

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO

Efeito do líquido do pseudocaule da bananeira combinado com solução
nutritiva na formação de mudas de bananeira

DANIELY DOS SANTOS BARBOZA SEVERINO

Fortaleza - Ceará

Brasil

2011

**Efeito do líquido do pseudocaule combinado com solução nutritiva sobre a formação
de mudas de bananeira**

DANIELY DOS SANTOS BARBOZA SEVERINO

Dissertação submetida à
Coordenação do Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, Área de concentração em
Solos e Nutrição de Plantas do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade
Federal do Ceará, como requisito para
obtenção do grau de Mestre.

**OUTUBRO-2011
FORTALEZA-CEARÁ
BRASIL**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

S525e Severino, Daniely dos Santos Barboza.
Efeito do líquido do pseudocaule da bananeira combinado com solução nutritiva na formação de mudas de bananeira. / Daniely dos Santos Barboza Severino. – 2011.
86 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Fortaleza, 2011.

Área de Concentração: Solos Afetados por Sais.
Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
Coorientação: Prof. Dr. Olmar Baller Weber.

1. Resíduos agrícolas. 2. Trocas gasosas. 3. Indicadores biológicos. 4. Fertilidade do solo
I. Título.

CDD 631.4

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Ciência e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Daniely dos Santos Barboza Severino

Dissertação aprovada em: 04 de outubro de 2011.

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda
Universidade Federal do Ceará
(Orientador)

Dr. Olmar Baller Weber
Embrapa Agroindústria Tropical
(Co-orientador)

Prof. Dr. Lindbergue Araújo Crisóstomo
Embrapa Agroindústria Tropical
(Examinador)

Prof. Dr. Ismail Soares
Universidade Federal do Ceará
(Examinador)

Aos meus pais João Severino Filho e Joana dos Santos Barboza Severino, pelo incentivo, conselhos e apoio concedido sempre.

À minha irmã Zulmira Darling dos Santos Barboza Severino pelo carinho.

Ao meu amado esposo Antônio Eufrázio da Costa Júnior por estar sempre ao meu lado cuidando de mim e iluminando a minha vida.

Aos nossos futuros filhinhos, que um dia chegarão.

OFEREÇO

Ao Dr. Lindbergue Araújo Crisóstomo pela orientação durante o experimento, amizade e paciência.

Ao Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda pela orientação, amizade e paciência.

Ao Prof. Ismail Soares pela ajuda na estatística e redação do trabalho, amizade e paciência.

AGRADEÇO

Ao Dr. Olmar Baller Weber, pela excelente orientação concedida durante toda a dissertação, pela paciência, amizade e dedicação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha vida, pelas promessas cumpridas, por sua presença no meu caminho, pois apesar de não ser merecedora tem me proporcionado grandes vitórias.

À Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Agroindústria Tropical, onde o trabalho foi realizado.

À Universidade Federal do Ceará, através da Coordenação do Curso de Pós-Graduação Agronomia, Área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Fernando Felipe Ferreira que gentilmente cedeu as mudas de bananeira micropropagadas utilizadas no experimento.

Aos meus amigos do Laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Agroindústria Tropical, João Neto, Belchior e Eugênio pela ajuda no experimento e pela animação durante os momentos de trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Solos e Água da Embrapa Agroindústria Tropical, pela ajuda concedida. À Mariana pela ajuda durante análises de água e planta. À dona Cleide e Francisca, minhas amigas que contribuíram para a alegria durante o período de trabalho.

Ao Rodrigo Girão pela análise do perfil do solo estudado.

Aos meus amigos do curso pela amizade e trocas de idéias durante as disciplinas.

Aos professores do curso pelo aprendizado durante o período de disciplinas.

Ao Edilson e Vilene por sempre me ajudarem a resolver os assuntos burocráticos do curso.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho mesmo que não tenham sido citados.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1.	A cultura da bananeira.....	15
2.1.1.	Aspectos gerais.....	15
2.1.2.	Aspectos nutricionais.....	16
2.2.	Resíduos agroindustriais.....	18
2.2.1.	Resíduos líquidos e lignocelulósicos.....	18
2.2.2.	Composição química do pseudocaule da bananeira.....	19
2.3.	Produção de mudas de bananeiras.....	21
2.3.1.	Formação de mudas.....	21
2.3.2.	Soluções nutritivas.....	21
2.3.3.	Colunas de lixiviação.....	22
2.4.	Microrganismos do solo.....	24
2.5.	Trocas gasosas em bananeiras.....	25
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1.	Local de coleta do solo.....	26
3.2.	Preparo das colunas de solo.....	26
3.3.	Delineamento experimental.....	27
3.4.	Condução do experimento.....	29
3.5.	Análise fisiológica e crescimento das plantas.....	29
3.6.	Análise química das plantas.....	31
3.7.	Análise química do solo.....	31
3.8.	Análise química da solução lixiviada.....	32
3.9.	Análise microbiológica.....	32
3.10.	Análise estatística	33
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1.	Trocas gasosas.....	35
4.2.	Crescimento vegetativo.....	39
4.3.	Teores de nutrientes das plantas.....	43
4.3.1.	Parte aérea.....	43
4.3.2.	Raízes.....	44
4.4.	Atributos químicos do solo.....	46
4.5.	Composição química da solução lixiviada.....	65
4.6.	Atributos microbiológicos do solo.....	67
5.	CONCLUSÕES.....	73
6.	REFERÊNCIAS.....	74

