 e 420 dias de estudo. No maior nível estudado (450 kg de K ha⁻¹) houve efeito significativo a nível de 1% de probabilidade aos 300, 360 e 420 dias de avaliação.

Tabela 6. Análise de Regressão dos níveis de nitrogênio em função dos níveis de potássio para a variável comprimento do pseudocaule das plantas de bananeira cv. Pacovan, aos 240, 300, 360 e 420 dias de estudos

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		240	300	360	420
Nitrogênio dentro do nível de 0 kg de K ha ⁻¹	3	0,288 ^{ns}	0,543 ^{ns}	0,503 ^{ns}	0,292 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,587 ^{ns}	0,966 ^{ns}	1,073 ^{ns}	0,581 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,062 ^{ns}	0,346 ^{ns}	0,431 ^{ns}	0,282 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,216 ^{ns}	0,318 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,012 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 150 kg de K ha ⁻¹	3	0,937*	0,977**	0,901**	0,592**
Regressão Linear	1	1,054 ^{ns}	0,794 ^{ns}	0,121 ^{ns}	0,159 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	1,724*	2,035**	2,245**	1,476**
Regressão Cúbica	1	0,033 ^{ns}	0,101 ^{ns}	0,338 ^{ns}	0,141 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 300 kg de K ha ⁻¹	3	1,829**	2,288**	1,507**	1,330**
Regressão Linear	1	2,191**	2,280**	1,820**	1,248**
Regressão Quadrática	1	3,276**	4,579**	2,700**	2,597**
Regressão Cúbica	1	0,021 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,146 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 450 kg de K ha ⁻¹	3	0,623 ^{ns}	1,141**	1,346**	2,210**
Regressão Linear	1	0,066 ^{ns}	0,528 ^{ns}	0,774*	2,180**
Regressão Quadrática	1	1,558 ^{ns}	2,255**	3,258**	3,667**
Regressão Cúbica	1	0,245 ^{ns}	0,642 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,782*

** e * significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

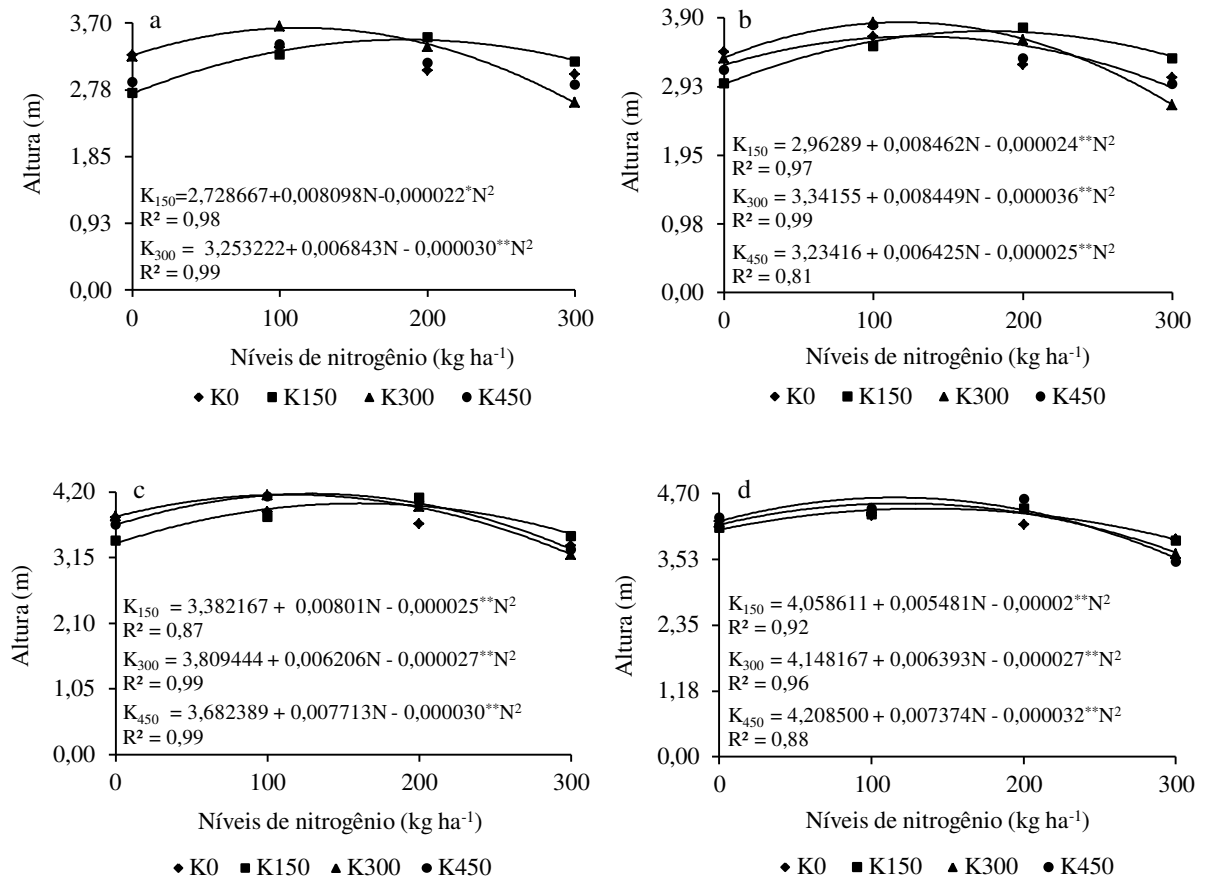


Figura 8. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre a altura de plantas de bananeira cv. Pacovan aos 240 (a), 300 (b), 360 (c) e 420 (d) dias de estudo

Com base nos resultados obtidos observa-se, a partir da Figura 8a, que aos 240 dias de avaliação a aplicação conjunta de 300 kg de K ha⁻¹ e 114,05 kg de N ha⁻¹, conferiu altura máxima de 3,64 m às plantas de bananeira, representando um acréscimo de 10,56% em relação às plantas não fertirrigadas. Ao se aplicar 150 kg de K ha⁻¹ associado a 184,05 kg de N ha⁻¹, a altura máxima das plantas foi de 3,47 m, correspondendo a um incremento de 21,32% em relação às plantas que não receberam fertirrigação nitrogenada e potássica. Aos 300 dias de avaliação (Figura 8b), a aplicação combinada de 300 kg de K ha⁻¹ e 117,35 kg de N ha⁻¹ proporcionou uma altura máxima de 3,83 m às plantas de bananeira. No entanto, quando aplicou-se 150 kg de K ha⁻¹ e 176,29 kg de N ha⁻¹, o maior valor encontrado para esta variável foi de 3,70 m. No maior nível de potássio estudado (450 kg ha⁻¹) a aplicação de 128,50 kg de N ha⁻¹ conferiu uma altura máxima de 3,63 m às plantas de bananeira.

Nas avaliações realizadas aos 360 dias (Figura 8c) as aplicações conjuntas de 150 kg de K ha⁻¹ e 160,22 kg de N ha⁻¹ proporcionaram uma altura máxima de 3,98 m às plantas de bananeira, constatando-se um incremento de 15,11% em relação às plantas não fertirrigadas, e

de 11,27% quando comparado ao maior nível de nitrogênio aplicado à cultura (300 kg ha⁻¹). Verifica-se, ainda, que a altura máxima estimada de 4,16 m foi obtida com as aplicações conjuntas de 300 kg de K ha⁻¹ e 114,92 kg de N ha⁻¹, conferindo acréscimo na altura das plantas de 8,42% e 22,08%, respectivamente em relação àquelas não fertirrigadas e às que receberam 300 kg de N ha⁻¹. Quando se aplicou o maior nível de potássio estudado (450 kg ha⁻¹) associado a 128,55 kg de N ha⁻¹, a altura máxima das plantas foi de 4,15 m; comparando com as parcelas não fertirrigadas, constata-se um incremento de 11,35% na altura das plantas; em relação ao maior nível de nitrogênio aplicado (300 kg ha⁻¹), este incremento foi ainda mais expressivo (20,64%).

Ao final do experimento (Figura 8d) nota-se que as aplicações conjuntas de 150 kg de K ha⁻¹ e 137,02 kg de N ha⁻¹ conferiram uma altura máxima de 4,41 m às plantas de bananeira, representando um incremento em altura da ordem de 7,90 e 11,43%, respectivamente, em relação às plantas que não receberam fertirrigação e ao maior nível de nitrogênio aplicado (300 kg ha⁻¹); verificou-se, ainda, que a combinação de 300 kg de K ha⁻¹ e 118,38 kg de N ha⁻¹ conferiu uma altura máxima estimada de aproximadamente 4,52 m; já a aplicação de 450 kg de K ha⁻¹ juntamente com 115,22 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação, proporcionou uma altura de 4,63 m às plantas de bananeira no ponto máximo do modelo estatístico, representando um incremento da ordem de 9,02%, quando comparado ao valor de 4,21 m obtido na ausência de fertirrigação; em relação ao maior nível de nitrogênio estudado (300 kg ha⁻¹) este incremento foi de 23,46%.

Face aos resultados obtidos, constata-se que a cultura da bananeira apresentou comportamento distinto em meio às diferentes combinações dos fertilizantes nitrogenados e potássicos, conforme cada período de avaliação, ao passo que a cultura respondeu positivamente às aplicações conjuntas destes dois nutrientes, culminando em redução do seu crescimento com a aplicação de níveis mais elevados de nitrogênio, reforçando ainda mais a hipótese de que os níveis de nitrogênio acima do máximo estimado somados aos elevados teores deste nutriente na água residuária, foram prejudiciais à cultura.

Uma vez que a cultura da bananeira é muito exigente em nutrientes, principalmente em nitrogênio e potássio, devido ao seu desenvolvimento rápido, sua grande área foliar e produção, entretanto, as quantidades extraídas são maiores de potássio do que de nitrogênio durante o ciclo de formação das plantas (RATKE et al., 2012). No entanto, é desejável que haja equilíbrio entre estes dois nutrientes (SANTOS et al., 2009 e TEIXEIRA et al., 2002). Visando aumentar a eficiência de sua utilização, quantificando níveis adequados e conhecendo a magnitude e a velocidade das suas transformações (ALVES et al. 2010).

Neste sentido, Guerrero e Gargban (2002) indicam que a adubação com potássio e nitrogênio em bananeira, pode ser feita pela proporção de 2 : 1 ou 3 : 1. Mas, segundo estes autores, os resultados são melhores quando utilizada a proporção de 2 : 1. Assim, algumas pesquisas realizadas com diversas cultivares de bananeiras mostram que as quantidades utilizadas de nitrogênio são de 30 a 50% menores que as quantidades de potássio aplicadas à cultura (SILVA et al., 2003; GUERRA et al., 2004; SOUSA et al., 2004 e WEBER et al., 2006).

Diante dos resultados obtidos, é possível sugerir que nas condições edafoclimáticas do Agreste paraibano a faixa adequada de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, para a cultura da bananeira cv. Pacovan, é de 150 kg de K ha⁻¹ e 137,02 kg de N ha⁻¹, visto que estes conferiram uma altura máxima de 4,41 m às plantas. Santos et al. (2006) salientam que em uma cultivar comercial, é indesejável que a bananeira expresse valores de altura de plantas muito elevados, o que pode dificultar a colheita e provocar o tombamento da planta em decorrência de ventos fortes e ataques de nematoides e broca-das-bananeiras. Além disso, de acordo com Damatto Júnior et al. (2011), a altura da planta é um descritor importante tanto do ponto de vista fitotécnico como genético, permitindo maior adensamento e, conseqüentemente, maiores produtividades.

3.2. Diâmetro do pseudocaule

A partir dos resultados encontrados na Tabela 7, verifica-se efeito quadrático a nível de 1% de probabilidade do fator níveis de nitrogênio, sobre o diâmetro do pseudocaule das plantas de bananeira, em todos os períodos avaliados; nota-se, também, efeito isolado a nível de 1% de probabilidade dos diferentes níveis de potássio aplicados via fertirrigação, aos 60, 120, 180 e 240 dias de avaliação sem, no entanto, haver significância para os demais períodos. Também, não houve efeito da interação entre os diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre o diâmetro do pseudocaule das plantas de bananeiras nos diferentes períodos de avaliação.

Com base nos valores de coeficiente de variação (Tabela 7) percebe-se que houve boa precisão experimental, em que estes se apresentam de médio a alto, conforme Gomes (2000).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro do pseudocaule da cultura da bananeira cv. Pacovan, aos 60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420 dias de estudo

Fatores	GL	Quadrados Médios						
		60	120	180	240	300	360	420
Nitrogênio	3	49,484**	82,742**	103,689**	107,449**	128,652**	98,968**	120,074**
Regressão Linear	1	5,605 ^{ns}	2,796 ^{ns}	0,262 ^{ns}	12,987 ^{ns}	36,716 ^{ns}	10,568 ^{ns}	3,786 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	140,205**	240,689**	306,221**	309,349**	339,573**	273,931**	287,387**
Regressão Cúbica	1	2,641 ^{ns}	4,738 ^{ns}	4,584 ^{ns}	0,008 ^{ns}	9,667 ^{ns}	12,406 ^{ns}	69,049*
Potássio	3	76,999**	110,863**	95,685**	38,299**	23,912 ^{ns}	22,765 ^{ns}	12,241 ^{ns}
Regressão Linear	1	67,106**	123,645**	160,168**	1,846 ^{ns}	5,909 ^{ns}	0,499 ^{ns}	4,797 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	19,411 ^{ns}	78,544**	68,876**	107,641**	58,077 ^{ns}	53,229 ^{ns}	25,545 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	144,480**	130,398**	58,009*	5,412 ^{ns}	7,748 ^{ns}	14,566 ^{ns}	6,383 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio	9	9,416 ^{ns}	12,488 ^{ns}	14,748 ^{ns}	19,603 ^{ns}	21,594 ^{ns}	19,437 ^{ns}	17,138 ^{ns}
Bloco	2	0,535 ^{ns}	4,095 ^{ns}	23,220 ^{ns}	43,156 ^{ns}	54,281 ^{ns}	50,001 ^{ns}	77,261 ^{ns}
Resíduo	30	6,598	9,039	11,823	12,782	13,981	13,907	14,786
CV (%)		24,87	22,56	21,79	16,34	15,35	14,59	14,31

** e * significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Com base nos resultados obtidos verifica-se, nas Figuras 9 e 10, as tendências e comportamentos desta variável, conforme cada período de avaliação, respectivamente em função dos níveis de nitrogênio e potássio, aplicados via fertirrigação.

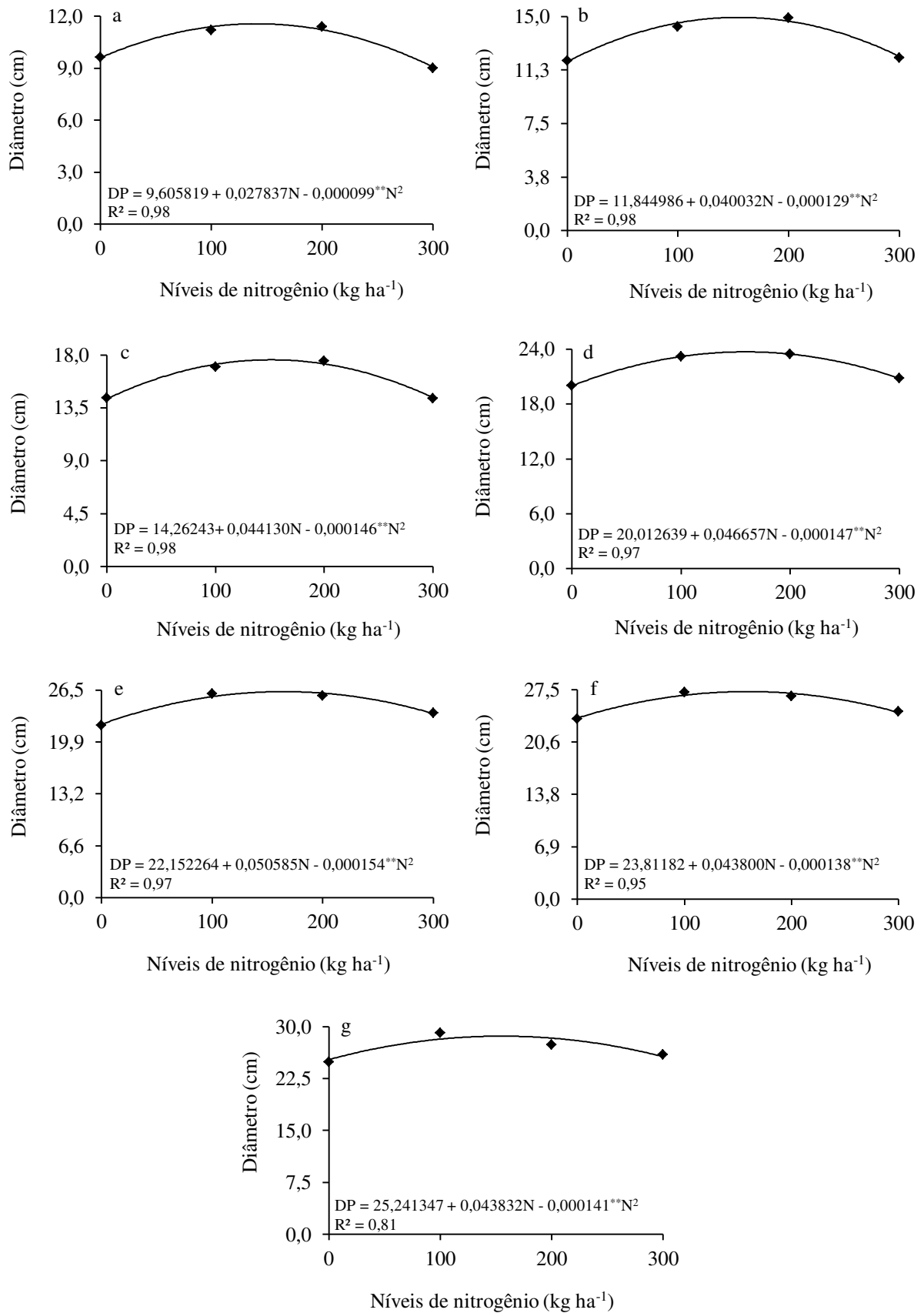


Figura 9. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre o diâmetro do pseudocaule das plantas de bananeira cv. Pacovan aos 60 (a), 120 (b), 180 (c), 240 (d), 300 (e) 360 (f) e 420 (g) dias de estudo

Desse modo, conforme os modelos estatísticos obtidos para este fator verificam-se, inicialmente na Figura 9a, que a aplicação de 140,59 kg de N ha⁻¹ conferiu, às plantas de bananeira, um diâmetro máximo de 11,40 cm, representando incrementos da ordem de 15,73 e 20,64%, respectivamente, em relação às plantas não fertirrigadas e as que receberam o equivalente a 300 kg de N ha⁻¹; aos 120 dias (Figura 9b), a aplicação de 155,16 kg de N ha⁻¹ conferiu um diâmetro máximo de 14,69 cm às plantas de bananeira, indicando haver um incremento de 19,37% em relação às plantas não fertirrigadas e de 16,65% em relação às que receberam 300 kg de N ha⁻¹.

Aos 180 dias de estudo (Figura 9c), o nível de nitrogênio correspondente a 151,13 kg ha⁻¹, proporcionou maior diâmetro às plantas de bananeira (17,25 cm) no ponto máximo do modelo estatístico, correspondendo a um acréscimo de 17,15% na ausência de fertirrigação nitrogenada e de 16,58% no maior nível de nitrogênio estudado (300 kg ha⁻¹). Decorridos 240 dias de avaliação, a aplicação de 158,70 kg de N ha⁻¹ proporcionou um diâmetro máximo estimado de 23,46 cm às plantas de bananeira (Figura 9d); neste período o acréscimo no diâmetro do pseudocaule das plantas de bananeiras corresponde a 13,77 e 10,46%, respectivamente, em relação às plantas não fertirrigadas e àquelas que receberam 300 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação.

Aos 300 dias de avaliação o diâmetro máximo encontrado foi de 26,11 cm quando aplicou-se o equivalente a 164,24 kg de N ha⁻¹ (Figura 9e) havendo, portanto, incrementos da ordem de 13,71% em relação àquelas não fertirrigadas e de 8,58% no maior nível de nitrogênio (300 kg ha⁻¹). Aos 360 dias de estudo constata-se que a aplicação de 158,70 kg de N ha⁻¹ conferiu, às plantas de bananeira, um diâmetro máximo de 27,05 cm (Figura 9f); em relação às plantas não fertirrigadas, este incremento foi de 11,19%, enquanto que, ao se aplicar 300 kg de N ha⁻¹, observou-se um incremento de apenas 8,50%.

Ao final do experimento (420 dias de estudo) o pseudocaule das bananeiras cv. Pacovan apresentaram um diâmetro máximo de 28,35 cm, sendo este, obtido com a aplicação de 155,43 kg de N ha⁻¹, no ponto máximo do modelo estatístico quadrático (Figura 9g); para este período verificou-se que os incrementos em diâmetro foram de apenas 5,86% em relação às plantas não fertirrigadas e de 4,14% em relação ao maior nível de nitrogênio aplicado à cultura (300 kg ha⁻¹).

Assim como o nitrogênio, os níveis de potássio aplicados via fertirrigação, influenciaram sensivelmente o diâmetro do pseudocaule das plantas de bananeira, a qual apresentou comportamento distinto, conforme cada período de avaliação, constatando-se efeito linear e quadrático a nível de 1% de probabilidade (Figura 10).

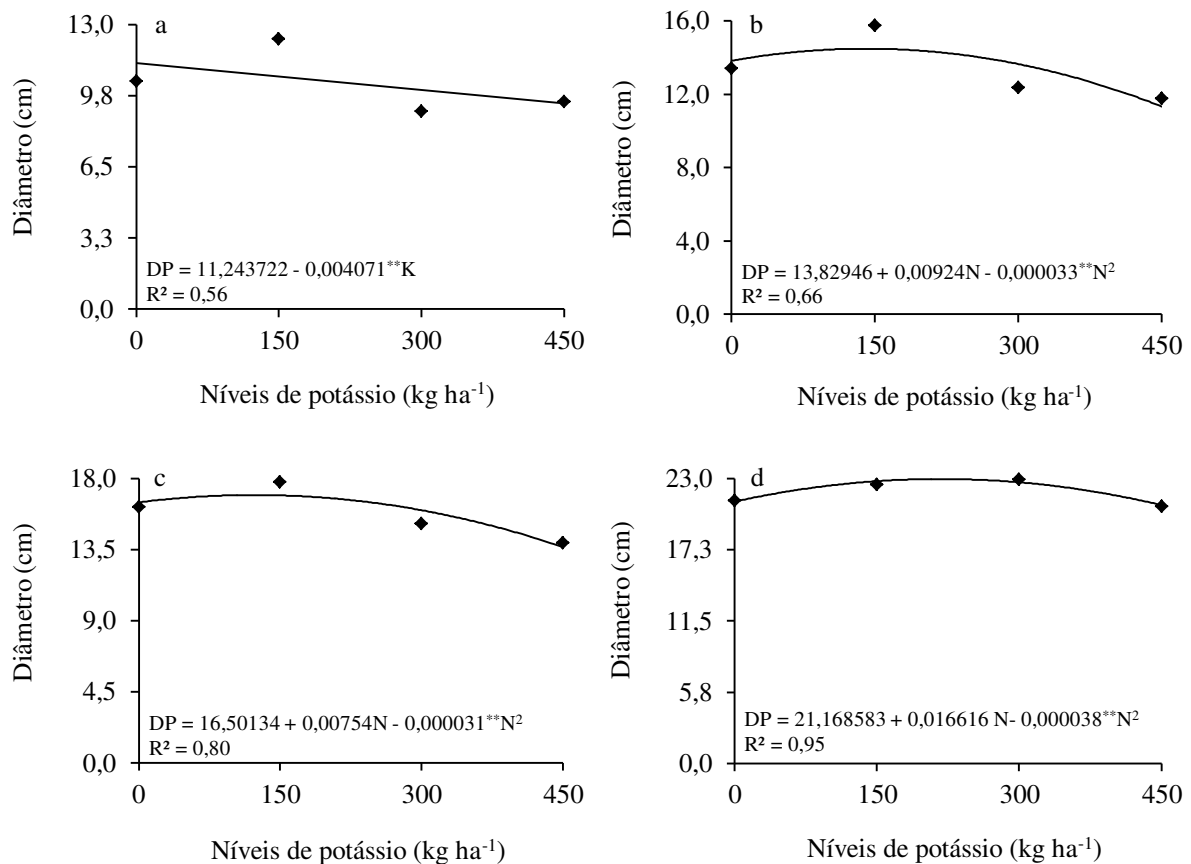


Figura 10. Efeito dos diferentes níveis de potássio sobre o diâmetro do pseudocaule das plantas de bananeira cv. Pacovan aos 60 (a), 120 (b), 180 (c) e 240 (d) dias de estudo

Com base nestes resultados constata-se, inicialmente, que aos 60 dias de estudo houve uma redução expressiva do diâmetro do pseudocaule das plantas de bananeira, em função dos níveis crescentes de potássio. No maior nível estudado (450 kg ha⁻¹) o diâmetro foi de apenas 9,41 cm, o que corresponde a um decréscimo de 16,29%, em relação ao valor de 11,24 cm obtido na ausência de fertirrigação potássica (Figura 10a). Segundo a equação obtida, verifica-se uma redução de 0,004071 cm no diâmetro do pseudocaule para cada quilograma de potássio, aplicado via fertirrigação.

Aos 120 dias de avaliação o diâmetro máximo obtido foi de 14,47cm com a aplicação de 140 kg de K ha⁻¹. Estima-se, então, que houve um acréscimo de apenas 4,45% em relação às plantas não fertirrigadas e de 21,89% em relação àquelas que receberam 450 kg de K ha⁻¹ (Figura 10b). Aos 180 dias de avaliação (Figura 10c) o nível de 121,61 kg de K ha⁻¹ conferiu, às plantas de bananeira, um diâmetro máximo de 16,93 cm. Em relação às parcelas não fertirrigadas, esse incremento foi de apenas 2,56%; já em relação ao maior nível de potássio aplicado (450 kg ha⁻¹) o incremento foi de 19,59%. Nas avaliações realizadas aos 240 dias (Figura 10d), o diâmetro máximo estimado foi de 22,81 cm, sendo este obtido com a

aplicação de 218,63 kg de K ha⁻¹; dessa forma, infere-se que houve acréscimos de 7,18% e 8,13%, respectivamente, em relação às bananeiras não fertirrigadas e em relação às plantas que receberam o equivalente a 450 kg de K ha⁻¹.

O diâmetro do pseudocaule está relacionado ao vigor da planta e reflete diretamente a capacidade de sustentação do cacho. Assim, quanto maior diâmetro, menor a suscetibilidade ao tombamento (SILVA e ALVES, 1999). Haja vista ser esta uma das características frequentemente empregadas em estudo de melhoramento genético de bananeira (LEITE et al., 2003). Sendo relevante para a identificação e a seleção de indivíduos superiores, mediante o uso de caracteres morfológicos, que possam vir a ser recomendados para incorporação aos sistemas de produção (SILVA et al., 2000). Relacionando-se com a densidade de plantio e a capacidade de sustentação do cacho (SILVA et al., 2002). Pois o tombamento de plantas e/ou a quebra do pseudocaule pela ação dos ventos, geralmente está relacionado ao porte elevado e reduzido diâmetro do pseudocaule (TEIXEIRA, 2001). Desse modo, a altura de plantas e o diâmetro do pseudocaule são considerados um dos principais descritores sob o ponto de vista fitotécnico e de melhoramento, pois estão ligados aos aspectos de densidade de plantio, produção e manejo da cultura (GONÇALVES et al., 2008).

Estas características têm sido frequentemente empregadas em estudos com a cultura da bananeira, a exemplo de Ramos e Leonel (2009) que observaram que as plantas de bananeira no primeiro ciclo de produção apresentaram circunferência do pseudocaule de 59,8 cm (19,03 cm de diâmetro) na época da emissão da inflorescência. Em experimento realizado em Botucatu-SP, Leonel et al. (2004), observaram uma circunferência do pseudocaule de 71,8 cm (22,85 cm de diâmetro) em bananeira cv. Nanicão. Enquanto que, Silva et al. (2008), estudando os efeitos da aplicação de diferentes níveis de potássio, magnésio e cálcio sobre o desenvolvimento de mudas de bananeira 'Prata-anã', obtiveram diâmetro máximo de 3,7 cm com aplicações de 222 e 85 mg dm⁻³ de K e Mg, respectivamente. Donato et al. (2006) verificaram que, dentre os genótipos de bananeiras pesquisados, o que apresentou maior perímetro do pseudocaule foi o híbrido Calipso, com 104,24 cm (33,18 cm de diâmetro), e o menor valor correspondeu à variedade Pacovan, com 84,71 cm (26,96 cm de diâmetro), não diferindo, porém, da Nanicão, Grande Naine e FHIA 02. Souza et al. (2011); Léo et al. (2008) e Damatto Junior et al. (2011), verificaram incrementos na circunferência do pseudocaule de bananeiras, do primeiro para o segundo ciclo de produção.

A partir dos resultados expostos nas Figuras 9 e 10, verifica-se que os maiores níveis de nitrogênio e potássio aplicados à cultura da bananeira via fertirrigação, proporcionaram reduções significativas no diâmetro do pseudocaule das plantas em relação aos níveis ótimos

destes nutrientes estimados nos modelos estatísticos. Este fato ocorreu, provavelmente, devido ao aporte de elevados teores de nutrientes contidos na água residuária, principalmente nitrogênio ($403,32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e potássio ($367,55 \text{ kg de K ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) os quais tiveram seus teores acrescentados também aos dos fertilizantes estudados.

Resultados semelhantes foram encontrados por Teixeira (2000) ao observar efeito linear decrescente de N e quadrático de K sobre o diâmetro do pseudocaule de bananeiras. Brasil et al. (2000), estudando adubação nitrogenada e potássica em bananeira, observaram que até os 240 dias de plantio apenas o N influenciou a circunferência do pseudocaule das plantas. Neste sentido, Oeiras et al. (1997) determinaram que adubação nitrogenada em doses superiores a 95 kg ha^{-1} de N ocasionou redução na taxa de crescimento inicial (altura e diâmetro do pseudocaule) de bananeiras. Ressaltando que a utilização dessas fontes de nutrientes requer aperfeiçoamento nas técnicas de manejo e aplicação, de modo que os produtores possam obter o máximo benefício econômico ao utilizar fertilizantes (ALVES et al. 2010).

3.3. Número de folhas

Com base nos resultados expostos na Tabela 8, constata-se efeito significativo a nível de 1% de probabilidade, do fator níveis de nitrogênio sobre a variável número de folhas de bananeiras cv. Pacovan, observando-se resposta linear aos 60 e 120 dias e quadrático aos 300 dias de avaliação. Tal como as fertirrigações nitrogenadas, os níveis de potássio aplicados à cultura conferiram efeito quadrático a nível de 1% de probabilidade aos 120 e 300 dias de avaliação e a 5% de probabilidade aos 240 dias. Contudo, parece existir uma forte dependência da cultura em relação aos fatores avaliados, pois além de efeitos isolados, as aplicações de nitrogênio e potássio via fertirrigação, notadamente, proporcionaram respostas expressivas à variável analisada, evidenciando claramente efeitos significativos da interação entre estes fatores, a nível de 1 e 5% de probabilidade, a partir dos 120 dias de avaliação.

Ressalta-se, ainda, boa precisão e uniformidade experimental, evidenciada pelos coeficientes de variação, considerados bons, segundo Gomes (2000).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para a variável número de folhas da cultura da bananeira cv. Pacovan, aos 60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420 dias de estudo

Fatores	GL	Quadrados Médios						
		60	120	180	240	300	360	420
Nitrogênio	3	16,229 ^{ns}	24,599 ^{**}	26,062 ^{**}	4,192 ^{ns}	0,285 ^{ns}	32,324 ^{**}	5,674 ^{ns}
Regressão Linear	1	46,512 ^{ns}	65,402 ^{**}	67,835 ^{**}	8,235 ^{ns}	0,612 ^{ns}	10,272 ^{ns}	10,035 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	2,007 ^{ns}	5,062 ^{ns}	5,841 ^{ns}	2,006 ^{ns}	0,174 ^{ns}	72,250 ^{**}	6,674 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,168 ^{ns}	3,335 ^{ns}	4,512 ^{ns}	2,335 ^{ns}	0,068 ^{ns}	14,450 [*]	0,312 ^{ns}
Potássio	3	5,062 ^{ns}	11,044 ^{ns}	35,322 ^{**}	11,747 ^{ns}	8,396 ^{ns}	17,083 ^{**}	0,562 ^{ns}
Regressão Linear	1	6,612 ^{ns}	0,012 ^{ns}	10,034 ^{ns}	18,368 ^{ns}	0,002 ^{ns}	4,355 ^{ns}	0,112 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,340 ^{ns}	19,507 ^{ns}	95,062 ^{**}	14,062 ^{ns}	24,173 ^{ns}	46,694 ^{**}	0,062 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	8,235 ^{ns}	13,612 ^{ns}	0,868 ^{ns}	2,812 ^{ns}	1,012 ^{ns}	0,200 ^{ns}	1,512 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio	9	9,254 ^{ns}	13,673 ^{ns}	27,408 ^{**}	11,445 ^{ns}	8,889 ^{**}	7,824 ^{**}	15,457 [*]
Bloco	2	24,694 ^{ns}	5,923 ^{ns}	12,000 ^{ns}	36,507 ^{ns}	19,771 ^{ns}	4,396 ^{ns}	0,548 ^{ns}
Resíduo	30	6,697	8,752	10,627	6,494	3,312	2,843 ^{ns}	5,044
CV (%)		34,10	33,52	29,25	21,10	18,87	19,74	27,25

** e * significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

A partir dos resultados encontrados e conforme o modelo estatístico que melhor se ajustou à natureza dos dados verifica-se, por meio das Figuras 11a e 11b, que aos 120 e 180 dias de avaliação houve efeito linear positivo culminando em aumento do número de folhas das plantas de bananeira, com o acréscimo dos níveis de nitrogênio, alcançando-se, respectivamente, valores da ordem de 9,73 e 12,07 folhas plantas⁻¹, quando foram aplicados 300 kg de N ha⁻¹, o que corresponde a acréscimos da ordem de 18,58 e 15,26% em relação às plantas não fertirrigadas, respectivamente, nos períodos de 120 e 180 dias de avaliação.

Por outro lado, aos 360 dias de avaliação (Figura 11c) nota-se que os diferentes níveis de nitrogênio aplicados via fertirrigação, conferiram efeito quadrático à variável analisada, cuja, aplicação de 132,82 kg de N ha⁻¹, conferiu maior número de folhas às plantas de bananeira (9,37 folhas) no nível máximo do modelo estatístico. Este valor encontrado representa um incremento de 12,55% no número de folhas em relação à ausência de fertirrigação e a 20,37% em relação ao maior nível de nitrogênio aplicado (300 kg ha⁻¹).

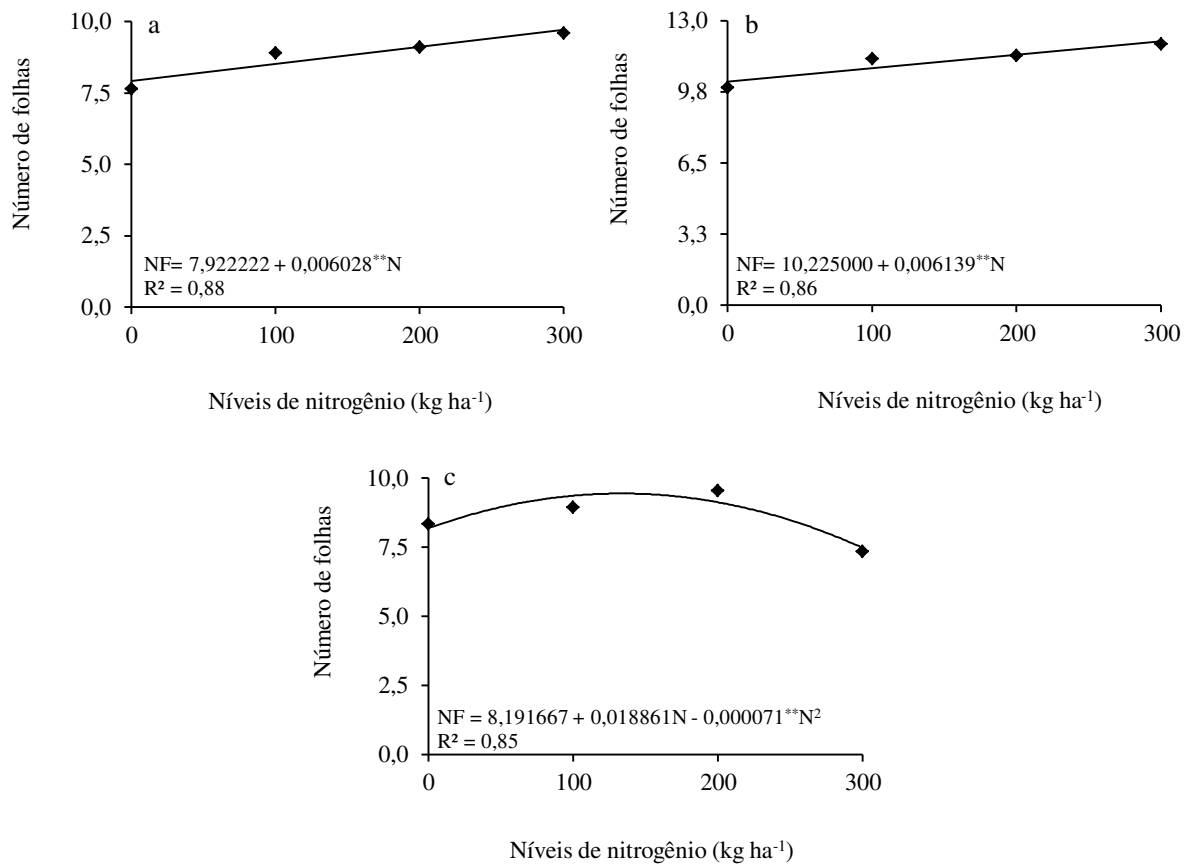


Figura 11. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre o número de folhas das plantas de banana cv. Pacovan aos 120 (a), 180 (b) e 360 (c) dias de estudo

Assim como as fertirrigações nitrogenadas, os níveis de potássio aplicados à cultura via fertirrigação influenciaram sensivelmente as quantidades de folhas emitidas aos 180 e 360 dias de estudo. No primeiro (Figura 12a) a aplicação de 247,56 kg de K ha⁻¹ conferiu 12,09 folhas às plantas de banana, representando um acréscimo da ordem de 17,43% em relação às plantas não fertirrigadas e de 11,39% em relação às que receberam 450 kg de K ha⁻¹. No segundo (Figura 12b), o nível de potássio correspondente a 248,52 kg ha⁻¹ proporcionou maior número de folhas às plantas de banana (9,22 folhas) no ponto máximo do modelo estatístico, representando um incremento de 16,10% em relação à ausência de fertirrigação nitrogenada e de apenas 0,08% no maior nível de potássio estudado (450 kg ha⁻¹).

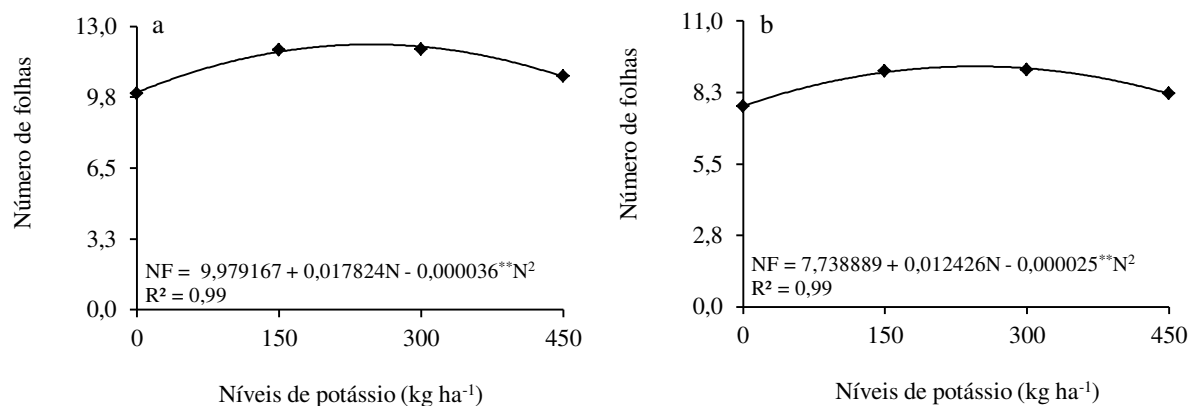


Figura 12. Efeito dos diferentes níveis de potássio sobre o número de folhas de bananeira cv. Pacovan, aos 180 (a) e 360 (b) dias de estudo

Comportamento semelhante foi observado por Fontes et al. (2003) os quais verificaram que o nível de nitrogênio correspondente a 251 kg ha⁻¹ ano⁻¹ proporcionou o maior número de folhas às bananeiras Prata-Anã nos primeiro e segundo ciclos produtivos. Já Caron et al. (2007), verificaram maior número de folhas aos 112 dias de avaliação. Santos et al. (2006), constataram que as bananeiras Thap Maeo cultivadas sob irrigação apresentaram 12,71 folhas no florescimento, no primeiro ciclo produtivo.

Os desdobramentos em componentes de regressão do fator nitrogênio em cada nível de potássio aplicado à cultura da bananeira via fertirrigação (Tabela 9) revelam que aos 180 dias de avaliação ocorreu efeito significativo a nível de 1% de probabilidade, ao se aplicar 150 kg de K ha⁻¹. Aos 300 dias de avaliação, o efeito foi linear e quadrático, respectivamente, a nível de 1 e 5% de probabilidade, no maior nível de potássio aplicado (450 kg ha⁻¹). Aos 360 dias de avaliação constata-se que a cultura respondeu positivamente às aplicações conjuntas dos fatores avaliados verificando-se efeitos significativos a nível de 1% de probabilidade na ausência de fertirrigação potássica e nos níveis de 150 e 450 kg de K ha⁻¹. Enquanto que ao final do experimento, verificou-se efeito significativo apenas na ausência das fertirrigações potássicas.

Tabela 9. Análise de Regressão dos níveis de nitrogênio em função dos níveis de potássio para a variável número de folhas das plantas de bananeira cv. Pacovan, aos 180, 300, 360 e 420 dias de estudo

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		180	300	360	420
Nitrogênio dentro do nível de 0 kg de K ha ⁻¹	3	25,000 ^{ns}	6,101 ^{ns}	18,481 ^{**}	30,250 ^{**}
Regressão Linear	1	45,000 ^{ns}	5,338 ^{ns}	18,689 [*]	56,672 ^{**}
Regressão Quadrática	1	25,000 ^{ns}	10,027 ^{ns}	25,000 ^{**}	34,028 [*]
Regressão Cúbica	1	5,000 ^{ns}	2,938 ^{ns}	11,756 [*]	0,050 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 150 kg de K ha ⁻¹	3	49,000 ^{**}	2,111 ^{ns}	16,250 ^{**}	8,324 ^{ns}
Regressão Linear	1	145,800 ^{**}	0,800 ^{ns}	7,606 ^{ns}	9,338 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,111 ^{ns}	5,444 ^{ns}	26,694 ^{**}	14,694 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	1,088 ^{ns}	0,088 ^{ns}	14,450 [*]	0,938 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 300 kg de K ha ⁻¹	3	18,990 ^{ns}	5,074 ^{ns}	5,657 ^{ns}	3,667 ^{ns}
Regressão Linear	1	2,938 ^{ns}	0,356 ^{ns}	3,472 ^{ns}	3,756 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	10,027 ^{ns}	11,111 ^{ns}	2,250 ^{ns}	5,444 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	44,005 ^{ns}	3,755 ^{ns}	11,250 ^{ns}	1,800 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 450 kg de K ha ⁻¹	3	15,296 ^{ns}	13,667 ^{**}	15,407 ^{**}	9,806 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,355 ^{ns}	28,800 ^{**}	8,889 ^{ns}	14,450 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	13,444 ^{ns}	11,111 [*]	28,444 ^{**}	4,694 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	32,088 ^{ns}	1,089 ^{ns}	8,889 ^{ns}	10,272 ^{ns}

** e * significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

A partir dos resultados encontrados observa-se, na Figura 13a, que aos 180 dias de avaliação ocorreu efeito linear positivo, em que as aplicações combinadas de 150 kg de K ha⁻¹ e 300 kg de N ha⁻¹, conferiram o maior número de folhas às plantas de bananeiras (14,64 folhas planta⁻¹). Aos 300 dias de avaliação (Figura 13b) a aplicação de 450 kg de K ha⁻¹, proporcionou reduções expressivas do número de folhas planta⁻¹, com o acréscimo de nitrogênio, obtendo-se no maior nível aplicado (300 kg de N ha⁻¹) apenas 8,08 folhas planta⁻¹, concebendo um decréscimo de 22,91% em relação ao total de 10,48 folhas planta⁻¹, obtidas na ausência de fertirrigação nitrogenada.

Aos 360 dias de avaliação (Figura 13c) percebe-se, na ausência de fertirrigação potássica, que a aplicação de 111,78 kg de N ha⁻¹ conferiu o total de 8,88 folhas às plantas de bananeira no nível máximo do modelo estatístico quadrático; já as aplicações combinadas de 150 kg de K ha⁻¹ e 174,09 kg de N ha⁻¹ proporcionaram 10,15 folhas às plantas de bananeira; no entanto, ao se aplicar 450 kg de K ha⁻¹ associado a 124,84 kg de N ha⁻¹, foram encontradas 9,33 folhas planta⁻¹, no ponto máximo do modelo estatístico. Ao final do experimento (Figura 13d) nota-se que na ausência de fertirrigação potássica a aplicação de 92,49 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação, proporcionou maior número de folhas às plantas de bananeira (9,84 folhas) o

que corresponde a um acréscimo de apenas 8,38% em relação às plantas não fertirrigadas e de 42,39% em relação ao maior nível de nitrogênio aplicado (300 kg ha⁻¹).