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Características químicas do LPCB da bananeira ‘Prata Anã’.....	28
TABELA 2.	Valores de F para taxa fotossintética (<i>A</i>), condutância estomática (<i>g_s</i>) e taxa transpiratória (<i>E</i>) aos 50 dias em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)	36
TABELA 3.	Valores médios de taxa fotossintética (<i>A</i>), condutância estomática (<i>g_s</i>) e taxa transpiratória (<i>E</i>) após 50 dias das mudas de bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	36
TABELA 4.	Valores de F para taxa fotossintética (<i>A</i>), condutância estomática (<i>g_s</i>), taxa transpiratória (<i>E</i>) e teor de clorofiladas mudas de bananeiras após 60 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	38
TABELA 5.	Valores médios de taxa fotossintética (<i>A</i>), condutância estomática (<i>g_s</i>), taxa transpiratória (<i>E</i>) e teor de clorofiladas mudas de bananeiras após 60 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	38
TABELA 6.	Valores de F para diâmetro do pseudocaule (DP), número de folhas (NF), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca das raízes (MFR), matéria fresca das raízes (MSR) e altura (ALT) das mudas de bananeiras após 60 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	41
TABELA 7.	Valores médios de altura das bananeiras após 68 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	41
TABELA 8.	Valores médios de diâmetro do pseudocaule (DP), número de folhas (NF), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca das raízes (MFR), matéria fresca das raízes (MSR) e altura (ALT) das bananeiras após 60 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	42
TABELA 9.	Valores de F para N, Na e K na parte aérea das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	44
TABELA 10.	Teores médios de N, Na e K na parte aérea das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	44
TABELA 11.	Valores de F para N, Na e K das raízes das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	45
TABELA 12.	Teores médios de N, Na e K nas raízes das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	45

TABELA 13.	Características químicas do solo no Campo Experimental da Embrapa, em Paraipaba, antes da montagem de colunas de solo.....	48
TABELA 14.	Valores de F para características químicas do solo na camada de 0–10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	48
TABELA 15.	Valores médios de pH e Na do solo na camada de 0-10 cm após 68 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	49
TABELA 16.	Valores médios de características físico-químicas do solo na camada de 0–10 cm em função das doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	49
TABELA 17.	Valores de F para características físico-químicas do solo na camada de 10–20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	51
TABELA 18.	Valores médios de K e V na camada de 10-20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	51
TABELA 19.	Valores médios de características físico-químicas do solo na camada de 10–20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	52
TABELA 20.	Valores de F para características físico-químicas do solo na camada de 20–30 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	55
TABELA 21.	Valores médios de pH, Ca, K, SB, CTC, V e H + Al na camada de 20-30 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	55
TABELA 22.	Teores médios das características físico-químicas na camada de 20–30 cm nas colunas de solo em função das doses de LPCB e concentração de solução nutritiva (SN).....	56
TABELA 23.	Valores de F para características físico-químicas do solo na camada de 30–40 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	58
TABELA 24.	Valores médios de pH, Ca, Mg, SB, e H + Al na camada de 30-40 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	58
TABELA 25.	Valores de características físico-químicas na camada de 30–40 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	59
TABELA 26.	Valores de F para características físico-químicas do solo na camada de 40–60 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	62
TABELA 27.	Valores médios de pH, Mg, Na, SB, CTC, V e H + Al na camada de 40-60 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	62
TABELA 28.	Valores médios de características físico-químicas do solo na camada de 40–60 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	63
TABELA 29.	Valores de F para volume, CE, pH, K, Na, NH ₄ e NO ₃ da solução	