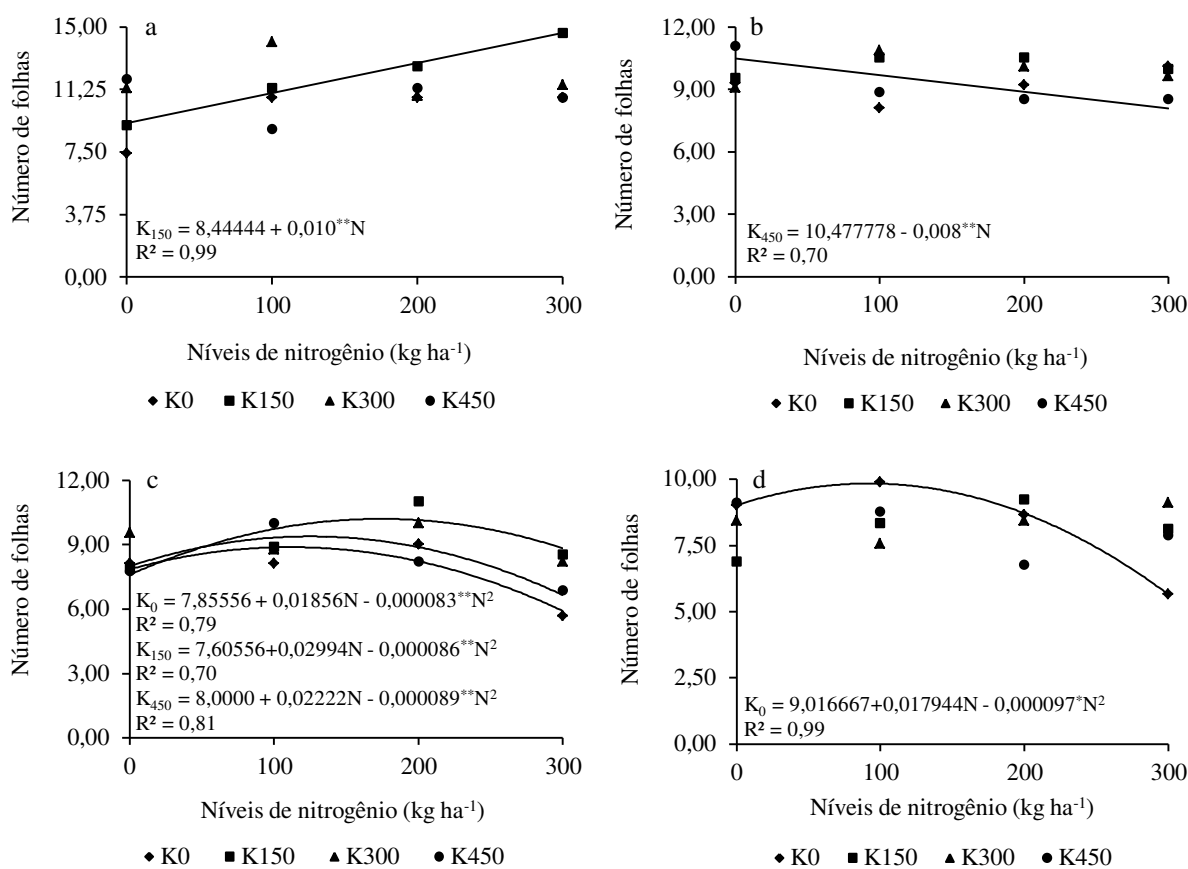


Figura 13. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre o número de folhas por planta de banana cv. Pacovan aos 180 (a), 300 (b), 360 (c) e 420 (d) dias de estudo

A partir dos desdobramentos em componentes de regressão, de potássio em cada nível de nitrogênio (Tabela 10) notam-se, aos 180 dias de avaliação, efeitos significativos a nível de 1% de probabilidade, na ausência das fertirrigações nitrogenadas e no nível de 100 kg de N ha⁻¹ e a 5% de probabilidade no nível de 300 kg de N ha⁻¹. Aos 300 dias de avaliação observaram-se efeitos significativos a nível de 1% de probabilidade, apenas quando foram aplicados 100 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação. Aos 360 dias ocorreram efeitos significativos a nível de 1% de probabilidade, com resposta quadrática às aplicações de 200 e 300 kg de N ha⁻¹. Ao final do experimento as aplicações conjuntas dos fatores avaliados conferiram efeitos significativos a nível de 5% de probabilidade, no maior nível de nitrogênio aplicado à cultura da banana (300 kg ha⁻¹).

Tabela 10. Análise de Regressão dos níveis de potássio em função dos níveis de nitrogênio para a variável número de folhas das plantas de bananeira cv. Pacovan, aos 180, 300, 360 e 420 dias de estudo

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		180	300	360	420
Potássio dentro do nível de 0 kg de N ha ⁻¹	3	37,962**	7,407 ^{ns}	6,148 ^{ns}	9,435 ^{ns}
Regressão Linear	1	108,888**	10,755 ^{ns}	0,200 ^{ns}	1,605 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	2,777 ^{ns}	7,111 ^{ns}	5,444 ^{ns}	17,361 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	2,222 ^{ns}	4,355 ^{ns}	12,800 ^{ns}	9,338 ^{ns}
Potássio dentro do nível de 100 kg de N ha ⁻¹	3	41,962**	15,888**	5,518 ^{ns}	8,546 ^{ns}
Regressão Linear	1	3,755 ^{ns}	3,200 ^{ns}	13,888 ^{ns}	7,605 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	75,111**	44,444**	0,444 ^{ns}	17,361 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	47,022*	0,022 ^{ns}	2,222 ^{ns}	0,672 ^{ns}
Potássio dentro do nível de 200 kg de N ha ⁻¹	3	6,768 ^{ns}	7,222 ^{ns}	13,111**	9,962 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,006 ^{ns}	2,688 ^{ns}	5,000 ^{ns}	18,688 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	4,694 ^{ns}	18,777 ^{ns}	32,111**	11,111 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	15,605 ^{ns}	0,200 ^{ns}	2,222 ^{ns}	0,088 ^{ns}
Potássio dentro do nível de 300 kg de N ha ⁻¹	3	30,851*	4,546 ^{ns}	15,777**	18,990*
Regressão Linear	1	4,355 ^{ns}	11,250 ^{ns}	5,000 ^{ns}	26,450*
Regressão Quadrática	1	49,000*	2,250 ^{ns}	40,111**	30,250*
Regressão Cúbica	1	39,200 ^{ns}	0,138 ^{ns}	2,222 ^{ns}	0,272 ^{ns}

** e * significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Verifica-se a partir dos resultados expostos na Figura 14a, que aos 180 dias de avaliação, houve resposta linear positiva ocasionando aumento do número de folhas com o acréscimo de potássio, na ausência de fertirrigação nitrogenada, cujo, maior valor encontrado para esta variável (12,28 folhas plantas⁻¹) foi obtido no maior nível de potássio aplicado (450 kg ha⁻¹). Neste mesmo período, as aplicações conjuntas de 100 kg de N ha⁻¹ e 210,65 kg de K ha⁻¹ conferiram, às planta de bananeira o total estimado de 12,87 folhas, no ponto máximo do modelo estatístico; logo, a aplicação de 300 kg de N ha⁻¹ associado a 204,41 kg de K ha⁻¹ conferiu 12,94 folhas às plantas de bananeira, no nível máximo do modelo estatístico.

Aos 300 dias de avaliação, obteve-se 10,62 folhas plantas⁻¹ de bananeira, no nível máximo do modelo estatístico, com as aplicações combinadas de 100 kg de N ha⁻¹ e 230,77 kg de K ha⁻¹, representando um acréscimo de 23,73% no número de folhas plantas⁻¹ em relação às parcelas não fertirrigadas e a 21,19% com a aplicação de 300 kg de N ha⁻¹ (Figura 14b). Comportamento semelhante pode ser observado aos 360 dias de avaliação (Figura 14c) quando as aplicações via fertirrigação de 200 kg de N ha⁻¹ associada a 198,42 kg de K ha⁻¹ conferiram, às plantas de bananeira, o total de 10,67 folhas, no nível máximo do modelo estatístico; do mesmo modo, porém em menor quantidade, as aplicações conjuntas de 300 kg

de N ha⁻¹ e 248,22 kg de K ha⁻¹ proporcionaram maior número de folhas às plantas de bananeira (8,55 folhas plantas⁻¹), no ponto máximo do modelo estatístico.

Ao final do experimento (Figura 14d), as aplicações combinadas de 300 kg de N ha⁻¹ e 285,90 kg de K ha⁻¹, atribuíram 8,97 folhas às plantas de bananeira, no nível máximo do modelo estatístico. Com base neste resultado, verifica-se um incremento 37,27% em relação às plantas não fertirrigadas e de 12,22% em relação ao maior nível de potássio aplicado (450 kg ha⁻¹).

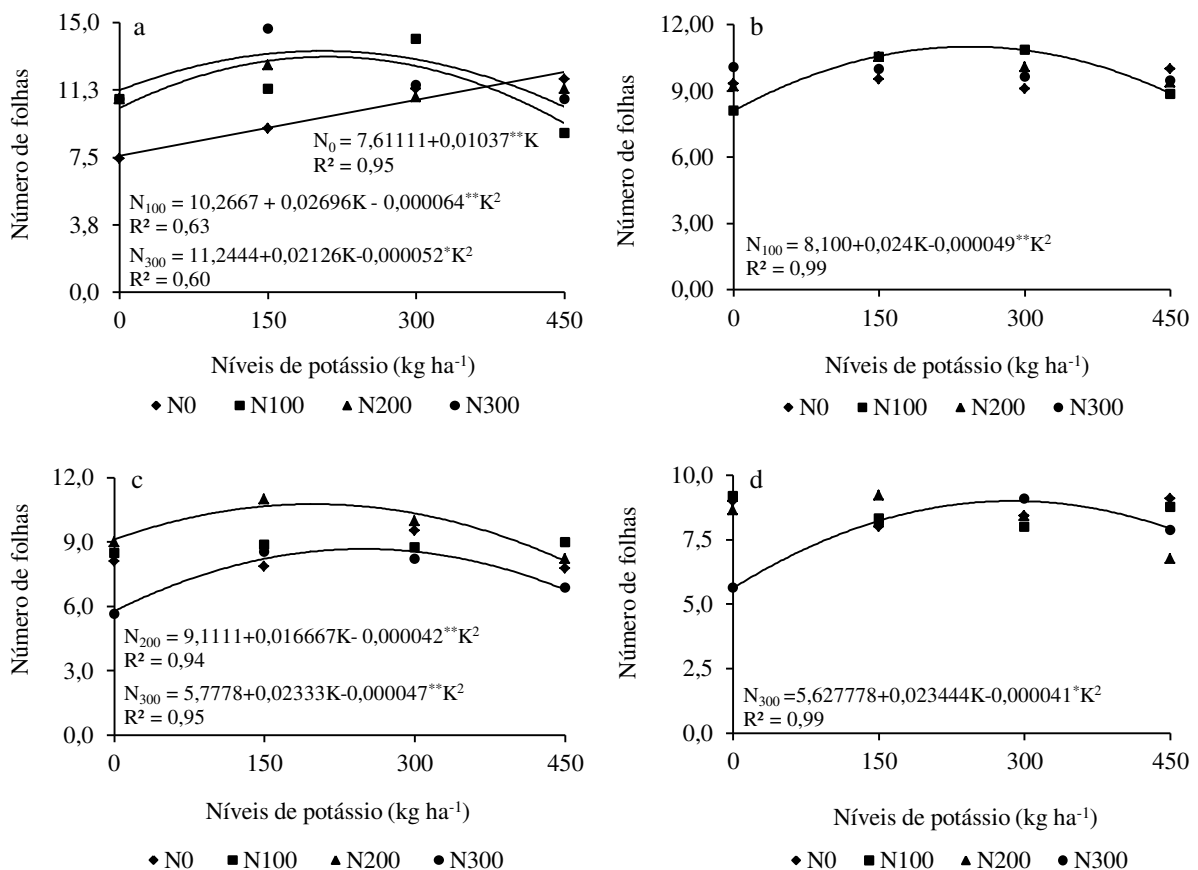


Figura 14. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre o número de folhas por planta de bananeira cv. Pacovan aos 180 (a), 300 (b), 360 (c) e 420 (d) dias de estudo

De acordo com Alves (1997) e Boutin e Rognon (1988) o número de folhas constitui-se em um importante parâmetro na avaliação de cultivares podendo influenciar o desenvolvimento do cacho, o qual dependerá diretamente do potencial fotossintético da planta. Passos (2003) relata, ainda, que esta variável é dependente da disponibilidade de água e nutrientes. Em meio à sua importância, Moreira (1999) e Andrade et al. (2002) relatam que é necessário o equivalente a oito folhas por planta de bananeira, na fase de florescimento, para se obter um desenvolvimento normal do cacho. O que pode ser confirmado por Robinson et

al. (1992), ao verificarem rendimento máximo de frutos em bananeira ‘Williams’ com a manutenção de oito folhas ativas durante o período entre a emissão da inflorescência e a colheita, uma vez que, com quatro folhas, a produção de frutos comercializáveis foi afetada, tanto em quantidade quanto em qualidade.

Semelhante a este estudo, Silva et al. (2007) verificaram que a adubação nitrogenada e potássica aumentaram o número de folhas das plantas. Ratke et al. (2012) também verificaram que o número de folhas da bananeira Thap Maeo foi influenciado pelos níveis combinados de nitrogênio e potássio, os quais obtiveram 12,71 folhas plantas⁻¹. Gondim et al. (2002) obtiveram, em média, 15,58 folhas por planta. Enquanto que, Garcia e Sosa (2001) e Santos et al. (2006) obtiveram, respectivamente, 13,11 e 12,29 folhas plantas⁻¹ durante a fase de floração.

3.4. Área foliar e Índice de área foliar

Por meio dos resultados apresentados na Tabela 11 percebe-se que houve efeito isolado a nível de 1 e 5% de probabilidade, do fator níveis de nitrogênio sobre as variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) da cultura da bananeira cv. Pacovan, Constatando-se respostas lineares aos 300 e quadráticas aos 360 dias de estudo, independente da variável analisada. Os diferentes níveis de potássio testados neste estudo não proporcionaram efeitos significativos sobre as variáveis consideradas. Por outro lado, verificou-se efeito significativo a nível de 5% de probabilidade da interação nitrogênio x potássio apenas aos 300 dias de estudo.

Observando os coeficientes de variação, nota-se que estes encontram-se entre 20 e 30%, condição em que, são considerados altos, de acordo com Gomes (2000).

Tabela 11. Resumo da análise de variância para as variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) da cultura da bananeira cv. Pacovan, aos 240, 300, 360 e 420 dias de estudo

Fatores	GL	Quadrados Médios							
		AFT				IAF			
		240	300	360	420	240	300	360	420
Nitrogênio	3	3,128 ^{ns}	15,08 ^{**}	6,732 [*]	7,935 ^{ns}	0,086 ^{ns}	0,419 ^{**}	0,187 [*]	0,220 ^{ns}
Regressão Linear	1	1,324 ^{ns}	43,699 ^{**}	12,663 [*]	14,055 ^{ns}	0,036 ^{ns}	1,214 ^{**}	0,352 [*]	0,390 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	8,027 ^{ns}	0,742 ^{ns}	7,045 [*]	7,053 ^{ns}	0,222 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,196 [*]	0,196 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,033 ^{ns}	0,814 ^{ns}	0,486 ^{ns}	2,696 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,074 ^{ns}
Potássio	3	6,339 ^{ns}	5,267 ^{ns}	1,124 ^{ns}	3,073 ^{ns}	0,176 ^{ns}	0,146 ^{ns}	0,031 ^{ns}	0,085 ^{ns}
Regressão Linear	1	5,931 ^{ns}	11,141 ^{ns}	0,238 ^{ns}	2,654 ^{ns}	0,164 ^{ns}	0,309 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,074 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,387 ^{ns}	3,757 ^{ns}	0,609 ^{ns}	5,922 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,104 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,164 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	12,701 ^{ns}	0,904 ^{ns}	2,523 ^{ns}	0,643 ^{ns}	0,353 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,069 ^{ns}	0,017 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio	9	4,244 ^{ns}	11,585 [*]	1,718 ^{ns}	9,907 ^{ns}	0,118 ^{ns}	0,322 [*]	0,047 ^{ns}	0,275 ^{ns}
Bloco	2	7,935 ^{ns}	8,109 ^{ns}	0,485 ^{ns}	15,162 ^{ns}	0,221 ^{ns}	0,225 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,421 ^{ns}
Resíduo	30	2,483	4,028	1,935	7,403	0,068	0,112	0,054	0,205
CV (%)		29,81	25,90	25,76	27,98	29,82	25,91	25,77	27,99

** e * significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Com os resultados encontrados para os estudos de regressão, cujas, respostas obtidas foram lineares e quadráticas e conforme os modelos estatisticamente significativos obtidos neste estudo, optou-se por aquele que melhor se ajustou aos resultados encontrados, bem como seus respectivos coeficientes de dispersão (R^2).

Desse modo, com base nos resultados alcançados, verificam-se na Figuras 15, as disposições apresentadas pelas variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) em meio aos diferentes níveis de nitrogênio aplicados via fertirrigação, à cultura da bananeira cv. Pacovan.

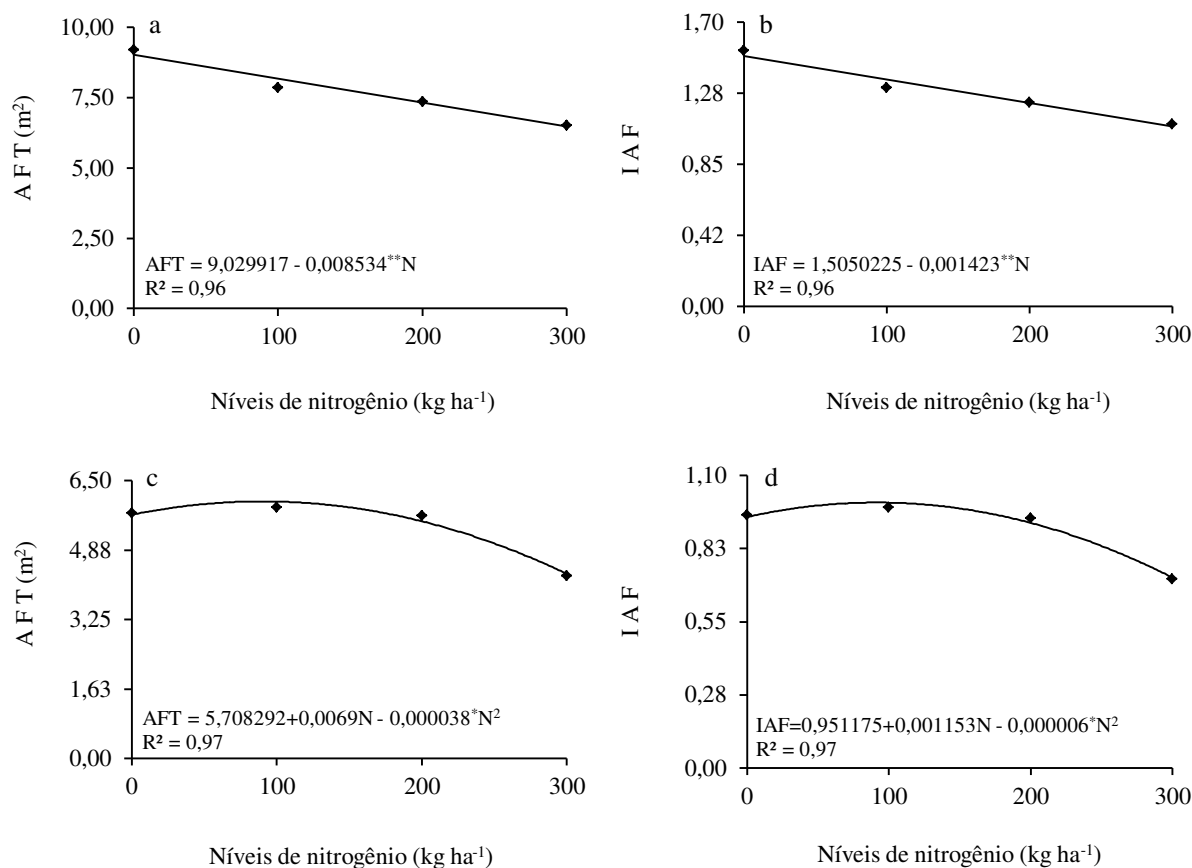


Figura 15. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre a área foliar total das plantas de banana cv. Pacovan aos 300 (a) e 360 dias de estudo (c) e índice de área foliar aos 300 (b) e 360 dias de estudo (d)

Assim, por meio destes resultados a análise de regressão comportou que aos 300 dias de estudo a área foliar das plantas de bananeiras foi significativamente reduzida em função dos níveis crescentes de nitrogênio; onde a melhor resposta para esta variável foi obtida na ausência de fertirrigação nitrogenada com uma área foliar total de 9,03 m², o que representa um incremento de 28,35% em relação ao valor de 6,47 m², obtido com a aplicação de 300 kg de N ha⁻¹ (Figura 15a). Comportamento semelhante pode ser observado no índice de área foliar das plantas de banana, em que neste mesmo período (Figura 15b) a ausência de fertirrigação nitrogenada proporcionou um índice de área foliar correspondente a 1,51 m² m⁻²; em relação ao maior nível de nitrogênio aplicado (300 kg ha⁻¹) houve um decréscimo de 28,37%.

Nota-se, ainda, que para cada quilograma de nitrogênio aplicado via fertirrigação ocorreu uma redução de 0,008534 m² na área foliar total (Figura 15a) e de 0,001423 m² m⁻² no índice de área foliar (Figura 15b) das plantas de banana cv. Pacovan, aos 300 e 360 dias de estudos, respectivamente.

Aos 360 dias de estudo (Figura 15c) a aplicação de 90,79 kg de N ha⁻¹ proporcionou uma área foliar total de 6,02 m², às plantas de bananeiras, no nível máximo do modelo estatístico, representando um incremento de 5,15% em relação às plantas não fertirrigadas e de 27,58% em relação ao maior nível de nitrogênio aplicado à cultura (300 kg ha⁻¹). Neste mesmo período verifica-se que, para a variável índice de área foliar (Figura 15d) o maior valor encontrado foi de 1,01 m² m⁻², sendo este, obtido com a aplicação de 96,08 kg de N ha⁻¹. Conferindo, portanto, um acréscimo de 5,49% em relação às plantas que não receberam fertirrigação nitrogenada e de 24,78% em relação àquelas que receberam o equivalente a 300 kg de N ha⁻¹.

Com base nos resultados correspondentes aos desdobramentos em componentes de regressão do fator nitrogênio em cada nível de potássio aplicado à cultura da bananeira, via fertirrigação (Tabela 12), percebe-se que aos 300 dias de estudo, a área foliar e o índice de área foliar da cultura foram significativamente influenciados apenas quando aplicou-se o equivalente a 150 kg de K ha⁻¹. Onde as aplicações conjuntas dos fertilizantes nitrogenados e potássicos revelaram haver efeito significativo a nível de 1% de probabilidade; para os demais níveis estudados não se constatou efeito significativo sobre as variáveis analisadas.

Tabela 12. Análise de Regressão dos níveis de nitrogênio em função dos níveis de potássio para as variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) das plantas de bananeira cv. Pacovan, aos 300 dias de estudo

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		AFT	IAF
Nitrogênio dentro do nível de 0 kg de K ha ⁻¹	3	4,014 ^{ns}	0,111 ^{ns}
Regressão Linear	1	7,906 ^{ns}	0,219 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,163 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	3,973 ^{ns}	0,110 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 150 kg de K ha ⁻¹	3	36,093 ^{**}	1,003 ^{**}
Regressão Linear	1	104,676 ^{**}	2,909 ^{**}
Regressão Quadrática	1	1,184 ^{ns}	0,033 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	2,420 ^{ns}	0,066 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 300 kg de K ha ⁻¹	3	5,955 ^{ns}	0,165 ^{ns}
Regressão Linear	1	16,474 ^{ns}	0,457 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,108 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	1,284 ^{ns}	0,035 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 450 kg de K ha ⁻¹	3	3,778 ^{ns}	0,104 ^{ns}
Regressão Linear	1	3,037 ^{ns}	0,084 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,009 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	8,288 ^{ns}	0,231 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade; ns – não significativo

Desse modo, com base nos resultados apresentados na Figura 16 pode-se evidenciar as tendências e comportamentos apresentados pelas variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF), obtidos aos 300 dias de avaliação em função das aplicações conjuntas dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio.

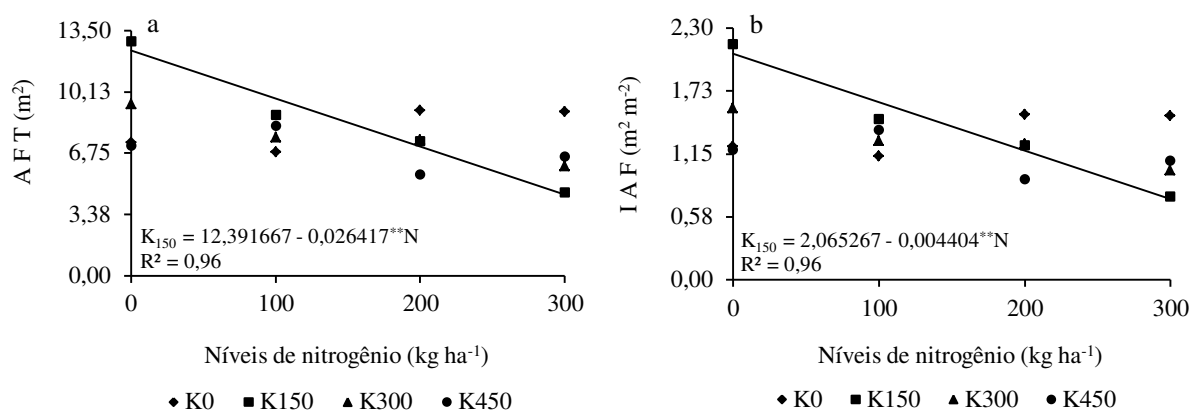


Figura 16. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre a área foliar total (a) e índice de área foliar (b) das plantas de bananeira cv. Pacovan aos 300 dias de estudo

A partir dos resultados encontrados verifica-se, na Figura 16a, que a aplicação de 150 kg de K ha⁻¹ proporcionou uma redução da área foliar das plantas de bananeiras até o maior nível de nitrogênio aplicado (300 kg ha⁻¹) sendo a maior área foliar total (12,39 m²) obtida em plantas não fertirrigadas, evidenciando, assim, um acréscimo de 21,32; 42,64 e 63,96%, respectivamente, em relação às plantas fertirrigadas com 100, 200 e 300 kg de N ha⁻¹. Constata-se, ainda pela Figura 16b, uma redução expressiva do índice de área foliar das plantas de bananeira, também em função dos níveis crescentes de nitrogênio aplicados via água de irrigação, em que, na ausência de fertirrigação, o valor encontrado para esta variável foi de 2,07 m² m⁻², representando um incremento da ordem de 21,32; 42,65 e 63,97%, quando comparado com os valores obtidos em plantas que receberam o equivalente a 100, 200 e 300 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação.

Neste contexto nota-se, respectivamente, por meio das Figuras 16a e 16b, que houve uma redução de 0,026417 m² na área foliar total e de 0,004404 m² m⁻² no índice de área foliar das plantas de bananeira, para cada quilograma de nitrogênio aplicado via fertirrigação.

Quanto aos desdobramentos em componentes de regressão, de potássio em cada nível de nitrogênio aplicado à cultura da bananeira (Tabela 13) verifica-se a intensidade dos efeitos das fertirrigações potássicas sobre as variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF), apenas na ausência de fertirrigação, revelando efeito significativo a nível de 1% de

probabilidade. Nos demais níveis de fertirrigação, não se verificou efeito significativo sobre as variáveis estudadas.

Tabela 13. Análise de Regressão dos níveis de potássio em função dos níveis de nitrogênio para as variáveis área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) das plantas de bananeira cv. Pacovan, aos 300 dias de estudo

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		AFT	IAF
Potássio dentro do nível de 0 kg de N ha ⁻¹	3	21,419**	0,594**
Regressão Linear	1	2,404 ^{ns}	0,066 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	46,216**	1,283**
Regressão Cúbica	1	15,636 ^{ns}	0,434 ^{ns}
Potássio dentro do nível de 100 kg de N ha ⁻¹	3	2,275 ^{ns}	0,063 ^{ns}
Regressão Linear	1	1,475 ^{ns}	0,041 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	1,463 ^{ns}	0,040 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	3,886 ^{ns}	0,108 ^{ns}
Potássio dentro do nível de 200 kg de N ha ⁻¹	3	6,136 ^{ns}	0,170 ^{ns}
Regressão Linear	1	16,369 ^{ns}	0,454 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,030 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	2,009 ^{ns}	0,056 ^{ns}
Potássio dentro do nível de 300 kg de N ha ⁻¹	3	10,194 ^{ns}	0,283 ^{ns}
Regressão Linear	1	5,262 ^{ns}	0,146 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	18,525 ^{ns}	0,515 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	6,793 ^{ns}	0,188 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade; ns – não significativo

A partir destes resultados observa-se, na Figura 17a, que na ausência de fertirrigação nitrogenada a aplicação de 210,24 kg de K ha⁻¹, proporcionou uma área foliar máxima de 11,38 m² às plantas de bananeira, conferindo um incremento de 28,6% na área foliar total em relação às plantas que não receberam fertirrigação potássica e de 3,5 e 39,11%, respectivamente, em relação àquelas fertirrigadas com 300 e 450 kg de K ha⁻¹. Quanto ao índice de área foliar (Figura 17b) nota-se que somente a aplicação de 203,23 kg de K ha⁻¹, foi suficiente para proporcionar maior valor para esta variável (1,89 m² m⁻²), no nível máximo do modelo estatístico; este valor alcançado indica que ocorreram acréscimos de 30,61% em relação à ausência de fertirrigação potássica e de 5,2 e 46,19% em relação aos valores obtidos com as aplicações de 300 e 450 kg de K ha⁻¹, respectivamente.

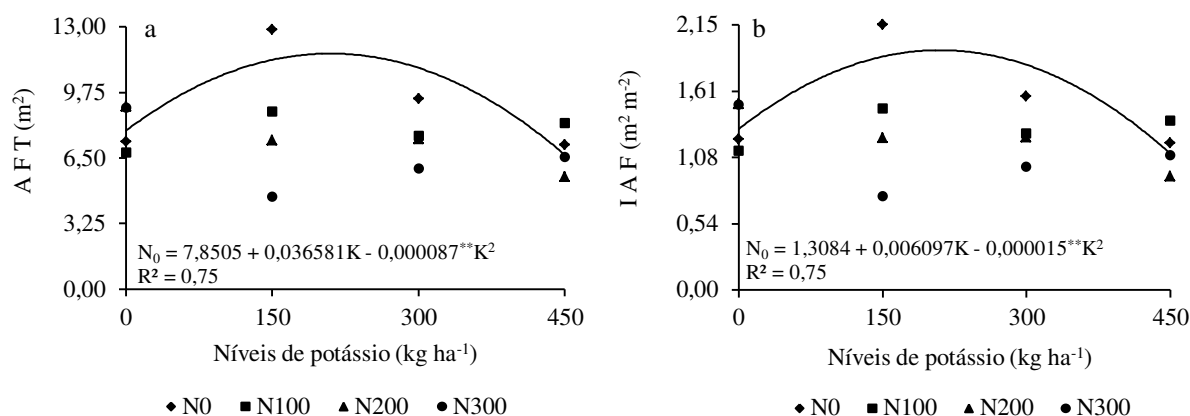


Figura 17. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre a área foliar total (a) e índice de área foliar (b) das plantas de bananeira cv. Pacovan, aos 360 dias de estudo

Avaliando os efeitos da fertirrigação nitrogenada e potássica em bananeiras, cv. Prata-Anã, Melo et al. (2010) obtiveram, aos 240 dias de estudo, uma área foliar máxima de 12,5 m² planta⁻¹ de bananeira com a combinação de 592,47 kg de N ha⁻¹ e 840 kg de K ha⁻¹. Coelho et al. (2006) estudando a cv. Terra no recôncavo baiano obtiveram uma área foliar máxima de 18,23 m². Tais resultados levam Teixeira et al. (2007) a enfatizar que, se mantida por mais tempo, a área foliar das bananeiras assume grande importância na produção de frutos, uma vez que, segundo Bernardes (1987), a taxa de produção de fotossintetizados aumenta até um valor máximo e quanto mais rápido a cultura atingir o IAF máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, maior será a produtividade da cultura.

Neste contexto, percebe-se que os níveis de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação influenciaram significativamente a emissão de folhas pela cultura da bananeira e, com isto, a área e o índice de área foliar apresentadas pela cultura verificando-se efeitos isolados e também da interação entre estes nutrientes, em que suas aplicações acima dos máximos estimados, nos modelos quadráticos, proporcionaram reduções expressivas no número de folhas emitidas e na área foliar da cultura. É provável que os elevados teores destes nutrientes presentes na água residuária e frequentemente aplicados à cultura e, somados aos diferentes níveis estudados, tenham contribuído para esta redução no número e na área das folhas da bananeira, ocasionado pelos seus prováveis excessos, visto que, a partir do nível máximo estimado no modelo estatístico, as quantidades de folhas, tal como a área apresentada por estas, tenham sido significativamente reduzidas em função de níveis mais elevados destes nutrientes.

Neste sentido, Ritchey (1982) explana que aplicações sucessivas de potássio na mesma área, proporcionam acúmulo deste nutriente no solo, principalmente nos horizontes

superficiais. O que, segundo Ayers e Westcot (1991) provoca acumulação de sais solúveis provenientes das águas de irrigação. Conforme Borges e Souza (2010) quando os níveis de K no solo estão entre 0,16 e 0,30 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, a adubação potássica deve ser iniciada a partir dos 30 dias após o transplântio, parcelando essa adubação em 4 meses para a formação do bananal. Logo, estes valores são bem inferiores aos verificados na análise do solo (Tabela 1).

Conforme Gomes (1988) e Teixeira et al. (2001) pode-se deduzir que as irrigações contribuíram para que as bananeiras suprissem suas necessidades nutricionais a partir das reservas de potássio do solo. Comportamento semelhante foi observado por Ratke et al. (2012) que, mesmo parcelando as adubações, constataram que o solo supriu as necessidades de K das bananeiras Thap Maeo e Prata-Anã pelo período de 150 dias após o transplântio. Assim, há relatos de que o suprimento adequado de K seja fundamental para a preservação da área foliar (LAHAV, 1995). No entanto, a assimilação deste nutriente está inteiramente ligado à do nitrogênio (N) havendo uma relação específica entre eles, que varia de acordo com diversos tipos de solo, clima e cultivar (MOREIRA, 1999). Refletindo diretamente no rendimento da cultura, influenciando o peso do cacho e o número de pencas produzidas na medida em que representam maior ou menor superfície fotossintética (HINZ e LICHTENBERG, 2004). Segundo Soto Ballesteros (2000), as folhas emitidas são de grande importância para a bananeira, na medida em que suas bainhas sobrepostas formam o pseudocaulo que sustenta o cacho, pois é através deste, que a inflorescência é lançada para o exterior da planta.

Apesar disto, tais evidências não devem ser atribuídas apenas aos elevados teores de nitrogênio e potássio aplicados à cultura, visto que, elevadas concentrações de Na^+ e Cl^- presentes na água de irrigação foram aplicadas à cultura da bananeira, também em grandes quantidades. Nestas condições, em elevadas concentrações estes íons podem provocar redução na altura e na área foliar das plantas, devido às alterações no processo fotossintético (BOHRA e DOERFFLING, 1993), na respiração (SCHWARZ e GALE, 1981), na transpiração (RICHARDS, 1992) e na translocação de fotoassimilados (BHIVARE e CHAVAN, 1987), além de desbalanço hídrico e/ou iônico no interior da planta (GREENWAY e MUNNS, 1980). Provocando o fechamento dos estômatos em resposta ao baixo potencial da água do solo, decorrente da elevada concentração salina (AKITA e CABUSLAY, 1990). Tal como, os efeitos tóxicos decorrentes dos íons Na^+ e Cl^- .

4. CONCLUSÕES

As disposições de nitrogênio ($403,32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e potássio ($367,55 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) provenientes da água residuária do Rio Bodocongó, permitiram reduzir as quantidades de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados via fertirrigação, sem prejuízo ao desenvolvimento vegetativo da cultura.

As aplicações combinadas de $150 \text{ kg de K ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $137,02 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, via fertirrigação, proporcionaram um incremento em altura da ordem de 7,90 e 11,43%, respectivamente, em relação às plantas que não receberam fertirrigação e às que receberam o equivalente a $300 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Ao término do experimento, a aplicação de $155,43 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, via fertirrigação, conferiu um diâmetro máximo de 28,35 cm às plantas de bananeira, enquanto que aos 240 dias de estudo se obteve um diâmetro máximo de 22,81 cm quando foram aplicados $218,63 \text{ kg de K ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, via fertirrigação.

As fertirrigações com $300 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $285,90 \text{ kg de K ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ proporcionaram acréscimos de 37,27% no número de folhas emitidas pelas plantas não fertirrigadas e de 12,22% em relação às que receberam $450 \text{ kg de K ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Com as aplicações de 210,24 e 203,23 kg de K $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, via fertirrigação, a bananeira apresentou, respectivamente, uma área foliar de $11,38 \text{ m}^2$ e um índice de área foliar da ordem de $1,89 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$.

De modo geral, a cultura da bananeira mostrou-se muito responsiva às aplicações de nitrogênio e potássio via fertirrigação, visto que, o comportamento vegetativo das plantas foi significativamente afetado pelos acréscimos destes nutrientes, acima dos níveis máximos estimados nos modelos estatísticos, reduzindo consideravelmente seu desenvolvimento.

5. REFERÊNCIAS

- AKITA, S.; CABUSLAY, G. S. Physiological basis of differential response to salinity in rice cultivars. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.123, p.277-294, 1990.
- ALVES, E. J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: SPI/Cruz das Almas: EMBRAPA/CNMF, 585p. 1997.
- ALVES, M. da S.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S.; ANDRADE NETO, T. M. de. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e ureia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 125-131, jan/fev, 2010.
- ANDRADE, G. M.; VASCONCELOS, L. F. L.; VELOSO, M. E. C.; SOUZA, V. A. B.; SOUSA, V. F. **Avaliação de genótipos de bananeira no Estado do Piauí: comportamento vegetativo**. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17. Belém, 2002. Anais... Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2002. (Anais em CD).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. 1991, 218p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado.
- BASANTA, M. del V.; DOURADO-NETO, D.; GARCIA, A. G. Estimativa do volume máximo de calda para aplicação foliar de produtos químicos na cultura do milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 283-288. 2000.
- BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S.O. (Ed.) **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.13-48.
- BHIVARE, V. N.; CHAVAN, P. D. Effects of salinity on translocation of assimilates in french bean. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.102, p.295-297, 1987.
- BLOMME, G.; SWENNEN, R.; TENKOUANO, A.; ORTIZ, R.; VUYLSTEKE, D. **Estimación del desarrollo de las raíces a partir de los caracteres de los brotos en banano y plátano (*Musa spp.*)**. InfoMusa, Montpellier, v.10, n.1, p.15-17, 2001.
- BOHRA, J. S.; DOERFFLING, K. Potassium nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) varieties under NaCl salinity. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.152, p.299-303, 1993.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **Recomendações para calagem e adubação da bananeira. Cruz das Almas**: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 5p. (Comunicado Técnico 137).
- BOUTIN, D.; ROGNON, F. La circunferencia del cuello en el cocotero híbrido PB-121, como se puede medir el crecimiento concretamente. **Oléagineux**, Paris, v.43, n.4, p. 167-172, 1988.
- BRASIL, E. C.; OEIRAS, A. H. L.; MENEZES, A. J. E. A. de; VELOSO C. A. C. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Pesquisa agropecuária. Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2407-2414, dez. 2000.
- CARON, B. O.; MEIRA, W. R.; SCHMIDT, D.; SANTOS FILHO, B. G. dos; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; MÜLLER, L. Análise de crescimento de plantas de aroeira vermelha no município de Ji-paraná, RO. **Revista FZVA**. Uruguaiana, v.14, n.1, p. 1-13. 2007.
- COELHO, E. F.; BORGES, A. L., SANTANA, J. A. V.; SANTANA JÚNIOR, E. B.; CALDAS, R. C. **Crescimento e produtividade da bananeira da terra sob diferentes**

níveis de irrigação e de potássio. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA, 2006.

CORRÊA, J. B.; REIS JUNIOR, R. dos A.; CARVALHO, J. G. de; GUIMARÃES, P. T. G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do Sul de Minas Gerais. **Ciências agrotécnica**, 25: 1279-1286, 2001.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; BÔAS, R. L. V.; LEONEL, S.; NOMURA, E. S.; FUZITANI, E. J. Crescimento e produção de bananeira prata-anã adubada com composto orgânico durante cinco safras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 713-721, Outubro 2011.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; NOMURA, E. S.; FUZITANI, E. J.; GARCIA, V. A. Alterações nos teores nutricionais foliares de bananeira 'prata-anã' adubada com composto orgânico em cinco ciclos de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 692-698, Outubro 2011.

DONATO, S. L. R.; SILVA, S. de O. e; LUCCA FILHO, O. A.; LIMA, M. B.; DOMINGUES, H.; ALVES, J. da S. Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa* spp.), em dois ciclos de produção no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 28, n. 1, p. 139-144, Abril 2006.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.302–310, 2008.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. de; PEREIRA, O. G.. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.14, n.5, pp. 467-477, 2010.

FALKOSKI FILHO, J.; COSTA, A.; LLANILLO, R. F.; LUGÃO, S. M. B.; SOARES JÚNIOR, D.; GOMES, B. B.; MORO, V. **Avaliação da Fertilidade Química dos Solos em Sistema de Produção Leiteira no Território Cantuquiriguaçu, Paraná, Brasil.** In: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Guarapari – ES, Anais... FERTIBIO, setembro de 2010.

FERREIRA, D, F, **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4,0.** In,45^aReunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria, UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000, p,255-258.

FONTES, P. S. F.; CARVALHO, A. J. C. de; CEREJA, B. S.; MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H. Avaliação do estado nutricional e do desenvolvimento da bananeira Prata-Anã (*Musa* spp.) em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 156-159, Abril 2003.

GARCIA, A.; SOSA, L. Caracterización agronômica del híbrido de plátano FHIA-21 (*Musa* AAAB) resistente a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* M.) em el município de Baralt, Venezuela. **Revista da Faculdade de Agronomia** (Luz.), n.18, p.117-123. 2001.

GOMES F. P. **Curso de estatística experimental.** 14^a ed. Piracicaba, Degaspari. 477p., 2000.

GOMES, J. A. **Absorção de nutrientes pela bananeira cultivar Prata (Musa AAB, subgrupo Prata) em diferentes estádios de desenvolvimento.** 98 p. Tese (Doutorado em Agronomia-Solo e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP. 1988.

GONÇALVES, V. D.; NIETSCHKE, S.; PEREIRA, M .C .T.; SILVA, S. O.; SANTOS, T. M. dos; OLIVEIRA, J. R.; FRANCO, L. R. L.; RUGGIERO, C. Avaliação dos cultivares de

bananeira prata-anã, thap maeo e caipira em diferentes sistemas de plantio no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 371-376, jun. 2008.

GONDIM, T. M. de S.; LEDO, A. da S.; CAVALCANTE, M. de J. B.; AZEVEDO, F. F. de; MENDONÇA, H. A. de. **Avaliação da cultivar de Banana D'Angola sobre diferentes densidades de plantio e severidade a sigatoka negra**. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17. Belém, 2002. Anais... Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2002. (Anais em CD).

GONSALVES, M. V. I.; PAVANI, L. C.; FILHO, A. B. C.; FELTRIM, A. L. Índice de área foliar e produtividade da melancia com frutos sem sementes em função do espaçamento entre plantas e de N e K aplicados por fertirrigação. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.39, n.1/2, p.25-33, 2011.

GUERRA, A. G.; ZANINI, J. R.; NATALE, W.; PAVANI, L. C. Frequência da fertirrigação da bananeira Prata-Anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 80-88, 2004.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. **Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes**. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, v.31, p.149-190, 1980.

GUERRERO, R. R.; GAGBAN, R. J. **Eficacia de diferentes fertilizantes nitrogenados en El cultivo del banano (Musa AAA, Clon Valery), en la zona de Riofrío, Magdalena, Colombia**. In: ENCUESTRO DE ACORBAT, 15., 2002. Cartagena del India, 2002.

HESPAHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/Universidade de São Paulo, 2003. p.37-95.

HINZ, R. H.; LICHTEMBERG, L. Anatomia da bananeira. In: HINZ, R. H.; LICHTEMBERG, L. **Banana: Produção, Pós-colheita e Mercado**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. p. 12-17.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.) **Bananas and plantains**. London: Chapman e Hall, 1995. p.258-316.

LÉDO, A. da S.; SILVA JUNIOR J. F. da; LÉDO, C. A. da S.; SILVA, S. de O. e. Avaliação de genótipos de bananeira na região do baixo São Francisco, Sergipe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 691-695, Setembro 2008.

LEITE, J. B. V.; SILVA, S. de O. e; ALVES, É. J.; LINS, R. D.; JESUS, O. N. de. Caracteres da planta e do cacho de genótipos de bananeira, em quatro ciclos de produção, em Belmonte, Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 3, p. 443-447, dezembro 2003.