	lixiviada das colunas de solo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	66
TABELA 30.	Valores médios de características físico-químicas da solução lixiviada das colunas de solo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	66
TABELA 31.	Valores de F para RBS, BMS, qCO ₂ , CO, qMIC e esporos de FMA no solo e intensidade de colonização micorrízica na camada de 0–10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	68
TABELA 32.	Valores médios de BMS e qMIC do solo na camada 0-10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	69
TABELA 33.	Valores médios de características microbiológicas do solo na camada 0-10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	69
TABELA 34.	Valores de F para RBS, BMS, qCO ₂ , CO, qMIC e esporos de FMA no solo e intensidade de colonização micorrízica na camada de 10–20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	71
TABELA 35.	Valores médios de características microbiológicas do solo na camada 10-20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Aspecto visual de coluna do solo utilizado no cultivo da bananeira.....	27
FIGURA 2.	Aspecto visual de camadas das colunas de solo.....	30
FIGURA 3.	Valor médio da taxa fotossintética de folhas das bananeiras após 50 dias de cultivo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	36
FIGURA 4.	Valores médios de taxa fotossintética, condutância estomática e clorofila de folhas das bananeiras após 60 dias de cultivo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	39
FIGURA 5.	Valores médios de diâmetro do pseudocaule, número de folhas, matéria fresca e seca da parte aérea, matéria seca de raízes e altura das bananeiras após 68 dias em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	42
FIGURA 6.	Teor de K das raízes das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	46
FIGURA 7.	Valores médios de CE e H + Al do solo na camada de 0-10 cm de solo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	47
FIGURA 8.	Teor médio de Na do solo na camada de 10-20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	53
FIGURA 9.	Teores médios de Ca, K do solo na camada de 20-30 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	54
FIGURA 10.	Teores médios de Ca e H + Al do solo na camada de 30-40 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	60
FIGURA 11.	Valores médios de pH, Na, CTC e H + Al do solo na camada de 40-60 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	64
FIGURA 12.	Valores médios de volume e pH da solução lixiviada das colunas de solo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	67
FIGURA 13.	Valores médios de intensidade de colonização micorrízica na camada de 0-10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).....	69

RESUMO

No cultivo de bananeiras faz-se o desbaste de brotações e o corte de plantas que já frutificaram gerando resíduos lignocelulósicos. Os pseudocaulis cortados formam a maior porção desse resíduo e servem como meio para proliferação de pragas na cultura. Na utilização industrial desse resíduo fibroso gera-se o Líquido do Pseudocaulis da Bananeira (LPCB). Este estudo teve por objetivo avaliar efeitos do LPCB combinado com solução nutritiva nos parâmetros fisiológicos, no crescimento e na nutrição de mudas da cultivar Prata Anã. Mudas micropropagadas foram cultivadas em colunas de PVC de 20 cm de diâmetro por 65 cm de altura contendo cinco camadas de Argissolo (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-60 cm) e submetidas a cinco dosagens do LPCB (0, 288, 576, 864 e 1152 mL), representados por concentrações volumétricas de água e o resíduo (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100, v:v), combinadas com duas concentrações da solução nutritiva de Hoagland (uma força e meia força), utilizando-se cinco repetições em cada tratamento. Após 60 dias de cultivo determinou-se a taxa fotossintética, a condutância estomática e o teor de clorofila nas folhas e, na ocasião da colheita, aos 68 dias, obteve-se dados de altura e diâmetro do pseudocaulis, número de folhas, peso fresco e seco das raízes e das partes aéreas e analisaram-se os teores de N, K e Na das raízes e das partes aéreas das bananeiras. Em camadas de solo avaliaram-se características microbiológicas e químicas. Os resultados indicaram que LPCB afeta a dinâmica de nutrientes no solo, favorecendo o acúmulo de Na e K numa camada mais próxima da superfície e reduzindo o pH do solo em camadas sub-superficiais. A aplicação do resíduo incrementou a biomassa microbiana e a respiração edáfica. Maiores doses do resíduo resultaram no menor crescimento e acúmulo de biomassa da parte aérea. A aplicação de doses crescentes do resíduo resultou no incremento da taxa fotossintética e na redução da condutância estomática, transpiração e teor de clorofila das folhas das bananeiras.

Palavras chave: *Musa sp.*, coluna de solo, resíduo agroindustrial, trocas gasosas, crescimento de plantas, indicadores biológicos, fertilidade do solo.

ABSTRACT

The cultivation of banana trees generate lignocelulosic residue by cutting shoots and the plants after bunch collection. The pseudo-stem represents the largest portion of that residue and serves as a medium for the proliferation of pests in banana field. By industrial processing of that fibrous residue is also generated expressive volume of Net's pseudo-stem (LPCB). This study aimed to evaluate the effects LPCB combined with nutrient solution on physiological parameters, shoot growth and nutrition of seedlings of the cultivar 'Prata Anã'. Plantlets were grown on PVC columns of 20 cm diameter by 65 cm high filled with Ultisol from five layers (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 and 40-60 cm) and subjected to five dosages of LPCB (0, 288, 576, 864 and 1152 mL, represented by volumetric combinations of water and LPCB (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100, v:v), combined with two concentrations of Hoagland nutrient solution (one strength and half strength), using five replicates for each treatment. After 60 days of plant cultivation the stomata conductance, photosynthetic and chlorophyll contents in leaves were determined and, at the time of harvest, 68 days, were measured plant height and pseudo-stem diameter, counted leaves, determined fresh and dry weight of roots and aerial parts and analyzed N, K and Na contents in roots and aerial parts of banana plants. In layers of soil were evaluated microbiological and chemical characteristics. The results indicated that LPCB affects the dynamics of nutrients in the soil, favoring the accumulation of Na and K in a layer near the surface and reducing the pH in subsurface layers. The LPCB application rates increased microbial biomass and edaphic respiration. A higher dosage of that residue inhibits the plantlet growth and dry weight accumulation. The increasing of LPCB dosages promoted higher photosynthetic rate, but reduces stomata conductance, transpiration and chlorophyll content in leaves of banana plants.

Keywords: *Musa* sp., Soil column, agro-industrial waste, gas exchange, plant growth, biological indicators of soil fertility.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da banana destaca-se no cenário nacional e sua produção chega a 7,0 milhões de megagramas de acordo com IBGE (2011), entretanto, também é alta a produção de resíduos lignocelulósicos (cascas, engaço, folhas e pseudocaule) que usualmente são descartados. A grande quantidade de resíduos gerados na bananicultura refere-se ao seu sistema de cultivo, já que a cada ciclo de produção a planta é cortada, dando lugar ao seu perfilho, novo produtor de cachos. Ao final do ciclo, o cacho é retirado do bananal, embora as outras partes da planta como folhas, engaço e pseudocaule permaneçam no campo, sendo utilizados como cobertura morta a fim de se evitar a erosão do solo, manter a umidade e reduzir os custos com adubação.

O resíduo produzido em maior proporção é o pseudocaule, caracterizado por um elevado teor de água, que o torna um habitat próprio para a proliferação de microrganismos biodegradadores e insetos, como o moleque da bananeira (*Cosmopolites sordidus*). Por conter elevada concentração de substâncias voláteis, o pseudocaule possui alto potencial de putrefação com conseqüente produção de aminas, diaminas, gás sulfídrico e amônia durante o processo de fermentação.

Várias são as medidas tomadas pelos produtores no que concerne ao descarte do pseudocaule, dentre elas destacam-se a incorporação do resíduo ao solo, utilizando implementos pesados, causando compactação do solo e dificultando o crescimento radicular das culturas subseqüentes. Outra alternativa diz respeito à queima destes restos culturais, causando emissão de gases poluentes, perda de carbono e interferência na microbiota.

Em contrapartida aos métodos ineficazes citados acima, considera-se a possibilidade de uso da fibra do pseudocaule como matéria prima para a fabricação de objetos como bolsas, sandálias, estofados, dentre outros, sendo a celulose destinada para a fabricação de papel. Levando-se em consideração o alto teor de umidade do pseudocaule,

tem-se nesse processo industrial a geração de um novo resíduo, denominado Líquido do Pseudocaulé da Bananeira (LPCB).

O LPCB é constituído por nutrientes essenciais à cultura da bananeira, predominantemente K que é requerido pelas plantas principalmente durante a fase de frutificação. Esta informação leva a sugerir a reutilização do resíduo na agricultura como alternativa ecologicamente correta, já que a consequência da aplicação do resíduo ao solo deverá ser baseada na reciclagem de nutrientes, além da possível redução de fertilizantes minerais.

Ainda não existem estudos baseados na utilização do LPCB, entretanto, supõe-se que ao aplicar esse resíduo no bananal haverá alteração no crescimento e no desenvolvimento das plantas, consequência de uma interferência química na fertilidade química (tendo em vista os nutrientes advindos do líquido) e biológica do solo, não se sabendo se as substâncias contidas no pseudocaulé estimularão ou reduzirão a microbiota. Não se tem informações sobre esses efeitos na qualidade do solo e nem no desenvolvimento de bananeiras. Objetiva-se neste estudo avaliar o efeito do LPCB como fonte de nutrientes em mudas de bananeiras, combinado com a utilização de solução nutritiva, considerando o potencial químico e microbiológico e as alterações na fisiologia e crescimento da planta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da bananeira

2.1.1. Aspectos gerais

A bananeira, pertencente ao gênero *Musa*, família *Musaceae*, tem ampla distribuição geográfica. Trata-se de planta tipicamente tropical, exigente em calor e umidade para garantir seu bom desenvolvimento. A temperatura adequada situa-se numa faixa de 12 a 35°C, abaixo de 12° C a casca dos frutos pode sofrer injúrias pelo frio, acima de 35° C ocorre desidratação dos tecidos e comprometimento da produção. A planta tem elevada necessidade de água em função de sua morfologia e hidratação dos tecidos, sendo as maiores produções associadas a uma precipitação anual de 1.900 mm bem distribuídos ao longo do ano (ALVES, 1999).