LEONEL, S.; GOMES, E. M.; PEDROSO, C. J. Desempenho agrônômico de bananeiras micropropagadas em Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 245-248, 2004.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T. de; MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, P. A.; RAMOS, M. M. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas Residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 348-364, julho-setembro, 2009.

MADEIRA, C. A.; PEÑA, M. R.; MARA, D. D. Microbiological quality of a waste stabilization pond effluent used for restricted irrigation in Valle Del Cauca, Colombia. **Water Science and Technology**, v.45, n.1, p.139-143, 2002.

- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**. São Paulo, 1976.528p.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. 1.ed. São Paulo: Manole, 2003. 576p.
- MATOS, A. T.; LO MONACO, P. A. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro**. Viçosa: UFV, 2003. 68 p. (Engenharia na Agricultura: Boletim Técnico, 7).
- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; SOUZA, J. A. A.; SOUZA, J. A.; MATOS, A. T. Comportamento dos atributos químicos do solo em resposta à aplicação de água residuária de origem doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9 (suplemento), p.268-273, 2005.
- MELO, A. S. de; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 41, n. 3, p. 417-426, jul-set, 2010.
- MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1999. CD-ROM.
- NUNES, W. A. G. de A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; RUIZ, H. A.; BEIRIGO, R. M.; BONCOMPANI, A. L. P. Características químicas de solos da região de Janaúba, MG, irrigados com água de poços tubulares e do Rio Gorutuba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.227-236, 2008.
- OEIRAS, A. H. L., BRASIL, E. C., VELOSO, C. A. C., MENEZES, A. R. **Desenvolvimento inicial de bananeira, cultivar Pioneira, em função da aplicação de diferentes níveis de nitrogênio e potássio**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. Anais... [CD-ROM]. Rio de Janeiro: SBCS, 1997.
- PASSOS E. E. M. Exigências climáticas. In: FONTES, H. R.;RIBEIRO, F. E.; FERNANDES, M. F. **Coco Produção: aspectos técnicos**. Brasília; Embrapa – SPI; Aracaju: Embrapa – CPATC, 2003. Cap 4, p. 18 - 20.
- PINTO, J. M. **Fertirrigação da bananeira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 8p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado Técnico, 84).
- RAMOS, D. P.; LEONEL, S. Crescimento, produção e qualidade de frutos da bananeira ‘Figo cinza’, em Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p. 749-754, Setembro 2009.
- RATKE, R. F.; SANTOS, S. C.; PEREIRA, H. S.; SOUZA, E. D. de; CARNEIRO, M. A. C. Desenvolvimento e produção de bananeiras Thap Maeo e prata-anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 1, p. 277-288, Março 2012.
- RICHARDS, R. A. Increasing salinity tolerance of grain crops: is it worthwhile? **Plant and Soil**, Dordrecht, v.146, p.89-98, 1992.
- RITCHEY, K. D. **O potássio nos oxissolos e ultissolos dos trópicos úmidos**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1982, 69 p. (Boletim Técnico, 7).
- ROBINSON, J.C., ANDERSON, T., ECKSTEIN, K. The influence of functional leaf removal at flower emergence on components of yield and photosynthetic compensation in banana. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.67, p.403-10, 1992.

- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R.. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.755–764, 2009.
- SANTOS, S. C.; CARNEIRO, L. C.; SILVEIRANETO, A. N.; PANIAGO JÚNIOR, E.; FREITAS, H. G.; PEIXOTO, C. N. Cultivares. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, SPI, 2006. p. 103.
- SANTOS, S. C.; LUCIANA, C. C.; SILVEIRA NETO, A. N. da; PANIAGO JÚNIOR, E.; FREITAS, H. G. de; PEIXOTO, C. N. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares de bananeira resistentes a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morëlet) no Sudoeste Goiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.449-443. 2006.
- SANTOS, V. P. dos; FERNANDES, P. D.; MELO, A. S. de; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. de M.; BONFIM, L. V. Fertirrigação da bananeira cv. Prata-anã com n e k em um argissolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 2, p. 567-573, Junho 2009.
- SILVA, I. P.; SILVA, J. T. A.; MOURA NETO, A.; COSTA, E. L. **Resposta do Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) a adubação com N e K**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado, RS. Anais... Gramado - RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- SILVA, J. K. M. da; OLIVEIRA, F. de A. de; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. da S. de; MESQUITA, L. X. de. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Caatinga**, v. 21, n. 05, p. 30-35, 2008.
- SILVA, J. T. A. da; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L. Atributos químicos e físicos de solos cultivados com bananeira 'Prata-Anã (AAB), em três níveis de produtividade, no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.102-106, 2007.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. prata-anã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 152-155, 2003.
- SILVA, S. de O.; FLORES, J. C. de O.; LIMA NETO, F. P. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira em quatro ciclos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1567-1574, 2002.
- SILVA, S. de O. e; ALVES, E. J. **Melhoramento genético e novas cultivares de bananeira**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 91-96, 1999.
- SILVA, S. O.; ROCHA, S. A.; ALVES, E. J.; CREDICO, M. DI.; PASSOS, A. R. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 22, n. 2, p. 161-169, agosto, 2000.
- SMITH, P. F. Effect of nitrogen source and placement on the root development of Valencia oranges trees. **Florida State Horticultural Society**, Florida, v.78, n.1, p.55-59, 1965.
- SOUSA, V. F. de; VELOSO, M. E. da C.; VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, V. A. B. de; D'ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S. Nitrogênio e potássio via água de irrigação nas características de produção da bananeira 'Grand Naine. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.865-869, set. 2004.
- SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. 2. ed. San José: Imprenta Lil, 2000.

- SOUZA, J. A. A. de; MEDEIROS, S. de S.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. de. Nutrição do cafeeiro sob fertirrigação com água residuária de origem urbana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Suplemento, p.150-154, 2005.
- SOUZA, M. E. de; LEONEL, S.; MARTIN, R. L. Caracterização do cultivar de bananeira ‘Figo-cinza’ em dois ciclos de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 461-465, Outubro 2011.
- SCHWARZ, M.; GALE, J. Maintenance respiration and carbon balance of plants at low levels of sodium chloride salinity. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.32, p.93-941, 1981.
- TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 29, n. 1, p. 153-160, 2007.
- TEIXEIRA, L. A. J. ; NATALE, W. ; RUGGIERO C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrente da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 23, n. 3, p. 684-689, dez. 2001.
- TEIXEIRA, L. A. J. Cultivares de bananeira. In: RUGGIERO, C. (Coor.). **Bananicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. p. 150-170.
- TEIXEIRA, L. A. J.; SANTOS, W. R. dos; BATAGLIA, O. C. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (dris) e de níveis críticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 530-535, agosto 2002.
- TEIXEIRA, L. A. J. **Adubação nitrogenada e potássica em bananeira ‘Nanicão’ (Musa AAA subgrupo Cavendish) sob duas condições de irrigação**. Jaboticabal, 2000. 132f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEAT, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. New York: Macmillan Publishing Company: 1985. 754p.
- WEBER, O. B.; MONTENEGRO, A. A. T.; SILVA, Í.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L. A. Adubação nitrogenada e potássica em bananeira Pacovan (Musa AAB, subgrupo Prata) na chapada do Apodi, Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 154-157, 2006.
- WITT, H. H. Root growth of trees as influenced by physical and chemical soil factors. **Acta Horticulturae**, Freising, n.450, p.205-214, 1997.

Capítulo 4

Caracterização física de frutos e produtividade de bananeira ‘Pacovan’ irrigada com água residuária e fertirrigada com nitrogênio e potássio

RESUMO: Embora seja um dos principais produtores mundiais de bananas, o Brasil ainda se depara com baixos rendimentos produtivos, havendo, a necessidade de se adotar técnicas adequadas de cultivo que assegurem elevados rendimento à cultura e promovam o manejo correto das adubações. Considerando a importância da cultura para o atual cenário econômico nacional e o caráter pioneiro desta iniciativa no âmbito regional propôs-se este estudo com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes níveis de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados via água residuária, sobre as características de produção da cultura da bananeira cv. Pacovan, no Agreste paraibano. O experimento foi conduzido na Fazenda Ponta da Serra, município de Queimadas - PB, às margens do Rio Bodocongó, onde foram testados dois fatores: Nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de sulfato de amônio) e Potássio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de cloreto de potássio) no delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. A partir dos resultados alcançados verifica-se que os aportes de 403,32 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e 367,55 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹, através das irrigações, permitiram reduzir as quantidades de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados à cultura da bananeira, sem prejuízos para as variáveis de produção. Os componentes de produção da cultura foram positivamente influenciados pelos diferentes níveis de nitrogênio aplicados via fertirrigação, sendo os melhores resultados obtidos no intervalo de 74,08 e 100,75 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. O diâmetro dos frutos de bananeira decresceu com o acréscimo de potássio, em que o nível de 450 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹ com 3,16 cm conferiu um decréscimo de 8,12%, quando comparado ao valor de 3,44 cm obtido nas plantas não fertirrigadas. Na ausência de fertirrigação potássica a aplicação de 127,77 e 127,87 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, via fertirrigação, aumentou em 44,72% o peso médio dos cachos e em 44,63% a produtividade da cultura da bananeira, respectivamente. Por outro lado, a produtividade da cultura da bananeira decresceu para 14,46; 9,47 e 4,48 t ha⁻¹, quando respectivamente aplicou-se 450 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹ associado às dosagens de 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Palavras-chave: Irrigação localizada, água residuária, produtividade da cultura

Physical characteristics of fruits and productivity banana 'pacovan' irrigated with wastewater and fertigated with nitrogen and potassium

ABSTRACT: Although it is a leading global producer of bananas, Brazil still faces low incomes productive, and therefore there is a need to adopt appropriate techniques of cultivation that allows a continued production throughout the year, ensuring high performance culture and promote the proper management of fertilizers. Considering the importance of culture for the current economic scenario and the national character of this pioneering initiative at the regional level, it was proposed in this study to evaluate the effects of different levels of nitrogen and potassium fertilizers applied via wastewater on the production characteristics cultivation of banana cv. Pacovan in Agreste Paraiba. The experiment was conducted at Ponta da Serra, municipality of Queimadas-PB, the River Bodocongó. Where were tested two factors: nitrogen (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹, in the form of ammonium sulfate) and potassium (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹ year⁻¹, in the form potassium chloride), in randomized blocks with 4 x 4 factorial design with three replications. From the results, it appears that the contributions of 403,32 kg N ha⁻¹ year⁻¹ and 367,55 kg K ha⁻¹ year⁻¹, through irrigation, have reduced the quantities of nitrogen fertilizers and potassium applied for banana, without damage to the variables of the same production. The yield components of banana cultures were positively influenced by different levels of nitrogen applied through fertigation, the best results being obtained in the range of 74,08 and 100,75 kg N ha⁻¹ year⁻¹. The banana fruit diameter decreased with the addition of potassium, where the level of 450 kg K ha⁻¹ year⁻¹ with 3,16 cm conferred a decrease of 8,12% compared to the value of 3,44 cm fertigated not obtained in plants. In the absence of potassium fertigation, application of 127,77 and 127,87 kg N ha⁻¹ year⁻¹, fertigation, increased 44,72% in the average weight of 44,63% in bunches and crop productivity banana, respectively. Moreover, the yield of banana decreased to 14,46; 9,47 and 4,48 t ha⁻¹, respectively when applied to 450 kg ha⁻¹ K year⁻¹ associated with dosages of 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹.

Keywords: Irrigation located, wastewater, crop yield

1. INTRODUÇÃO

A bananicultura nacional é vista, atualmente, como uma das mais rentáveis e promissoras atividades agrícolas, sobretudo no Nordeste brasileiro e particularmente nos polos de agricultura irrigada, visto que nos últimos anos, a área explorada com a cultura teve um crescimento expressivo, compondo a base econômica de diversos municípios, servindo como fonte de renda para muitas famílias de agricultores, gerando postos de trabalho no campo e na cidade e contribuindo para o desenvolvimento das regiões envolvidas em sua produção assumindo, então, grande importância socioeconômica.

Uma vez que no Brasil a cultura ocupa uma área de meio milhão de hectares e apresenta uma produção da ordem de sete milhões de toneladas, distribuídas por todo o país (POMMER e BARBOSA, 2009). Este fato faz do Brasil, o segundo maior produtor mundial da fruta e, da região Nordeste, a maior produtora do País (IBGE, 2011). Com cerca de 2,92 milhões de toneladas (SENA, 2011). No Estado da Paraíba o rendimento médio obtido com a cultura no ano de 2002, foi de aproximadamente 16.988,00 kg ha⁻¹ em uma área colhida equivalente a 16.937 hectares (LOPES e ALBUQUERQUE, 2004). Portanto, superior à média nacional que é de aproximadamente 14,1 t ha⁻¹ (FAO, 2007). Este baixo rendimento observado, pode estar relacionado a problemas de suprimento nutricional e hídrico (SANTOS et al., 2009). O que denota a necessidade de se aplicar tecnologias que, efetivamente, respaldem em maiores rendimentos da cultura, viabilizando sua exploração.

Neste sentido, o fornecimento de nutrientes à cultura via água de irrigação em quantidades adequadas e no momento oportuno, parece ser uma alternativa tecnológica economicamente viável e ecologicamente correta para o processo de produção da bananeira. Otimizando o uso de insumos agrícolas e aumentando a eficiência da adubação por meio do fracionamento das doses recomendadas de acordo com a demanda nutricional da cultura (MELO et al., 2009). Reduzindo os custos de produção e exercendo efeito positivo na absorção e no aproveitamento de nutrientes pelas plantas (VILLAS BÔAS et al., 2001). Promovendo um ótimo desenvolvimento e permitindo a obtenção da produção de forma contínua e uniforme, com frutos de boa qualidade (COSTA, 2009).

Do ponto de vista nutricional da bananeira, o nitrogênio e o potássio são indispensáveis ao incremento da produtividade da cultura (SILVA et al., 2003). Pois são absorvidos e exportados em grandes quantidades pela planta e, quando não repostos ao solo, podem provocar declínio na produtividade e na qualidade dos frutos produzidos (SOUSA et al., 2004). Uma vez que, o nitrogênio faz parte das moléculas de aminoácidos e proteínas e de

bases nitrogenadas e ácidos nucleicos. Participando de processos, como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Sendo extremamente importante para o crescimento vegetativo da planta e pra o aumento do número de pencas no cacho (BORGES et al., 1999). Já o potássio é considerado o elemento mais importante para a cultura (LAHAV e TURNER, 1983). Tendo em vista que sua participação na bananeira está diretamente associada à produção de cachos, produtividade, maior resistência pós-colheita e qualidade dos frutos (GUERRA et al., 2004). E ainda regulando a abertura e fechamento dos estômatos, exercendo papel essencial na turgescência das células, transporte de carboidratos e respiração (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

A utilização desses nutrientes requer, contudo, um constante aperfeiçoamento das técnicas de manejo, sobretudo na aplicação, de modo que os produtores possam obter o máximo benefício econômico ao utilizar estes nutrientes (ALVES et al., 2010). Uma vez que na agricultura intensiva a irrigação e a adubação são condições essenciais ao processo produtivo. E a interação existente entre esses fatores faz a resposta das culturas à aplicação de fertilizantes ser fortemente alterada pelo regime hídrico (TEIXEIRA et al., 2011).

Considerando a importância da cultura para o atual cenário econômico nacional e o caráter pioneiro desta iniciativa no âmbito regional, propôs-se este estudo com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes níveis de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados via água residuária sobre as características de produção da cultura da bananeira cv. Pacovan, no Agreste paraibano.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. Variáveis de produção

Aqui, as avaliações das características de produção da cultura da bananeira cv. Pacovan foram realizadas a partir da caracterização física de frutos coletados em cachos colhidos nas plantas mãe correspondentes a cada planta filha avaliada neste estudo, conforme cada parcela experimental, em que o ponto de colheita dos cachos foi determinado com base na aparência dos frutos, cujas características morfoagronômicas de rendimento da cultura da bananeira bem como os procedimentos adotados para sua obtenção, podem ser entendidos da seguinte forma:

a) Número de pencas por cacho (NPC)

A contagem do número de pencas foi realizada em campo, por ocasião da colheita dos cachos, dos quais foram contabilizadas todas as pencas produzidas em cada cacho, conforme cada tratamento experimental. Após a contagem das pencas coletou-se, em cada cacho, uma amostra composta por nove frutos, os quais foram retirados, no total de três frutos, situados na porção intermediária de cada penca localizada nas partes: superior, central e inferior de cada cacho; em seguida, os frutos coletados foram acondicionados em sacos plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados para avaliações posteriores.

b) Número de frutos por penca (NFP)

Realizou-se a estimativa do número de frutos produzidos em cada penca tomando-se como referência o valor médio obtido com a contagem dos frutos encontrados nas pencas localizadas nas partes superior, central e inferior de cada cacho e o número de pencas contabilizadas em cada cacho, produzido pelas plantas de bananeira, conforme cada tratamento experimental.

$$NFP = NMF \cdot NPC \dots\dots\dots \text{eq 4.0}$$

Sendo: NMF = número médio de frutos por cacho;

NPC = número de pencas por cacho.

c) Número de frutos por cacho (NFC)

Este parâmetro foi estimado tomando-se como referência os resultados encontrados com a quantificação do número total de frutos produzidos em cada penca e o número de pencas contabilizadas em cada cacho produzido pelas plantas de bananeira, conforme cada tratamento experimental.

$$\text{NFC} = \text{NFP} \cdot \text{NPC} \dots\dots\dots \text{eq 5.0}$$

Em que: NFP = número de frutos por penca;

NPC = número de pencas por cacho.

d) Comprimento médio dos frutos (CMF)

Esta variável foi determinada com o auxílio de uma fita métrica graduada em mm, tomando-se o valor médio obtido com as medidas das curvaturas interna e externa, partindo-se da base do pecíolo até o ápice de nove frutos amostrados, no total de três, na porção intermediária de cada penca localizada nas partes superior, central e inferior de cada cacho, cujos resultados foram expresso em cm.

e) Diâmetro médio dos frutos (DMF)

O diâmetro médio dos frutos de bananeira foi obtido simultaneamente às medições de comprimento dos frutos, com o auxílio de um paquímetro digital aferindo-se a região mediana dos mesmos frutos, em que foram tomadas as medidas de comprimento, sendo então obtido seu valor médio, cujos resultados foram expressos em cm.

f) Peso médio dos frutos (PMF)

Esta variável foi definida com o auxílio de uma balança semianalítica, por ocasião das avaliações de comprimento e diâmetro dos frutos, tomando-se o valor médio obtido com as pesagens dos frutos amostrados na porção intermediária de cada penca localizada nas partes superior, central e inferior de cada cacho, cujos resultados foram expressos em g.

g) Peso médio das pencas (PMP)

O peso médio das pencas foi determinado tomando-se como referência o valor médio obtido com as pesagens dos frutos amostrados na porção intermediária de cada penca localizada nas partes superior, central e inferior de cada cacho, os resultados encontrados com a quantificação do número total de frutos produzidos em cada penca e o número de pencas contabilizadas em cada cacho produzido pelas plantas de bananeira, conforme cada tratamento experimental; onde os resultados obtidos foram expressos em kg.

$$PMP = \frac{PMF \cdot NFC}{NPC} \dots\dots\dots \text{eq 6.0}$$

Em que: PMF = peso médio dos frutos (g)

NFC = número de frutos por cacho.

h) Peso médio do cacho (PMC)

Esta variável foi estimada a partir dos resultados encontrados com a quantificação do número total de frutos produzidos em cada cacho e dos valores médios obtidos com as pesagens dos frutos amostrados na porção intermediária de cada penca localizada nas partes superior, central e inferior de cada cacho, conforme cada tratamento experimental, cujos resultados alcançados foram expressos em kg.

$$PMC = NFC \cdot PMF \dots\dots\dots \text{eq 7.0}$$

Em que: NFC = número de frutos por cacho;

PMF = peso médio dos frutos (g).

i) Produtividade da cultura (PC)

A variável peso médio do cacho (PMC) expressa o comportamento produtivo das plantas de bananeira, em meio aos diferentes níveis de nitrogênio e potássio testados neste estudo; com base neste parâmetro estimou-se a produtividade da cultura em $t \text{ ha}^{-1}$, a partir da seguinte fórmula:

$$PC = \left[\frac{PMC}{[(EF_d + EF_p) \times 0,5] \times E_p} \right] \times f \dots\dots\dots \text{eq 8.0}$$

Em que: PMC = Peso médio do cacho (kg)

EF_d = espaçamento entre as fileiras duplas (m)

EF_p = espaçamento entre as fileiras de plantas (m)

E_p = espaçamento entre plantas (m)

f = 10

2.2. Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com base no delineamento experimental adotado neste estudo (item 3.6) realizando-se análise de variância dos dados e regressão, avaliando-se os efeitos isolados de cada fator bem como a interação entre eles, à significância de 1 e 5% de probabilidade; para tanto, utilizou-se o pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados expostos na Tabela 14, verifica-se que os componentes de produção da cultura da bananeira cv. Pacovan foram significativamente influenciados pelos diferentes níveis de nitrogênio e potássio aplicados via água de irrigação, ocorrendo tanto efeitos isolados como da interação entre estes nutrientes, a nível de 1 e 5% de probabilidade.

Observa-se ainda boa precisão experimental dentro dos tratamentos nos quais os coeficientes de variação foram considerados médios e altos, segundo Gomes (2000).