As mudas utilizadas devem ter qualidade fitossanitária, fundamental para o sucesso da cultura, sendo classificadas de acordo com seu estágio de desenvolvimento: chifrinho (20 a 50 cm de altura, 2 a 3 meses de idade, peso de 1 a 2 kg e folhas em forma de lança); chifre (50 a 60 cm de altura, 3 a 6 meses de idade, peso de 1,5 a 2,5 kg e folhas em formato de lança); chifrão (60 a 150 cm de altura, 6 a 9 meses de idade, peso de 2,0 a 3,0 kg e parte da folhas em forma de lança e outra parte típicas de planta adulta); guarda-chuva (15 a 30 cm de altura, rizoma diminuto, folhas típicas de planta adulta, não devem ser utilizadas por possuírem pouca reserva e proporcionam longo ciclo vegetativo); adulta ou muda alta (possui rizoma bem desenvolvido e tem peso maior que 4,0 kg); rizoma com filho aderido (apresentam brotação desenvolvida junto com o rizoma); e pedaço de rizoma (peso de 0,8 a 1,2 kg com pelo menos uma gema bem intumescida). Além destes tipos clássicos, também existem mudas obtidas por meio de propagação *in vivo* e *in vitro*, com

altura de 15 a 20 cm, pesando entre 80 e 150 g, folhas levemente arredondadas, rizoma pequeno e presença de raízes (BORGES et al., 1997), estas necessitam de prévia aclimação antes de irem para o campo.

2.1.2. Aspectos nutricionais

A bananeira é uma planta bastante exigente em nutrientes, principalmente durante o período juvenil até o lançamento de cachos, com elevada absorção de K, N, Ca, P e Mg (BORGES et al., 2002), dentre eles, destacam-se N e K mais diretamente relacionados com o desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos frutos, sendo que a quantidade extraída varia em função da cultivar, idade, metabolismo e estágio fenológico (ROMERO e ZAMORA, 2006).

O N é essencial por exercer as funções fisiológicas, como a formação de compostos orgânicos, destacando-se aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucléicos, vitaminas e clorofila (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Maior importância é atribuída ao K na cultura da bananeira, por atuar como osmorregulador dissolvido no suco celular proporcionando gradiente osmótica que permite o movimento de água, regulando a abertura e o fechamento estomático, exercendo desta forma, importante papel na economia de água, na turgescência das células, no transporte de carboidratos e na respiração (SHIMAZAKI et al., 2007).

Avaliando os efeitos de doses crescentes de N, P, K no desenvolvimento e na produção da bananeira cultivar “Grand Naine”, Melo et al. (2006) observaram que o N e o K favorecem o crescimento vegetativo, já que houve aumento na altura da planta e diâmetro do pseudocaule, entretanto, o P e o K exercem vital importância durante a produção de frutos. Souza e Vieira Neto (2003) estimaram a exportação de 1,9 kg de N, 0,23 kg de P, 5,2 kg de K, 0,22 kg de Ca e 0,3 kg de Mg com a produção de 1 Mg de banana.

Testando doses crescentes de N, P, K com adição de Mg, Zn e Mo nos três primeiros ciclos de produção da bananeira (*Musa* AAA-EAHB cv. Kisansa) típicas da Uganda, Nyombi et al. (2010) observaram aumento na produção em resposta à elevação da dose dos nutrientes. Os autores também observaram nas amostras foliares redução de N e K ao longo dos ciclos e aumento nas concentrações de Ca e Mg. Moreira et al. (2009) estudando o efeito de doses de nitrogênio e de potássio na produção e na qualidade dos frutos da cultivar “Thap Maeo”, observaram que o aumento das doses de N até 543 kg ha⁻¹ reduz a produção da bananeira durante o primeiro ciclo, já no segundo ciclo, houve interação significativa de N e K, sendo a maior produção obtida com a aplicação de 1600 kg ha⁻¹ de K₂O. Objetivando avaliar os nutrientes exportados (engajo + frutos) e restituídos ao solo de um bananal durante o primeiro ciclo de produção, Soares et al. (2008) analisaram plantas da cultivar ‘Prata Anã’ e observaram que os conteúdos de nutrientes exportados foram: K (63,6 kg ha⁻¹) > N (22,5 kg ha⁻¹) > Ca (20,2 kg ha⁻¹) > Mg (3,3 kg ha⁻¹) > P (3,2 kg ha⁻¹).

A qualidade da água de irrigação tem papel fundamental na nutrição das plantas, pois a alta salinidade pode acarretar transtornos sobre a vegetação, e com redução do potencial osmótico pode ocorrer seca fisiológica, atrelado à elevada concentração iônica, principalmente do sódio, o desbalanço nutricional, a inibição da absorção de outros nutrientes e o efeito tóxico de íons sódio e cloro (SANTANA et al., 2003). Fernandes et al. (2008) estudaram as alterações na fertilidade do solo, na nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos com água de alta salinidade e média concentração de sódio, caracterizada por uma Relação de Adsorção de Sódio (RAS) com valor de 10,83 mmol_c L⁻¹, Ca²⁺: 13,5 mmol_c L⁻¹, Na⁺: 32,2 mmol_c L⁻¹, Cl⁻: 6,8 mmol_c L⁻¹, HCO₃⁻: 17 mmol_c L⁻¹, pH: 6,9 e CE: 1,64 dS m⁻¹. Os autores observaram que a aplicação desta água de irrigação promove forte elevação do pH e CE do solo, com conseqüentes desequilíbrios nutricionais, bem como teores de macro e micronutrientes nas folhas acima dos valores de referência para a cultura.

Em trabalho realizado por Carmo et al. (2003) foram avaliados os efeitos do uso de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,55; 1,70; 2,85; 4,0dS m⁻¹) em bananeiras “Pacovan” e “Marmelo”, sendo que o incremento nos níveis de salinidade provocou redução da altura da planta, do número de folhas e da área foliar. Estudo realizado por Neves et al. (2002) revela que bananeira ‘Prata Anã’ submetida a doses

crecentes de Na e Ca via solução nutritiva, tiveram redução no crescimento, na massa fresca da parte aérea e na área foliar. Segundo Borges et al. (2002) a relação adequada K/Na no solo é 2,5, e o Na não deve exceder 8% do total de cátions trocáveis, com valor ideal inferior a 4%. Áreas com teor de Na superior a 12%, em relação aos cátions trocáveis (K + Ca + Mg + Na) são inadequadas ao cultivo da bananeira. Silva et al. (2002) verificaram que a bananeira 'Prata Anã', cultivada no norte de Minas Gerais, apresentou alta produtividade em solos com até 0,4 cmol_c de Na⁺ dm⁻³.

2.2. Resíduos agroindustriais

2.2.1. Resíduos líquidos e lignocelulósicos

Os resíduos de um modo geral constituem uma massa, muitas vezes considerada sem valor comercial que pode poluir o ambiente dependendo da sua composição, podendo este ser proveniente de operações industriais, comerciais, das atividades da comunidade e das práticas agrícolas (FIGUEIREDO, 1995).

Na bananicultura, a própria planta ao encerrar seu ciclo vegetativo se torna resíduo agrícola, podendo ser separada em folhas, engaço e pseudocaule. As folhas são comumente utilizadas como cobertura morta, com a finalidade de manter a umidade, evitar erosão, controlar as plantas daninhas e devolver nutrientes ao solo; o engaço é descartado durante o processo de separação das pencas, em *packing houses*, entretanto, consiste em material de rápida decomposição (SOFFNER, 2001). O pseudocaule apresenta potencial risco de proliferação de pragas e doenças, se deixado no bananal.

Além da bananeira, outras culturas também geram resíduos lignocelulósicos, como a cana-de-açúcar, que ao ser colhida origina uma palhada de difícil degradação no

solo, o qual pode proporcionar alteração positiva nas condições físicas do solo. A cana-de-açúcar também gera a vinhaça, líquido rico em nutrientes que contribui na emergência de plântulas de amendoim (RAMOS et al., 2008). A fertirrigação utilizando vinhaça refletiu em aumento da população de bactérias e fungos totais, actinomicetos e celulolíticos em trabalho realizado por Santos et al. (2009). Em estudo utilizando o bagaço de cana-de-açúcar e a torta de filtro de usina açucareira como substrato para formação de mudas de goiabeira, Schiavo e Martins (2002) observaram aumentos na produção de matéria seca e conteúdo de N e P da parte aérea da goiabeira.