Tabela 14. Resumo da análise de variância dos componentes de produção: número de pencas por cacho (NPC), número de frutos por penca (NFP), número de frutos por cacho (NFC), comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC)

Fatores	GL	Quadrados Médios								
		NPC	NFP	NFC	CMF	DMF	PMF	PMP	PMC	PC
Nitrogênio	3	2,354 ^{ns}	4,4924 ^{ns}	411,685 ^{ns}	33,078 ^{**}	1,573 ^{**}	5330,641 ^{**}	0,875 ^{**}	51,408 ^{**}	142,579 ^{**}
Regressão Linear	1	1,749 ^{ns}	6,821 ^{ns}	645,405 ^{ns}	54,007 ^{**}	2,886 ^{**}	10485,046 ^{**}	1,715 ^{**}	97,461 ^{**}	270,279 ^{**}
Regressão Quadrática	1	4,183 ^{ns}	0,822 ^{ns}	587,090 ^{ns}	44,333 ^{**}	1,665 ^{**}	4778,025 ^{**}	0,642 ^{**}	53,383 ^{**}	148,087 ^{**}
Regressão Cúbica	1	1,130 ^{ns}	5,834 ^{ns}	2,560 ^{ns}	0,894 ^{ns}	0,167 ^{ns}	728,853 ^{ns}	0,268 [*]	3,379 ^{ns}	9,373 ^{ns}
Potássio	3	2,959 ^{ns}	4,414 ^{ns}	707,728 ^{ns}	3,475 ^{ns}	0,255 [*]	137,563 ^{ns}	0,061 ^{ns}	5,076 ^{ns}	14,074 ^{ns}
Regressão Linear	1	5,963 ^{ns}	11,511 ^{ns}	1972,89 ^{ns}	8,813 ^{ns}	0,521 [*]	80,203 ^{ns}	0,095 ^{ns}	11,953 ^{ns}	33,145 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	2,916 ^{ns}	0,077 ^{ns}	88,808 ^{ns}	1,609 ^{ns}	0,221 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,279 ^{ns}	0,777 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,0002 ^{ns}	1,653 ^{ns}	61,479 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,023 ^{ns}	332,479 ^{ns}	0,080 ^{ns}	2,997 ^{ns}	8,299 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio	9	2,544 ^{ns}	2,768 ^{ns}	503,144 ^{ns}	15,221 ^{**}	0,754 ^{**}	955,966 ^{**}	0,192 ^{**}	13,803 ^{**}	38,318 ^{**}
Bloco	2	0,448 ^{ns}	3,642 ^{ns}	12,706 ^{ns}	6,569 ^{ns}	0,294 ^{ns}	532,928 ^{ns}	0,069 ^{ns}	2,691 ^{ns}	7,469 ^{ns}
Resíduo	30	1,874	2,926	450,331	2,558	0,087	253,230	0,041	4,060	11,273
CV (%)		18,33	14,62	23,91	12,56	8,93	18,41	19,65	25,55	25,55

** e *: significativo a 1% e 5%, respectivamente; ns: não significativo

Com base nestes resultados, verificam-se efeitos isolados a nível de 1% de probabilidade, dos diferentes níveis de nitrogênio, aplicados via água de irrigação, sobre as variáveis: comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC). Já os níveis de potássio, aplicados à cultura via água de irrigação, exerceram efeitos isolados, a nível de 5% de probabilidade, apenas sobre o diâmetro médio dos frutos (DMF). Além de efeitos isolados, os diferentes níveis de nitrogênio e potássio estudados, notadamente proporcionaram respostas expressivas às variáveis analisadas, evidenciando claramente efeitos significativos da interação entre estes nutrientes, a nível de 1% de probabilidade.

A partir dos resultados encontrados para os estudos de regressão, cujas respostas obtidas variaram de linear a cúbica, com efeito significativo dos fatores sobre as variáveis analisadas e conforme os modelos estatisticamente significativos encontrados neste estudo, optou-se por aquele que melhor se ajustou à natureza dos resultados alcançados, bem como os respectivos coeficientes de dispersão (R^2) apresentados por estes.

Ao analisar os efeitos isolados dos diferentes níveis de nitrogênio sobre as variáveis de produção da cultura da bananeira, por meio da análise de regressão, constatou-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou à natureza dos resultados obtidos (Figura 18).

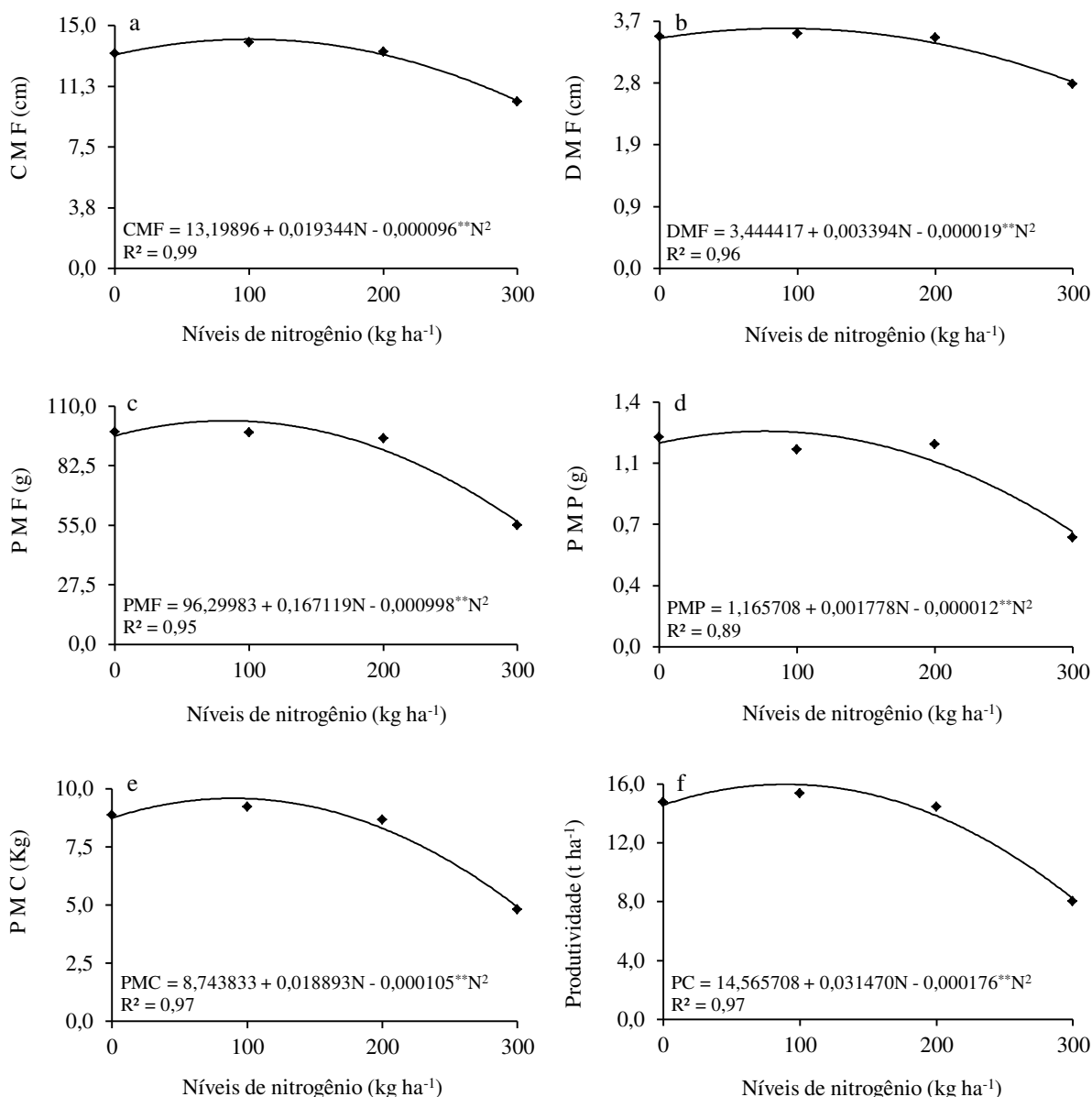


Figura 18. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio sobre os componentes de produção: comprimento médio dos frutos – CMF (a), diâmetro médio dos frutos – DMF (b), peso médio dos frutos – PMF (c), peso médio das pencas – PMP (d), peso médio dos cachos – PMC (e) e produtividade da cultura – PC (f) da cultura da bananeira cv. Pacovan

Com base nestes resultados e conforme o modelo estatístico quadrático obtido verifica-se, na Figura 18a, que o comprimento dos frutos foi significativamente afetado pelos níveis de nitrogênio aplicados via fertirrigação e que a aplicação de 100,75 kg de N ha⁻¹, conferiu um comprimento médio de 14,17 cm aos frutos de bananeira, no nível máximo do modelo estatístico, representando um incremento de 6,87% quando comparado com o valor de 13,20 cm, obtido nas plantas não fertirrigadas; a partir do nível máximo, o comprimento médio dos frutos decresceu para 13,23 cm e 10,36 cm representando um decréscimo de 6,67 e 26,89%, respectivamente, quando se aplicou 200 e 300 kg de N ha⁻¹ via fertirrigação.

Do mesmo modo, alguns autores obtiveram resultados semelhantes com a cultura da bananeira, a exemplo de Coelho et al. (2006) que, ao avaliar o crescimento de produtividade da bananeira da terra no recôncavo baiano, obtiveram um comprimento máximo dos frutos da segunda penca de 26,75 cm. Macêdo et al. (2007) obtiveram o comprimento máximo de 21,80 cm em frutos de bananeiras sob fertilização nitrogenada. Em experimento com bananeiras Prata-anã, Damatto Junior et al. (2011) e Damatto Junior et al. (2006) verificaram comprimento médio de frutos de 16,59 e 13,0 cm, respectivamente.

Quanto ao diâmetro médio dos frutos, observa-se uma resposta positiva em relação aos diferentes níveis de nitrogênio testados (Figura 18b). Onde a aplicação de 89,32 kg de N ha⁻¹ via fertirrigação ocasionou um incremento de 3,59 cm ao diâmetro dos frutos de bananeira, no nível máximo do modelo estatístico, conferindo um acréscimo de 4,16%, 6,42% e 23,41% no diâmetro médio dos frutos em relação às plantas não fertirrigadas e aos níveis de nitrogênio correspondentes a 200 e 300 kg ha⁻¹, respectivamente.

Este resultado foi superior ao observado por Rodrigues et al. (2001) que obtiveram frutos com diâmetro médio de 3,2 cm e inferior aos obtidos por Coelho et al. (2006) e Macêdo et al. (2007) que obtiveram diâmetro médio dos frutos da segunda penca de 4,1 e 3,98 cm, respectivamente. Neste contexto, Damatto Junior et al. (2011) destacam que a questão de diâmetro de frutos é bastante variável pois este é um dos fatores que determinam o ponto ideal de colheita dependendo do destino que se pretende dar aos frutos pois, normalmente, frutos para consumo local são colhidos com diâmetros maiores enquanto frutos para serem transportados a distâncias maiores, são colhidos com diâmetros menores.

Conforme a Figura 18c, o peso médio dos frutos (PMF) foi mais elevado com a aplicação de 83,73 kg de N ha⁻¹, atingindo o valor máximo de 103,03 g; a partir deste ponto observa-se que houve tendência de redução do peso médio de frutos até o maior nível de nitrogênio aplicado à cultura, sendo obtidos frutos com peso médio de 89,80 e 56,62 g, respectivamente, quando aplicou-se 200 e 300 kg de N ha⁻¹ via fertirrigação.

Em estudos conduzidos por Ramos et al. (2009) em Botucatu-SP, foi constatado peso médio de frutos correspondentes a 92,34; 99,27 e 95,43 g para as cultivares Thap Maeo, Prata Anã e Prata Zulu. Ledo et al. (2008), estudando as cultivares Thap Maeo e Prata Anã em Propriá-SE, obtiveram peso médio de fruto correspondente a 86,7 g e 116,3 g, respectivamente. Entretanto, estudos realizados por Rodrigues et al. (2006) no Norte de Minas Gerais e Donato et al. (2006) em Guanambi-BA, relataram resultados superiores para bananeiras ‘Prata Anã’, cujos valores alcançados foram, respectivamente, de 140 g e 155,80 g frutos⁻¹.

Os resultados apresentados na Figura 18d, sinalizam que a aplicação de 74,08 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação, promoveu maior peso médio às pencas de bananeira (1,224 kg), no nível máximo do modelo estatístico; por outro lado, a partir deste ponto os níveis de nitrogênio mais elevados reduziram em 14,89 e 49,40%, o peso médio das pencas de bananeira, respectivamente, com a aplicação de 200 e 300 kg de N ha⁻¹.

Brasil et al. (2000) ao estudarem o desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica, constataram que a aplicação de 240 g de N planta⁻¹ proporcionou aumentos expressivos no peso de penca por cacho com estimativas de incremento de produção da ordem de 30%. Ledo et al. (2008), obtiveram pencas com pesos de 1,38 e 1,72 kg em bananeiras ‘Thap Maeo’ cultivadas no município de Propriá-SE. Já Santos et al. (2006) constataram, para bananeira Thap Maeo, pencas com peso de 1,63 kg.

Com base na Figura 18e, visualiza-se perfeitamente que o maior valor encontrado para a variável peso médio dos cachos (PMC) foi obtido quando se aplicou 89,97 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação, conferindo o peso total de 9,593 kg aos cachos de bananeiras, no nível máximo do modelo estatístico. Este valor representa um incremento da ordem de 8,76% em relação ao encontrado nas plantas não fertirrigadas e de 13,16 e 48,22%, respectivamente, em relação aos encontrados nas plantas fertirrigadas com 200 e 300 kg de N ha⁻¹.

Brasil et al. (2000) verificaram que a aplicação de 240 g de N planta⁻¹ elevou consideravelmente o peso de cacho de bananeiras, conferindo incrementos da ordem de 32% na produção da cultura em relação à ausência de nitrogênio. Sousa et. al. (2008) estudando o rendimento de frutos de bananeiras ‘Nanicão’ no semiárido paraibano, obtiveram peso máximo do cacho de 35,56 kg planta⁻¹. Em estudo realizado nas condições edafoclimáticas de Cruz das Almas-BA, Lima et al. (2005) obtiveram cachos com peso de 12,08 kg e de 16 kg, respectivamente, para o primeiro e segundo ciclos produtivos de bananeiras cv. Tropical. Passos et al. (2002) estudando genótipos de bananeiras Maçã em diferentes ecossistemas, observaram peso do cacho de 16 e 20 kg em Nova Porteirinha-MG, de 17,20 e 17,30 kg em

Petrolina, PE, e de 11,3 e 22,70 kg em Cruz das Almas, BA. Damatto Júnior (2008) em Botucatu-SP e Donato et al. (2006), em Guanambi-BA, relataram, para a cultivar Prata Anã um peso de cacho igual a 19,90 kg e 28,01 kg, respectivamente.

Tal como o peso médio dos cachos, os níveis de nitrogênio avaliados neste estudo influenciaram sobremaneira o rendimento da cultura da bananeira cv. Pacovan. Verifica-se, então, a partir dos resultados expostos na Figura 18f, que a produtividade da cultura vaiou consideravelmente em função dos diferentes níveis de nitrogênio aplicados via água de irrigação, constatando-se que a aplicação de 89,40 kg de N ha⁻¹ promoveu maior rendimento físico à cultura da bananeira (15,95 t ha⁻¹) no nível máximo do modelo estatístico. Este valor concebe um incremento de 8,69% à produtividade da cultura em relação às plantas não fertirrigadas, decrescendo cerca de 13,37 e 48,81%, quando, respectivamente, comparado aos demais níveis de nitrogênio aplicados: 200 e 300 kg ha⁻¹.

Ao avaliar o desempenho agrônomo de bananeiras em Botucatu-SP, Leonel et al. (2003) obtiveram produtividades máximas de 19,50 e 14,37 t ha⁻¹, respectivamente, para as cultivares Prata-anã e Maçã. Gonçalves et al. (2008) observaram, para as cultivares Thap Maeo e Prata Anã, produtividade correspondente a 26,3 t ha⁻¹ e 14,22 t ha⁻¹, respectivamente. Pinto et al. (2005) encontraram rendimento da ordem de 17,43 t ha⁻¹, em bananeiras cultivadas sob fertirrigação nitrogenada e potássica. Donato et al. (2006), avaliando o comportamento de bananeiras em dois ciclos de produção, obtiveram um rendimento de 66,61 t ha⁻¹, para a cultivar Pacovan Ken. Enquanto que Bassoi et al. (2004) alcançaram uma produtividade de 25,54 t ha⁻¹, em estudo realizado no Vale do São Francisco, com a cultivar Pacovan.

Neste contexto, os resultados evidenciados até o presente momento, indicam que o nível máximo de nitrogênio requerido para se obter uma ótima produção de frutos de bananeira satisfaz a recomendação de Soto (1992), que indica a aplicação de 336 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

Tal como o nitrogênio, os diferentes níveis de potássio aplicados via água de irrigação, influenciaram significativamente o diâmetro dos frutos de bananeiras, constatando-se efeito linear a nível de 5% de probabilidade (Figura 19).

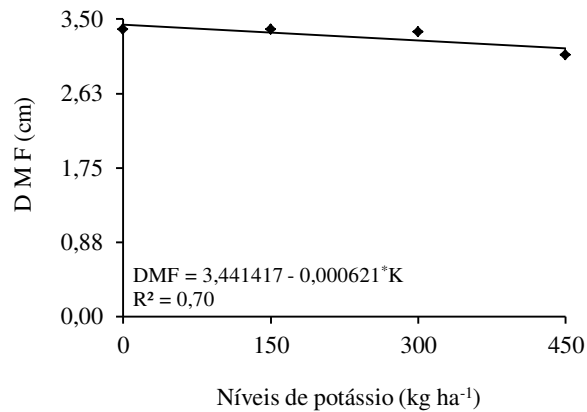


Figura 19. Diâmetro médio dos frutos (DMF) de bananeira cv. Pacovan em função dos diferentes níveis de potássio aplicados via água de irrigação

Com base neste resultado e de acordo com o modelo estatístico que melhor se ajustou, verifica-se uma redução expressiva do diâmetro médio dos frutos (DMF) em função dos níveis crescentes de potássio aplicados via água de irrigação; ressalta-se que no maior nível aplicado (450 kg de K ha⁻¹) o diâmetro médio dos frutos foi de apenas 3,16 cm, este valor encontrado corresponde a um decréscimo da ordem de 8,12%, quando comparado com o valor de 3,44 cm obtido nas plantas não fertirrigadas.

Por meio da equação obtida observa-se, uma redução de 0,000621 cm no diâmetro médio dos frutos de bananeira cv. Pacovan para cada quilograma de potássio aplicado via fertirrigação.

Resultado semelhante foi observado por Donato (2007), ao constatar que o diâmetro dos frutos de bananeiras ‘Tropical’ decresceu consideravelmente de 4,07 cm no primeiro ciclo para 3,41 cm no segundo ciclo produtivo. Costa (2009), avaliando diferentes níveis de irrigação e potássio aplicados à cultura da bananeira ‘Pacovan Apodi’, observou que os maiores diâmetros de frutos (4,11 cm para planta mãe e 4,02 cm planta filha) foram obtidos com a aplicação de 0,406 kg de K₂SO₄ planta⁻¹. Santos et al. (2006), relataram que os frutos da cultivar Thao Maeo cultivadas em Jataí-GO, apresentaram 3,32 cm de diâmetro. Rodrigues et al. (2006) no Norte de Minas Gerais, e Donato et al. (2006), em Guanambi-BA, verificaram que a cultivar Prata Anã, apresentou diâmetros correspondentes a 3,80 e 3,46 cm, respectivamente.

Destaca-se, ainda, que a partir de observações visuais realizadas durante a condução do experimento, nas parcelas fertirrigadas com os níveis mais elevados de nitrogênio e potássio, percebeu-se a emissão de cachos pouco desenvolvidos, com frutos pequenos e finos, evento que pode estar associado às concentrações elevadas destes nutrientes, frequentemente

disponibilizados via água de irrigação, o que provavelmente causou desequilíbrio nutricional e, conseqüentemente, redução da produção. Uma vez que, segundo Robinson (1996), uma nutrição desbalanceada proporciona produção de cachos menores e com problemas de enchimento dos frutos. Borges (2004) destaca que nestas condições o excesso de N atrasa a emergência do cacho e favorece a produção de cachos fracos e pencas separadas. Além disso, conforme Silva et al. (1999) o desbalanço de K^+ pode ocasionar problemas de pós-colheita, como produção de frutos magros levando à queda prematura de frutos. Segundo Martin-Prével (1964), em uma plantação de alta produtividade o nível do K no solo, na instalação do bananal, deve ser no mínimo $8,0 \text{ mmolc dm}^{-3}$. Entretanto, Malavolta e Vitti (1984) citam que $4,0 \text{ mmolc dm}^{-3}$ correspondem ao valor crítico de K, que possibilita uma previsão de resposta de 81% da bananeira à adubação potássica. Por tanto, bem inferior às concentrações de potássio determinadas nas análises de solo (Tabela 1).

Outra hipótese possível de se apontar seriam os elevados teores de sais presentes na água residuária e que foram constantemente aportados ao solo por meio das irrigações. O que, segundo Ayers e Westcot (1991) a toxidez de íons específicos (principalmente sódio, cloreto e boro) contidos no solo ou na água, em concentrações suficientemente altas, pode causar danos e reduzir consideravelmente os rendimentos das culturas sensíveis.

Esses resultados mostram, desde já, a importância do uso de adubações equilibradas, inclusive a necessidade de alternância de fontes de nutrientes com características diferentes no seu poder de acidificação, como no caso dos fertilizantes nitrogenados (MELO et al., 2010).

Os efeitos dos níveis crescentes de nitrogênio e potássio, sobre os parâmetros de produção da cultura da bananeira, também podem ser observados por meio da interação entre estes fatores, em que os desdobramentos em componentes de regressão do fator nitrogênio em cada nível de potássio (Tabela 15) demonstram que a cultura da bananeira respondeu positivamente a nível de 1 e 5% de probabilidade, às aplicações conjuntas destes nutrientes, observando-se efeitos significativos, na ausência das fertirrigações potássicas, apenas para as variáveis peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC). Com exceção desta última, para as duas primeiras e ainda para a variável peso médio dos frutos (PMF) detectou-se respostas significativas no nível de $150 \text{ kg de K ha}^{-1}$. No nível de $300 \text{ kg de K ha}^{-1}$ não foram observados efeitos significativos sobre as variáveis analisadas. Por outro lado, no maior nível de potássio estudado (450 kg ha^{-1}) os componentes de produção da cultura da bananeira cv. Pacovan foram significativamente influenciados pelas aplicações conjuntas destes nutrientes.

Tabela 15. Análise de Regressão dos níveis de nitrogênio em função dos níveis de potássio para as variáveis comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura da bananeira cv. Pacovan (PC)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		CMF	DMF	PMF	PMP	PMC	PC
Nitrogênio dentro do nível de 0 kg de K ha ⁻¹	3	4,135 ^{ns}	0,037 ^{ns}	603,345 ^{ns}	0,136 [*]	22,501 ^{**}	62,489 ^{**}
Regressão Linear	1	0,251 ^{ns}	0,035 ^{ns}	533,658 ^{ns}	0,091 ^{ns}	8,325 ^{ns}	23,088 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	11,525 ^{ns}	0,056 ^{ns}	1152,48 ^{ns}	0,267 [*]	33,501 ^{**}	92,963 ^{**}
Regressão Cúbica	1	0,628 ^{ns}	0,019 ^{ns}	123,898 ^{ns}	0,053 ^{ns}	25,676 [*]	71,416 [*]
Nitrogênio dentro do nível de 150 kg de K ha ⁻¹	3	0,654 ^{ns}	0,134 ^{ns}	1082,888 [*]	0,311 ^{**}	15,478 [*]	42,985 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,151 ^{ns}	0,104 ^{ns}	848,782 ^{ns}	0,201 [*]	16,705 ^{ns}	46,323 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	1,123 ^{ns}	0,229 ^{ns}	1660,747 [*]	0,211 [*]	7,744 ^{ns}	21,547 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,689 ^{ns}	0,066 ^{ns}	739,135 ^{ns}	0,521 ^{**}	21,985 [*]	61,084 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 300 kg de K ha ⁻¹	3	4,196 ^{ns}	0,041 ^{ns}	562,962 ^{ns}	0,114 ^{ns}	7,413 ^{ns}	20,523 ^{ns}
Regressão Linear	1	1,813 ^{ns}	0,003 ^{ns}	662,805 ^{ns}	0,075 ^{ns}	1,347 ^{ns}	3,735 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	9,452 ^{ns}	0,118 ^{ns}	716,725 ^{ns}	0,095 ^{ns}	13,167 ^{ns}	36,366 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	1,323 ^{ns}	0,002 ^{ns}	309,355 ^{ns}	0,171 ^{ns}	7,725 ^{ns}	21,468 ^{ns}
Nitrogênio dentro do nível de 450 kg de K ha ⁻¹	3	69,756 ^{**}	3,624 ^{**}	5949,344 ^{**}	0,888 ^{**}	47,424 ^{**}	131,536 ^{**}
Regressão Linear	1	175,275 ^{**}	8,015 ^{**}	16081,56 ^{**}	2,546 ^{**}	134,820 ^{**}	373,901 ^{**}
Regressão Quadrática	1	33,501 ^{**}	2,314 ^{**}	1352,351 [*]	0,101 ^{ns}	5,824 ^{ns}	16,193 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,495 ^{ns}	0,543 [*]	414,120 ^{ns}	0,017 ^{ns}	1,626 ^{ns}	4,515 ^{ns}

** e *: significativo a 1% e 5%, respectivamente; ns: não significativo

Desse modo, os resultados apresentados na Figura 20, mostram as tendências e comportamentos dos componentes de produção: comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura da bananeira cv. Pacovan (PC) obtidos em função das aplicações conjuntas dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio.