Solos tratados com rejeitos de agroindústrias tanto podem apresentar alterações positivas do ponto de vista nutricional, aumentando sua fertilidade, como negativas, sendo essas últimas relativas às alterações de pH, acumulação de sais e influência nas populações de microrganismos, o que pode comprometer a sustentabilidade agrícola e seu uso futuro (MARTINEZ et al., 2006). Silva et al. (2007) ressaltaram que resíduos agroindustriais, como vinhaça, que ao serem aplicados no solo podem promover melhoria em sua fertilidade, todavia, apresentam quantidades desbalanceadas de elementos minerais e orgânicos, ocasionando por vezes lixiviação de íons, quando ultrapassam a capacidade de retenção dos solos, funcionando como poluentes das águas subterrâneas.

2.2.2. Composição química do pseudocaule da bananeira

O pseudocaule da bananeira apresenta uma gama de substâncias, destacando-se, de acordo com Lans et al. (2000), a 5-hidroxitriptamina, ácido caprílico de ação fungicida e pesticida, canferol de propriedades anti-bacterianas, açúcares, ácido gálico, serotonina e compostos com ação anti-hiperglicemiante. Os autores também relataram que o pseudocaule contém compostos polifenólicos, entre eles taninos, leucodelfinidina e leucocianidina, além de mucilagens, dopamina, noradrenalina, desoxixantimidina, nitrato de potássio e de magnésio, aminofenóis, fibras, carboidratos, clorofila, cálcio, fósforo, α -

tocoferol, ácido ascórbico, 3-caroteno, niacina e sílica. Observaram ainda que a seiva era ácida e possuía aminoácidos e ferro, com grande ação na formação de colágeno; possuía proteínas, proantocianidinas, pigmentos polifenólicos, potássio, arabinoxilanas, pectina e ácido urônico. Ainda, Peixoto et al. (2005) relataram a presença de atrazina no pseudocaule da bananeira, um herbicida natural utilizado no controle de invasoras.

Estudando a taxa de remobilização e repartição de nutrientes da cultivar “Thap Maeo” em diferentes partes da planta (folhas, pseudocaule, frutos e engaço + brácteas, Moreira e Fageria (2009) observaram que as maiores proporções de K, Na, Mg, S, B, Cu, Fe e Zn se encontram no pseudocaule, além de uma importante fonte de matéria seca e 90% do conteúdo total de água da planta. Os autores encontraram em amostras secas e moídas do pseudocaule, os seguintes teores de macronutrientes em g kg^{-1} : 8,38 de N; 1,00 de P; 88,40 de K; 2,06 de Na; 9,47 de Ca; 1,53 de Mg e 1,35 de S, estando o K, Na, Ca e o S em maiores concentrações que nos demais órgãos da planta. Devido a uma menor mobilidade no floema, pequena porção do Ca é exportado para os frutos, ficando cerca de 95,3% concentrado nos restos culturais que normalmente são incorporados no solo, como folhas, pseudocaule, engaço, brácteas e restos florais. Em relação os teores de Cu, Fe e Zn, os autores observaram teores de $12,48 \text{ g kg}^{-1}$, $135,93 \text{ g kg}^{-1}$ e $84,78 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que do total extraído 50, 65 e 83% respectivamente, acumularam-se no pseudocaule, valores estes mais elevados que nas demais partes da planta.

Ao estudar a composição química do pseudocaule da bananeira, Pacheco et al. (2010) verificaram os seguintes teores para os macro e micronutrientes em g kg^{-1} : 5,3 de N; 0,8 de P; 30,1 de K; 12,4 de S; 3,0 de Ca; 0,4 de Mg e para micronutrientes em mg kg^{-1} : 0,020 de B; 0,115 de Cu; 6,759 de Fe; 0,222 de Mn; 0,180 de Zn e 0,28 de Na. No pseudocaule da bananeira, também se observam monossacarídeos, de acordo com estudos realizados por Li et al. (2010), estando em quantidades proporcionais de glicose (71,76%), arabinose (7,34%), galactose (2,02%), xilose (11,2%), manose (0,58%) e ácido galacturônico (7,09%).

2.3. Produção de mudas de bananeira

2.3.1. Formação de mudas

A preferência por mudas micropropagadas tem-se intensificado, tendo em vista a garantia da qualidade genética e o controle fitossanitário. Alguns outros cuidados devem ser considerados, como aclimação, uso de substrato e adubação, exemplificado por Oliveira et al., (2008), que salientaram uma possível redução do crescimento das plantas com mudanças bruscas de ambiente e enfatizaram a composição do substrato e o volume do recipiente como fatores decisivos para o desenvolvimento radicular e a nutrição das mudas. Yamanishi et al., (2004) inferiram ainda que boas características físicas, químicas e biológicas do substrato possibilitam o rápido crescimento das mudas e adequada relação entre a massa da parte aérea e das raízes. O volume do recipiente utilizado na aclimação interfere proporcionalmente no desenvolvimento da muda, pois o mesmo deve ter espaço suficiente para o crescimento radicular (CUNHA et al., 2002).