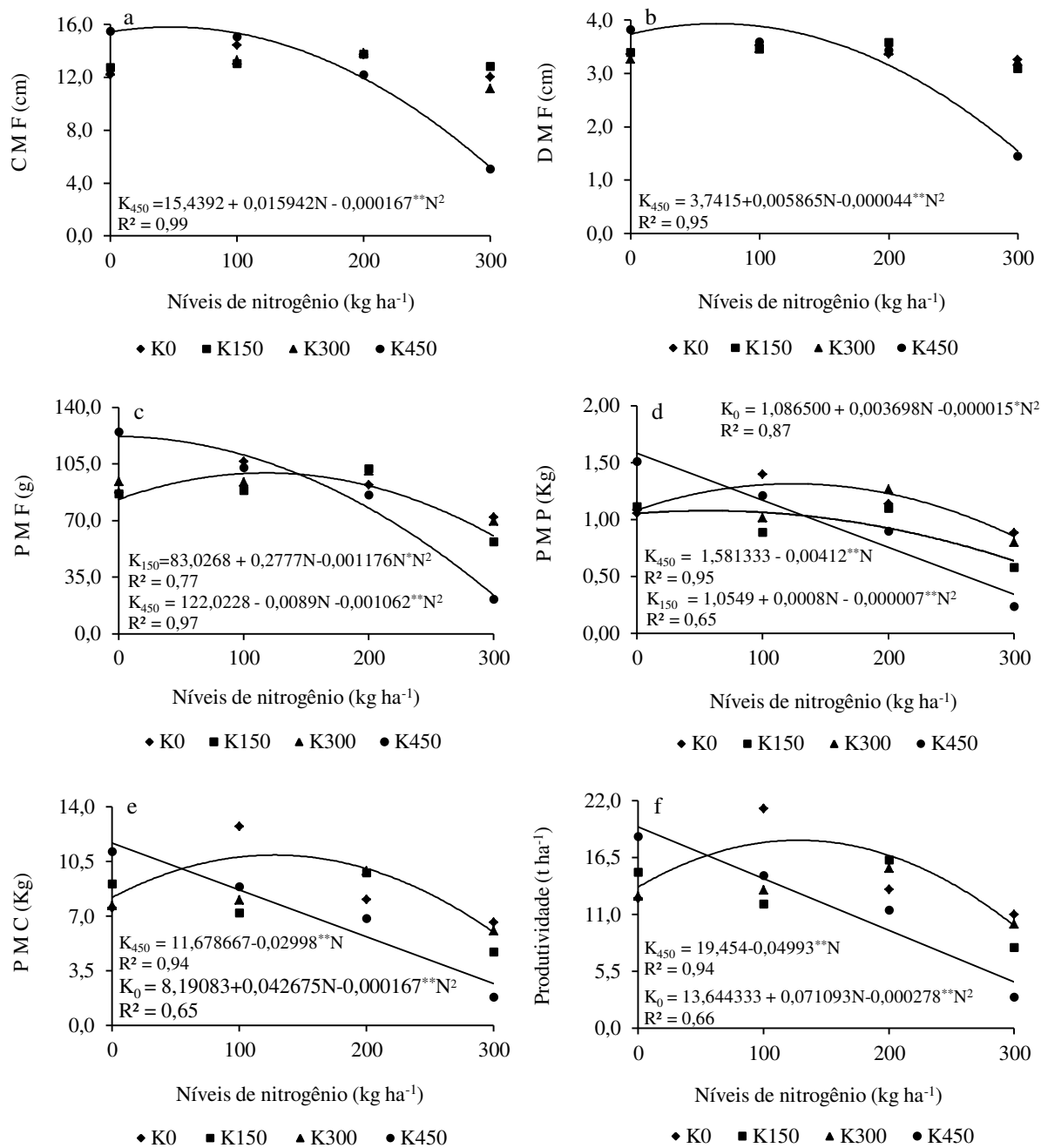


Figura 20. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre os componentes de produção comprimento médio dos frutos – CMF (a), diâmetro médio dos frutos – DMF (b), peso médio dos frutos – PMF (c), peso médio das pencas – PMP (d), peso médio dos cachos – PMC (e) e produtividade da cultura – PC (f)

A partir dos resultados encontrados verifica-se que as combinações de 450 kg de K ha⁻¹ e 47,73 kg de N ha⁻¹, aplicadas à cultura via água de irrigação, conferiram um comprimento médio de 15,44 cm aos frutos de banana cv. Pacovan, no ponto máximo do modelo estatístico (Figura 20a). A partir deste ponto, o comprimento médio dos frutos decresceu cerca de 0,49; 22,62 e 66,37%, respectivamente, quando aplicou-se 100, 200 e 300 kg de N ha⁻¹.

Verifica-se, ainda, que as aplicações conjuntas de 450 kg de K ha⁻¹ e 66,65 kg de N ha⁻¹ proporcionaram um diâmetro máximo de 3,89 cm aos frutos de bananeira (Figura 20b), decrescendo cerca de 18,87 e 60,37% quando, respectivamente, foram aplicados 200 e 300 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação.

Na Figura 20c, constata-se que a aplicação combinada de 150 kg de K ha⁻¹ e 118,07 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação, conferiu um peso máximo de 99,04 g aos frutos de bananeira, representando acréscimos de 16,17 em relação às plantas não fertirrigadas e de 7,58 e 38,91%, respectivamente, em relação às que receberam 200 e 300 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação. Quando aplicou-se conjuntamente, 450 kg de K ha⁻¹ e 4,22 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação, o peso máximo estimado, dos frutos de bananeiras foi de 122,02 g, valor que representa um incremento de 9,44; 36,28 e 80,53% quando respectivamente comparado com os níveis de 100, 200 e 300 kg de N ha⁻¹.

Em relação ao peso médio das pencas (Figura 20d) constata-se que na ausência de fertirrigação potássica a aplicação de 123,27 kg de N ha⁻¹ possibilitou a obtenção de um peso equivalente a 1,31 kg, no nível máximo do modelo estatístico, representando um incremento de 16,83 e 35,24% quando, respectivamente, comparado com as plantas não fertirrigadas e com as que receberam 300 kg de N ha⁻¹; enquanto a aplicação de 150 kg de K ha⁻¹, juntamente com 57,14 kg de N ha⁻¹, conferiu um peso médio de 1,06 kg às pencas de bananeira, no ponto máximo do modelo estatístico, o que corresponde a um acréscimo de 12,21 e 37,56% no peso médio das pencas em relação aos níveis de 200 e 300 kg de N ha⁻¹.

Verifica-se, ainda, que a aplicação de 450 kg de K ha⁻¹ proporcionou reduções significativas do peso médio das pencas com o acréscimo de nitrogênio, em que no maior nível de nitrogênio aplicado (300 kg ha⁻¹) o valor encontrado foi de apenas 0,35 kg, representando um decréscimo de 78,16% quando comparado com o valor de 1,58 kg obtido na ausência de fertirrigação nitrogenada. Evidencia-se, ainda, por meio da equação obtida, que houve uma redução de 0,00412 kg no peso médio das pencas para cada quilograma de nitrogênio aplicado via fertirrigação.

Na Figura 20e, verifica-se que na ausência de fertirrigação potássica, a aplicação de 127,77 kg de N ha⁻¹ conferiu o máximo ganho de peso aos cachos de bananeira (10,79 kg); a partir deste ponto, o peso médio dos cachos decresceu cerca de 6,88 e 44,72%, respectivamente, em relação aos níveis de 200 e 300 kg de N ha⁻¹. Por outro lado, no maior nível de potássio estudado (450 kg ha⁻¹) verifica-se uma redução no peso dos cachos de bananeiras até o maior nível de nitrogênio aplicado (300 kg ha⁻¹), sendo o maior peso físico (11,68 kg) obtido em plantas não fertirrigadas. Evidenciando, assim, acréscimos de 89,99;

93,52 e 97,04%, respectivamente, em relação aos níveis de 100, 200 e 300 kg de N ha⁻¹. Para este comportamento, nota-se que para cada quilograma de nitrogênio aplicado via fertirrigação houve uma redução de 0,02998 kg no peso médio dos cachos de bananeira cv. Pacovan.

Comportamento semelhante pode ser evidenciado na Figura 20f, em que na ausência de fertirrigação potássica, verifica-se um incremento máximo de 17,97 t ha⁻¹ na produtividade da cultura com a aplicação de 127,87 kg de N ha⁻¹, representando acréscimo de 24,09%, em relação às plantas que não receberam fertirrigação nitrogenada e de 6,85% e 44,63%, respectivamente, em relação às plantas que receberam 200 e 300 kg de N ha⁻¹. No entanto, no nível de 450 kg de K ha⁻¹ o acréscimo de nitrogênio implicou em reduções progressivas da produtividade da cultura, sendo o maior valor estimado (19,45 t ha⁻¹) obtido na ausência de fertirrigação nitrogenada; até o maior nível de nitrogênio estudado, a produtividade da cultura decresceu para 14,46; 9,47 e 4,48 t ha⁻¹, respectivamente, quando aplicou-se os níveis de nitrogênio correspondentes a 100, 200 e 300 kg ha⁻¹; neste contexto, percebe-se que houve redução de 0,04993 t ha⁻¹ na produtividade da cultura, para cada quilograma de nitrogênio aplicado via fertirrigação.

Quanto aos desdobramentos de potássio em cada nível de nitrogênio (Tabela 16) verifica-se que os componentes de produção da cultura da bananeira foram sensivelmente influenciados pelas aplicações conjuntas destes elementos, ocorrendo efeitos significativos a nível de 1 e 5% de probabilidade, na ausência das fertirrigações potássicas apenas para as variáveis peso médio dos frutos (PMF) e peso médio das pencas (PMP); além deste último, as variáveis peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC) foram sensivelmente influenciadas pelas aplicações conjuntas, no nível de 100 kg de N ha⁻¹. No nível de 200 kg de N ha⁻¹ não foram observados efeitos significativos sobre as variáveis analisadas. Entretanto, no nível correspondente a 300 kg de N ha⁻¹ os componentes de produção da cultura foram significativamente influenciados pelas interações entre os fatores estudados.

Tabela 16. Análise de Regressão dos níveis de potássio em função dos níveis de nitrogênio para as variáveis comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura da bananeira cv. Pacovan (PC)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		CMF	DMF	PMF	PMP	PMC	PC
Potássio dentro do nível de 0 kg de N ha ⁻¹	3	7,014 ^{ns}	0,188 ^{ns}	977,971 [*]	0,128 [*]	8,414 ^{ns}	23,326 ^{ns}
Regressão Linear	1	13,843 ^{ns}	0,239 ^{ns}	2166,124 ^{**}	0,276 [*]	13,338 ^{ns}	37,036 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	4,662 ^{ns}	0,211 ^{ns}	732,109 ^{ns}	0,081 ^{ns}	2,755 ^{ns}	7,616 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	2,537 ^{ns}	0,115 ^{ns}	35,681 ^{ns}	0,027 ^{ns}	9,149 ^{ns}	25,324 ^{ns}
Potássio dentro do nível de 100 kg de N ha ⁻¹	3	2,749 ^{ns}	0,012 ^{ns}	201,601 ^{ns}	0,148 [*]	17,985 [*]	49,972 [*]
Regressão Linear	1	0,672 ^{ns}	0,007 ^{ns}	5,915 ^{ns}	0,028 ^{ns}	17,398 [*]	48,348 [*]
Regressão Quadrática	1	7,568 ^{ns}	0,028 ^{ns}	543,245 ^{ns}	0,371 ^{**}	30,496 [*]	84,801 ^{**}
Regressão Cúbica	1	0,007 ^{ns}	0,00042 ^{ns}	55,642 ^{ns}	0,046 ^{ns}	6,061 ^{ns}	16,769 ^{ns}
Potássio dentro do nível de 200 kg de N ha ⁻¹	3	1,898 ^{ns}	0,024 ^{ns}	178,575 ^{ns}	0,108 ^{ns}	6,334 ^{ns}	17,571 ^{ns}
Regressão Linear	1	3,001 ^{ns}	0,00048 ^{ns}	60,120 ^{ns}	0,093 ^{ns}	1,851 ^{ns}	5,116 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	2,236 ^{ns}	0,029 ^{ns}	475,021 ^{ns}	0,232 ^{ns}	16,803 ^{ns}	46,649 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,457 ^{ns}	0,042 ^{ns}	0,584 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	0,349 ^{ns}	0,947 ^{ns}
Potássio dentro do nível de 300 kg de N ha ⁻¹	3	37,476 ^{**}	2,293 ^{**}	1647,314 ^{**}	0,250 ^{**}	13,749 [*]	38,159 [*]
Regressão Linear	1	76,478 ^{**}	4,171 ^{**}	2944,902 ^{**}	0,443 ^{**}	25,350 [*]	70,308 [*]
Regressão Quadrática	1	35,432 ^{**}	1,952 ^{**}	826,182 ^{ns}	0,051 ^{ns}	4,106 ^{ns}	11,388 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,518 ^{ns}	0,757 ^{**}	1170,858 [*]	0,256 [*]	11,793 ^{ns}	32,782 ^{ns}

** e *: significativo a 1% e 5%, respectivamente; ns: não significativo

Com base nos resultados encontrados e conforme os modelos estatísticos que melhor se ajustaram observam-se, na Figura 21, as tendências e comportamentos dos componentes de produção comprimento médio dos frutos (CMF), diâmetro médio dos frutos (DMF), peso médio dos frutos (PMF), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos cachos (PMC) e produtividade da cultura (PC) da bananeira cv. Pacovan, obtidos em função dos desdobramentos de potássio em cada nível de nitrogênio estudado.

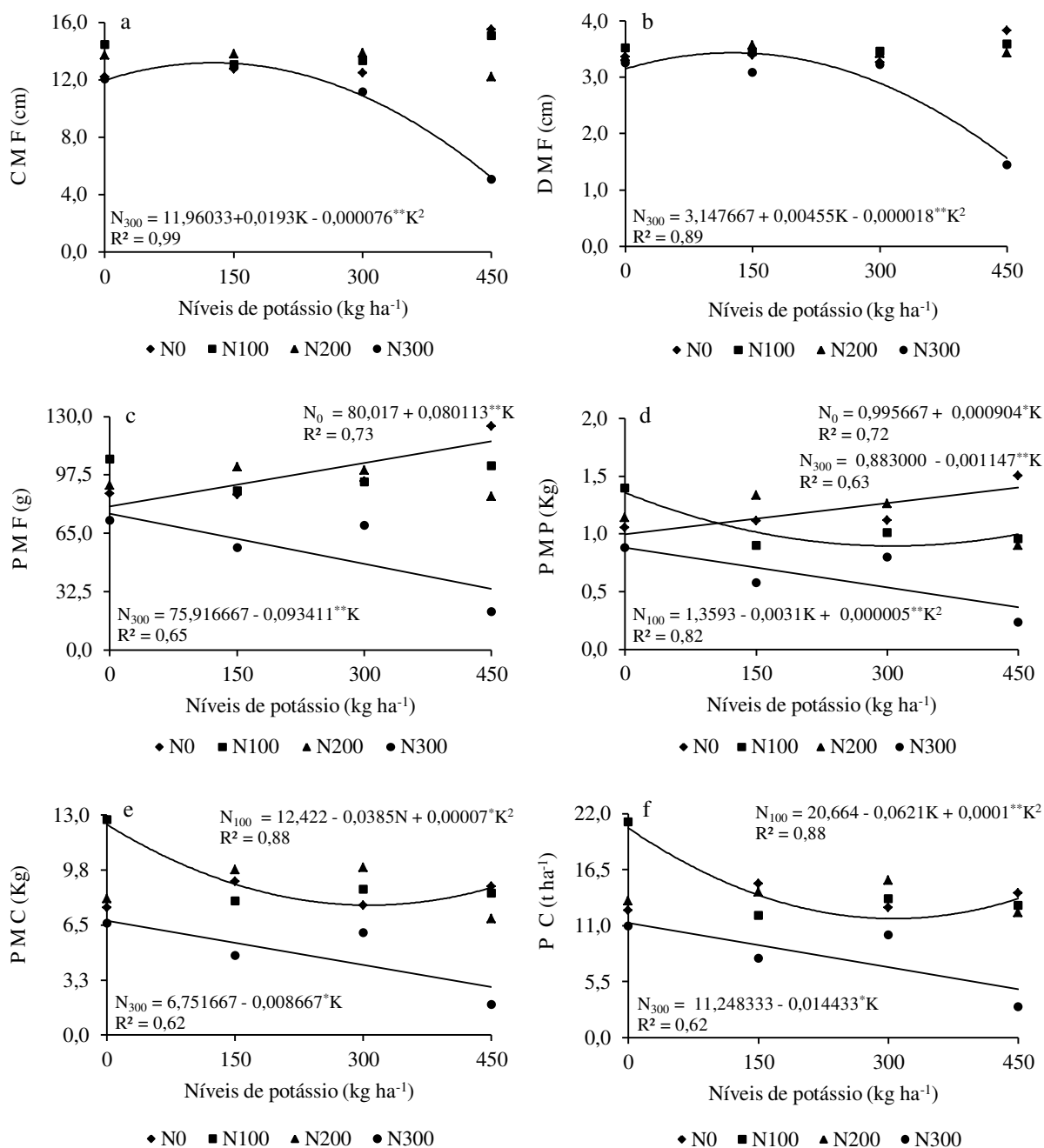


Figura 21. Efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre os componentes de produção comprimento médio dos frutos – CMF (a), diâmetro médio dos frutos – DMF (b), peso médio dos frutos – PMF (c), peso médio das pencas – PMP (d), peso médio dos cachos – PMC (e) e produtividade da cultura – PC (f)

De acordo com os resultados expostos na Figura 21a, as aplicações combinadas de 300 kg de N ha⁻¹ e 127,06 kg de K ha⁻¹, proporcionaram comprimento máximo de 13,15 cm aos frutos de banana, conferindo um incremento de 9,03% no comprimento médio dos frutos em relação à ausência de fertirrigação potássica e de 16,98 e 59,98%, respectivamente, em relação aos níveis de 300 e 450 kg de K ha⁻¹. Quanto ao diâmetro médio dos frutos (Figura

21b), o maior valor encontrado foi 3,43 cm, no nível máximo do modelo estatístico, ao se aplicar conjuntamente, 300 kg de N ha⁻¹ e 126,42 kg de K ha⁻¹, o que representa acréscimos da ordem de 8,11% no diâmetro médio dos frutos em relação à ausência de fertirrigação potássica e de 15,54 e 54,73% quando comparado aos níveis de 300 e 4500 kg de K ha⁻¹, respectivamente.

Na Figura 21c, verifica-se que na ausência de fertirrigação nitrogenada houve efeito linear positivo, elevando o peso médio dos frutos de bananeira com o acréscimo de potássio, obtendo-se o valor de 116,07 g fruto⁻¹ no maior nível de potássio aplicado (450 kg ha⁻¹), representando um acréscimo de 31,06% no peso médio dos frutos na ausência de fertirrigação potássica, constatando-se um incremento de 0,080113 g no peso médio dos frutos para cada quilograma de potássio aplicado via fertirrigação. Por outro lado, a aplicação de 300 kg de N ha⁻¹ proporcionou efeito inverso, constatando-se reduções expressivas no peso médio dos frutos com o acréscimo de potássio, cujo maior valor foi obtido nas parcelas não fertirrigadas (75,92 g fruto⁻¹). Até o maior nível estudado, o peso médio dos frutos decresceu para 61,91; 47,89 e 33,88 g fruto⁻¹ quando, respectivamente, comparado com os níveis de 150, 300 e 450 kg de K ha⁻¹. Nota-se, ainda, que para cada quilograma de potássio aplicado via fertirrigação houve uma redução de 0,093411 g no peso médio dos frutos.

Quanto à variável peso médio das penas (Figura 21d) verifica-se que na ausência de fertirrigação nitrogenada ocorreu efeito linear positivo, onde a aplicação de 450 kg de K ha⁻¹ conferiu o peso total de 1,40 kg às penas de bananeira, correspondendo a um acréscimo de 29,01% quando comparado com o valor de 1,00 kg obtido nas plantas não fertirrigadas; assim, por meio da equação obtida, nota-se um aumento de 0,000904 kg no peso médio das penas para cada quilograma de potássio aplicado via fertirrigação; já as aplicações combinadas de 100 kg de N ha⁻¹ e 310 kg de K ha⁻¹ proporcionaram um peso mínimo de 0,88 kg às penas de bananeiras, constatando-se uma redução de 35,31% em relação às plantas não fertirrigadas e de 28,14% no nível de 450 kg de K ha⁻¹; ao se aplicar 300 kg de N ha⁻¹, ocorreu uma diminuição do peso médio das penas de 0,88 kg na ausência de fertirrigação potássica, para 0,71; 0,54 e 0,37 kg nos níveis de 150, 300 e 450 kg de K ha⁻¹, respectivamente. Neste contexto, para cada quilograma de potássio aplicado via fertirrigação houve uma redução de 0,001147 kg no peso médio das penas.

Na Figura 21e, observa-se que as combinações de 100 kg de N ha⁻¹ e 275 kg de K ha⁻¹ conferiram um peso mínimo de 7,17 kg aos cachos de bananeira, este valor encontrado representa um decréscimo da ordem de 42,26%, quando comparado ao peso médio de 12,42 kg obtido na ausência de fertirrigação potássica e de 25,36% em relação ao peso de 9,27 kg

encontrado com a aplicação de 450 kg de K ha⁻¹; a aplicação de 300 kg de N ha⁻¹, proporcionou uma redução no peso médio dos cachos (PMC) em função do acréscimo de potássio; nota-se, então, que nas plantas não fertirrigadas o peso médio dos cachos foi de 6,75 kg, enquanto que nos demais níveis de potássio (150, 300 e 450 kg ha⁻¹) os valores encontrados para esta variável foram de 5,45; 4,15 e 2,85 kg, respectivamente. Verifica-se, ainda, um decréscimo de 0,008667 kg no peso médio dos cachos para cada quilograma de potássio aplicado via fertirrigação.

A partir dos resultados disponíveis na Figura 21f, evidencia-se que as aplicações combinadas de 100 kg de N ha⁻¹ e 310,5 kg de K ha⁻¹ conferiram uma produtividade mínima estimada de 11,03 t ha⁻¹ à cultura da bananeira; no entanto, na ausência de fertirrigação potássica o rendimento da cultura foi de 20,66 t ha⁻¹. Concebendo, sem dúvida, um incremento de 46,6% na produtividade da cultura em relação ao menor valor estimado. Quando aplicou-se 300 kg de N ha⁻¹, constatou-se uma redução progressiva da produtividade da cultura, partindo-se de 11,25 t ha⁻¹ na ausência de fertirrigação potássica para respectivos valores de 9,08; 6,92 e 4,75 t ha⁻¹, obtidos com a aplicação de 150, 300 e 450 kg de K ha⁻¹. Neste contexto percebe-se, que para cada quilograma de potássio aplicado via fertirrigação, a produtividade da cultura apresentou uma redução de 0,014433 t ha⁻¹.

Pelo exposto, do ponto de vista nutricional, a utilização da água residuária proveniente do Rio Bodocongó na irrigação, constitui-se em uma importante estratégia de cultivo, visto que esta contém, em sua composição, elevadas quantidades de nutrientes essenciais, para o desenvolvimento e produção de culturas de interesse econômico, principalmente nitrogênio e potássio, que são aportados ao solo por meio das irrigações, em sua maioria nas formas prontamente disponíveis para absorção pelos vegetais, justificando os elevados rendimentos alcançados neste estudo com a aplicação de pouco mais de 100 kg de N ha⁻¹. Pode-se, então, deduzir que, face aos resultados satisfatórios obtidos para os componentes de produção na ausência de fertirrigação potássica, a cultura da bananeira aproveitou parte deste nutriente frequentemente disponibilizado e aportado ao solo pelas irrigações para suprir suas exigências nutricionais.

Neste sentido, Ratke et al. (2012) ressaltam, que isto ocorre porque a bananeira, independentemente da cultivar, extrai maiores quantidades de potássio do que nitrogênio durante o ciclo de formação das plantas. Isto faz Teixeira (2000), enfatizar que o potássio é considerado o elemento-chave da nutrição das bananeiras, atuando diretamente na fotossíntese e na translocação de fotos-sintetizados, Enquanto que, o nitrogênio, tem papel fundamental no crescimento e no desenvolvimento da cultura determinando, em grande parte, o porte da

planta e o rendimento de frutos. Razão por que Santos Júnior et al. (2002) ressaltam que a assimilação do potássio está inteiramente ligada à do nitrogênio, havendo uma relação específica entre eles, variando de acordo com os diversos tipos de solo, clima e cultivar. Assim, o suprimento adequado destes nutrientes não apenas aumenta o rendimento da cultura, mas também acelera o desenvolvimento das plantas, levando-as a uma maior precocidade.

Diversos estudos relatam incrementos de produtividade, proporcionados pelo acúmulo de nutrientes provenientes da água residuária, como os de Chakrabarti (1995), Vazquez-Montiel et al. (1996) e Fonseca (2005) que obtiveram resultados satisfatórios com a utilização de água residuária associada aos níveis de 343,2 e 520 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. Este fato encoraja Strauss e Blumenthal (1989) a enfatizarem que o aproveitamento de água residuária é muito atraente para as regiões áridas e semiáridas, onde a escassez de água ou a distribuição irregular das chuvas limita a produção agrícola.

Com base nos resultados obtidos neste estudo evidencia-se, ainda, que ocorreram reduções dos componentes de produção em função de níveis mais elevados de nitrogênio e potássio, indicando que a cultura requer quantidades distintas destes nutrientes, porém, de acordo com seu potencial produtivo, uma vez que, esta se mostrou menos eficiente em relação aos níveis mais elevados destes nutrientes visto que seu rendimento foi significativamente reduzido. De acordo com Fernandes et al. (2005), isso ocorre devido ao suprimento de nutrientes exceder as necessidades da cultura.

Este fato não deve, por si só, ser atribuído apenas aos níveis mais elevados de nitrogênio e potássio aplicados à cultura da bananeira, visto que, a água residuária do Rio Bodocongó contém, em sua composição, elevados teores de sódio, cloreto, carbonatos e bicarbonatos, que também são aportados ao solo em quantidades elevadas. E que provavelmente, também tenha contribuído para o declínio dos componentes de produção em relação aos níveis mais elevados de fertirrigação. Para Richards (1954), e Orcutt e Nilsen (2000) os principais sais solúveis encontrados nos solos resultam da combinação dos ânions CO₃⁻, HCO₃⁻, Cl⁻ e SO₄⁻ com os cátions Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ e Na⁺, e o excesso desses sais, principalmente os sais de sódio, proporcionam efeitos negativos, como a diminuição do potencial osmótico da solução do solo e quebra da estrutura física do solo. Além de decréscimos nas concentrações de nutrientes essenciais, desequilíbrio iônico e nutricional induzidos principalmente pela competição do Na⁺ e do Cl⁻ com os demais nutrientes minerais (LEVITT, 1980).

Esta particularidade apresentada pela água residuária do Rio Bodocongó, adverte que sua utilização em sistemas produtivos irrigados deve seguir técnicas adequadas de manejo que

propiciem o correto aproveitamento dos nutrientes, sem prejuízos ao sistema solo-planta, viabilizando seu uso. Uma vez que, segundo Cruz et al. (2006) o manejo inadequado da água de irrigação, aliado ao uso intensivo de fertilizantes, tem contribuído para o aumento de áreas agricultáveis com problemas de salinidade. Nestas condições Araújo (1994) enfatiza que a salinidade interfere na disponibilidade de vários elementos essenciais às plantas. Podendo levar à deficiência de alguns (FRANCOIS et al., 1991) ou à toxidez por outros (MARSCHNER, 1990). Além da concentração, as relações iônicas entre os nutrientes também são afetadas, levando a desbalanços nutricionais que prejudicam o metabolismo das plantas (CRAMER et al., 1994). Provocando distúrbios na absorção e distribuição da maioria dos nutrientes minerais essenciais, de tal forma que a nutrição e o crescimento da planta ficam comprometidos (IZZO et al., 1993). Reduzindo significativamente o rendimento das culturas (DIAS et al., 2003).

Neste sentido, a utilização de águas residuárias na agricultura se constitui em uma fonte alternativa de água para as culturas irrigadas; no entanto, é preciso ter alguns cuidados quanto à sua utilização (SOUSA e LEITE, 2002). Pois, a não adoção de critérios especiais de manejo pode levar ao uso indiscriminado na irrigação de diversas culturas constituindo-se em um grande vetor de disseminação de poluição ambiental (ALVAREZ, 1997 e HOEK et al., 2002). Mas, quando bem planejada, sua utilização implica em menor necessidade de captação de recursos hídricos e redução na geração de efluentes, constituindo-se, portanto, em estratégia eficaz para a conservação deste recurso natural, em seus aspectos qualitativos e quantitativos (MEDEIROS et al. (2007). Onde as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária para fins agrícolas residem na conservação da água disponível e na possibilidade de aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos), concorrendo para a preservação do meio ambiente (HOEK et al., 2002). Dessa forma, a irrigação com águas residuárias deverá adquirir importância crescente, exigindo atenção detalhada ao balanço entre o aporte de nutrientes via irrigação e as quantidades requeridas para a otimização da produtividade da cultura (LEAL et al. 2009).

4. CONCLUSÕES

Os aportes de 403,32 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e 367,55 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹ através das irrigações, permitiram reduzir as quantidades de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados à cultura da bananeira, sem prejuízos às suas variáveis de produção.

Os componentes de produção da cultura da bananeira foram positivamente influenciados pelos diferentes níveis de nitrogênio aplicados via fertirrigação, sendo os melhores resultados obtidos no intervalo de 74,08 e 100,75 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

O diâmetro dos frutos de bananeira decresceu com o acréscimo de potássio, em que o nível de 450 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹ com 3,16 cm conferiu um decréscimo de 8,12%, quando comparado com o valor de 3,44 cm, obtido nas plantas não fertirrigadas.

Na ausência de fertirrigação potássica a aplicação de 127,77 e 127,87 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, via fertirrigação, aumentou em 44,72% o peso médio dos cachos e em 44,63% a produtividade da cultura da bananeira, respectivamente.

Por outro lado, a produtividade da cultura da bananeira decresceu para 14,46; 9,47 e 4,48 t ha⁻¹ quando, respectivamente, aplicou-se 450 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹ associado às dosagens de 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

5. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, H. R. **El Valle de Mezquital, México**: Estudio de caso VII, 1997. Disponível em <http://www.cepis.ops-ms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/rep066/vallemez.html>. Acesso em 02 de dezembro de 2012.
- ALVES, M. da S.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S.; ANDRADE NETO, T. M. de. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e ureia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 125-131, jan/fev, 2010.
- ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. 1994. 87f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.
- AYERS, R. S. e WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. Gheyi, H. R.; Medeiros de, J. F.; Damasceno, F. V. A., Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Revisado 1.
- BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. C.; LIMA, J. M. P.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G.; RAMOS, C. M. C.; SEDYAMA, G. C. Guidelines for irrigation scheduling of banana crop in São Francisco Valley, Brazil. II – water consumption, crop coefficient, and physiological behavior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 26, n. 3, p. 464 - 467, 2004.
- BORGES, A. L. Recomendação de adubação para a bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 106).
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. da. Solos, nutrição e adubação da bananeira. In: ALVES, E.J., **Cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed. rev. Brasília: Embrapa-SPI/ Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 1999, p.197-254.
- BRASIL, E. C.; OEIRAS, A. H. L.; MENEZES, A. J. E. A. de; VELOSO C. A. C. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Pesquisa agropecuária**. Brasileira, Brasília, v.35, n.12, p.2407-2414, dez. 2000.
- CHAKRABARTI, C. **Residual effects of long-term land application of domestic wastewater**. Environmental International, Surrey, v. 21, p.333–339, 1995.
- COELHO, E. F.; BORGES, A. L., SANTANA, J. A. V.; SANTANA JÚNIOR, E. B.; CALDAS, R. C. **Crescimento e produtividade da bananeira da terra sob diferentes níveis de irrigação e de potássio**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA, 2006.
- COELHO, E. F.; LEDO, C. A. S.; SILVA, S. O. Produtividade da bananeira ‘Prata-Anã’ e “Grande Naine” no terceiro ciclo sob fertirrigação por microaspersão em Tabuleiros Costeiros da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.435-438, 2006.
- COSTA, S. e C. **Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados por gotejamento na cultura da bananeira para a região da chapada do Apodi-CE**. 2009, 154p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.
- CRAMER, G. R.; ALBERICO, G. J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.21, p.675-692, 1994.

- CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, A. Q. de; QUEIROZ, J. R. de. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Bragantia**, Campinas-SP, v.65, n.2, p.275-284, 2006.
- DAMATTO JUNIOR, E. R.; BOAS, R. L. V.; LEONEL, S.; FERNANDES, D. M. Avaliação nutricional em folhas de bananeira 'Prata-anã' adubadas com composto orgânico. **Revista brasileira de fruticultura**. vol.28, n.1, pp. 109-112, . 2006.
- DAMATTO JUNIOR, E. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEONEL, S.; NOMURA, E S.; FUZITANI, E. J. Crescimento e produção de bananeira prata-anã adubada com composto orgânico durante cinco safras. **Revista brasileira de fruticultura**. vol.33, n.spe1, p. 713-721, 2011.
- DAMATTO JUNIOR, E. R. **Adubação orgânica da bananeira Prata Anã e experiências com outras cultivares nas Ilhas Canárias**. 2008. 112f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- DIAS, N. S. GHEYI, H. R. DARTE, S. N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 2003. 118p. (Série Didática 3).
- DONATO, S. L. R.; SILVA, S. de O. e; LUCCA FILHO, O. A.; LIMA, M. B.; DOMINGUES, H.; ALVES, J da S. Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa spp.*), em dois ciclos de produção no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 28, n. 1, p. 139-144, abr. 2006.
- DONATO, S. L. R.; **Estimativas do tamanho e forma de parcelas experimentais para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira (*Musa spp.*)**. 2007. 218p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2ª ed. Londrina: Planta, 2006. 392p.
- FERNANDES, F. C. S.; BUZZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.
- FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0**. In...45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.
- FONSECA, A. F. **Viabilidade agrônomo-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. Piracicaba, 2005. 174p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2005.
- Food and Agriculture Organization (FAO). FAOSTAT – **Comercio: bananas**. 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567.aspx?PageID=535&lang=es>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2012.
- FRANCOIS, L. E.; DONOVAN, T. J.; MAAS, E. V. Calcium deficiency at artichoke buds in relation to salinity. **Horticultural Science**, v.26, p.549-553, 1991.
- GOMES F. P. **Curso de estatística experimental**. 14ª ed. Piracicaba, Degaspari. 477p., 2000.
- GONÇALVES, V. D.; NIETSCHKE, S.; PEREIRA, M .C .T.; SILVA, S. O.; SANTOS, T. M. dos.; OLIVEIRA, J.R.; FRANCO, L. R. L.; RUGGIERO, C. Avaliação dos cultivares de

- bananeira prata-anã, thap maeo e caipira em diferentes sistemas de plantio no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 371-376, jun. 2008.
- GUERRA, A. G.; ZANINI, J. R.; NATALE, W.; PAVANI, L. C. Frequência da fertirrigação da bananeira prata-anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.80-88, jan./abr. 2004.
- HOEK, W.; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHIDSALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. Urban Wastewater: **A valuable resource for agriculture; a case study from Horoonabad, Pakistan**. Colombo: International Water Management Institute. 2002. Research Report 63.
- IBGE. **Estatística agricultura**. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 novembro de 2011.
- IZZO, R.; SCAGNOZZI, A.; BELLIGNO, A.; NAVARI-IZZO, F. Influence of NaCl treatment on Ca, K and Na interrelations in maize shoots. In: FRAGOSO, M. A. C.; BEUSICHEM, M. L. (Ed.) **Optimization of plant nutrition**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.577-582, 1993.
- LAHAV, E.; TURNER, D. **Bananas nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1983. 2p. (Bulletin, 7).
- LEAL, R. M. P.; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J.; PIEDADE, S. M. de S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v.66, n.2, p.242-249, march/april, 2009.
- LEDO, A. da S.; SILVA JUNIOR, J. F. da; LEDO, C. A. da S.; SILVA, S. de O. Avaliação de genótipos de bananeira na região do baixo São Francisco, Sergipe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.30, n.3, pp. 691-695, set. 2008.
- LEONEL, S. ; GOMES, E. M. ; PEDROSO, C. J. Desempenho agrônômico de bananeira micropropagadas em Botucatu/SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. 2003.
- LEVITT, J. Response of plants to environmental stress. New York: Academic Press, p.365-488, 1980.
- LIMA, M. B.; SILVA, S. de O. e; JESUS, O. N. de; OLIVEIRA, W. S. J. de; GARRIDO, M. da S.; AZEVEDO, R. L. de. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira no Recôncavo Baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.515-520, mai./jun. 2005.
- LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C. **Levantamento fitopatológico de doenças da bananeira com ênfase à Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, MORELET) nos municípios produtores de banana da Paraíba**. Circular Técnica da EMEPA. Lagoa Seca, 2004. 12 p.
- MACÊDO, L. de S.; SANTOS, E. S. dos; SANTOS, E. C. dos. Produção da bananeira fertirrigada no semiárido Em função de nitrogênio e volume de água. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.1., n.2, p.9-18, dez. 2007.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. **Desordens nutricionais e adubação de bananeiras**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal. Anais. Jaboticabal : UNESP/FUNEP, p.135-158, 1984.
- MARTIN-PRÉVEL, P. **Os elementos minerais da bananeira e dos seus frutos**. Fertilité, Paris, v.22, p.3-14, 1964.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 4 ed. London: Academic Press, 1990. 674 p.

- MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérbera: efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.569-578, 2007.
- MELO, A. S. de; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 417-426, jul-set, 2010.
- MELO, A. S.; SILVA JUNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; SOBRA, L. F.; BRITO, E. B.; DANTAS, D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.733-741, 2009.
- ORCUTT, D. M.; NILSEN, E, T. **The physiology of plants under stress-soil and biotic factors**. New York : John Wiley and Sons, 2000.
- PASSOS, A. R.; SILVA, S. O.; REZENDE, J. C. F.; RODRIGUES, M. G. V.; LIMA NETO, F. P.; ROCHA, M. A. C. **Avaliação de genótipos de bananeiras tipo Maçã em diferentes ecossistemas**. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, XVII. Anais..., Belém, PA: SBF, 2002.
- PINTO, J.M.; FARIA, C.M.B.; SILVA, D.S.; FEITOSA FILHO. J.C. Doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em bananeira. **Irriga**, Botucatu, v.10, n.1, p.46-52, 2005.
- POMMER, C. V.; BARBOSA, W. The impact of breeding on fruit production in warm climates of Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 2, p. 612-634, 2009.
- RAMOS, D. P.; LEONEL, S. Crescimento, produção e qualidade de frutos da bananeira 'Figo Cinza', em Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31,n. 3, p. 749-754, setembro. 2009.
- RATKE, R. F.; SANTOS, S. C.; PEREIRA, H. S.; SOUZA, E. D. de; CARNEIRO, M. A. C. Desenvolvimento e produção de bananeiras thap maeo e prata-anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 1, p. 277-288, Março 2012.
- RICHARDS, L. A. (Ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washingt, DC: United States Salinity Laboratory Staff, USDA, (Agriculture Handbook, 60). 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60.
- ROBINSON, J. C. **Bananas and plantains**. Wallingford: CAB International, 1996. 238p.
- RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; SILVA, S. de O. Avaliação de genótipos de bananeira sob irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28,n. 3, p. 444-448, dez. 2006.
- RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; MENEGUCCI, J. L. P. Influência do ensacamento do cacho na produção de frutos da bananeira 'Prata-anã' irrigada, na região norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.559-562, 2001.
- SANTOS JÚNIOR, J. L. C. DOS; BORGES, A. L.; CALDAS, R. C.; COELHO, E. F. **Adequação de doses de nitrogênio e potássio, via água de irrigação, para a bananeira 'Prata Anã'**. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17. 2002, Belém. Anais... Belém: SBF/Embrapa, 2002.
- SANTOS, S. C.; CARNEIRO, L. C.; SILVEIRA NETO, A. N. da.; PANIAGO JÚNIOR, E.; FREITAS, H. G. de; PEIXOTO, C. N. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares

- de bananeira resistentes a Sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). No sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 449-453, dez. 2006.
- SANTOS, V. P. D.; FERNANDES, P. D.; MELO, A. S. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. D. M.; BONFIM, L. V. Fertirrigação da bananeira cv. Prata-Anã com N e K em um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n.2, p. 567-573, 2009.
- SENA, J. V. C. **Aspectos da produção e mercado da banana no Nordeste**. Informe Rural Etene, n.10, Ano V – Julho de 2011.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.152-155, 2003.
- SILVA, J. T. A. da; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 21-36, jan.-fev. 1999.
- SOTO, M. **Bananas: cultivo y comercialización**. 2.ed. San José : Litografía y Imprenta, 1992. 520p.
- SOUSA, J. T. LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Campina Grande, PB: EDUEP, 2002, 103p.
- SOUSA, M. S. da S.; MELO, A. S. de; COSTA, F. da S.; SUASSUNA, J. F.; MARTINS, V. P.; MESQUITA, E. F.; FERREIRA, R. de S.; ALVES, F. I. dos S.; ZUZA, A. A. M. **Rendimentos de frutos da bananeira Nanicão sob diferentes regimes hídricos no semiárido paraibano**. XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, Vitória-ES 2008.
- SOUSA, V. F. de; VELOSO, M. E. da C.; VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, V. A. B. de; D'ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S. Nitrogênio e potássio via água de irrigação nas características de produção da bananeira 'Grand Naine. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.865-869, set. 2004.
- STRAUSS M.; BLUMENTHAL, U. J. **Human Waste Use In Agriculture and Aquaculture**. Utilization Practices and Health Perspectives. IRCWD Report N°08/89, 1989, 250 p.
- TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E. V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira sob irrigação e fertirrigação. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 1, p. 272-278, Março 2011.
- TEIXEIRA, L. A. J. **Aduabação nitrogenada e potássica em bananeira 'Nanicão' (Musa AAA subgrupo Cavendish) sob duas condições de irrigação**. Jaboticabal, 2000. 132f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N.J.; MARA, D.D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water Science and Technology**, Oxford, v.33, p.355-362, 1996.
- VILLAS BÔAS, R. L.; ANTUNES, C. L.; BOARETTO, A. E.; DUENHAS, L. H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil . In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C. do.; RESENDE, R. S. **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba Agropecuária, Cap. II, p. 71-104, 2001.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de águas residuárias em sistemas produtivos irrigados vem sendo apontado como um processo dinâmico de gestão de mananciais hídricos, atuando diretamente na sua conservação e sustentabilidade. Em meio aos resultados alcançados neste estudo, evidencia-se que a utilização da água do Rio Bodocongó na irrigação da cultura da bananeira cv. Pacovan pode, em seu contexto, trazer benefícios econômicos consideráveis em função do seu potencial fertilizante, onde a presença de nutrientes essenciais como NO_3^- , NH_4^+ , P-orto, K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , permitiu reduzir as quantidades dos fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados, sem prejuízos ao desenvolvimento e à produção da cultura da bananeira proporcionando, portanto, maior economia de fertilizantes ao processo produtivo da cultura.

Nestas condições, a adição de fertilizantes nitrogenados e potássicos à água de irrigação no momento oportuno e em quantidades adequadas mostrou-se como alternativa viável para o desenvolvimento de estratégias com vista a um aproveitamento correto dos nutrientes essenciais à cultura da bananeira cv. Pacovan, no entanto, este fato, por si só, não deve ser considerado única e exclusivamente como fator decisivo para a produção desta cultura, uma vez que, independente da época de amostragem, os teores de Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- encontrados na água do Rio Bodocongó estiveram acima dos limites tolerados pela cultura da bananeira.

Recomenda-se, então, sempre que possível, realizar o monitoramento das características físicas e químicas da água de irrigação, assim como, a caracterização química do solo; estas práticas devem ser consideradas fator contudente para uma tomada de decisão, visando à correta aplicação de técnicas adequadas de cultivo e manejo dos nutrientes essenciais ao bom desenvolvimento e à produção da cultura da bananeira, contidos na água residuária e também em fertilizantes químicos, conforme a necessidade da cultura, quando, então, a decisão final deve ser tomada em meio ao discernimento de gênero econômico incluindo a melhor relação custo benefício para o produtor.