No uso de mudas micropropagadas podem ser observadas também desvantagens em razão da ocorrência de variantes somaclonais, ou seja, plantas que sofrem anormalidades como estatura, cor, forma e arquitetura da planta, causando perdas para o produtor quando levadas para o campo (ÁLVARES et al., 2002).

2.3.2. Soluções nutritivas

Uma alternativa para suprir a demanda nutricional das culturas consiste na aplicação de soluções nutritivas, nas quais macro e micronutrientes devem ser devidamente calculados, tornando-se adequados para o crescimento vegetal (FRANCO e PRADO,

2006). A utilização de solução nutritiva é interessante por permitir que se realizem estudos quantitativos dos elementos absorvidos pelas plantas, visto que é possível conhecer precisamente a concentração dos nutrientes na solução.

Alguns aspectos são considerados importantes, como a condutividade elétrica (CE), pressão osmótica, temperatura, pH e concentração dos nutrientes. Através da CE, determina-se a quantidade de sais presentes na solução e ao monitorá-la, evita-se a utilização de soluções muito concentradas. A CE de soluções nutritivas não deve exceder $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, a pressão osmótica deve variar entre $-0,5$ a $-1,0 \text{ atm}$, pois a alta concentração de sais pode provocar a saída de água das células das raízes, levando-se em consideração que o movimento de água se dá de um meio hipotônico para um meio hipertônico (CARMELLO et al., 1997).

No tocante ao pH da solução, para a maioria das plantas deve estar entre 5,0 e 6,5 para garantir maior disponibilidade de nutrientes às plantas. Uma solução ácida pode propiciar redução do crescimento e injúrias nas raízes. Em alta concentração o H^+ pode afetar a permeabilidade das membranas das células e permitir a liberação de íons das raízes. Por outro lado, uma solução alcalina pode provocar a precipitação de Ca, P, Fe e Mn (BRACCINI et al., 1999).

2.3.3. Colunas de lixiviação

A utilização de colunas de solo para avaliação do comportamento de nutrientes no solo em camadas é bastante útil e informativa. As colunas são preenchidas com amostras coletadas das camadas observadas em campo, considerando a densidade aparente do solo e o processo de lixiviação. Dessa forma é possível obter-se o balanço de nutrientes, estimando-se as quantidades retidas em cada camada, dos absorvidos pela planta e ainda os que lixiviam da coluna.

O método foi utilizado Bertoncini et al. (1999), que avaliaram a mobilidade de metais pesados em solos de diferentes classes texturais tratados sucessivamente com lodo

de esgoto e os efeitos da adição de sais (KCl e K_2SO_4) na mobilidade desses cátions metálicos. No líquido percolado, foram determinadas as concentrações de Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Ca^{2+} e Mg^{2+} presentes. Os autores observaram o aumento na retenção de Cd, Cu, Cr e Ni com a elevação dos teores de óxidos de Fe e Al presentes nos solos. Os elevados valores de pH e o aumento no teor de matéria orgânica proporcionado pela adição de lodo refletiram também na menor mobilidade dos metais.

Utilizando-se um solo contaminado com rejeito carbonífero (rocha fragmentada, compostos sulfurados e carvão de baixa qualidade) em colunas de solo com coletor de lixiviado, Gaivizzo et al. (2002) avaliaram o seu potencial poluidor, através de análises químicas da água de lixiviação. O baixo pH da água de lixiviação manteve solúvel parte dos elementos provenientes da dissolução do rejeito carbonífero, refletindo-se em elevada condutividade elétrica. Os elementos S, Fe, Mn, Zn, Ni e Pb foram os que ocorreram em maiores concentrações na água de lixiviação, com potencial poluidor dos recursos hídricos.

Visando a avaliação do movimento do nitrato ($N-NO_3^-$) proveniente de água residuária de frigorífico em colunas de solo, Gomes et al. (2004) utilizaram dois tipos de solo, arenoso e argiloso, com e sem calcário. Ocorreu uma elevação na taxa de nitrato acima da concentração inicial, para todos os efluentes percolados nos solos, sendo esses valores mais acentuados para a coluna de solo arenoso com calcário. A adição de calcário propiciou a lixiviação do nitrato e apresentou menor diminuição no pH do lixiviado. O solo arenoso, independentemente do calcário, apresentou maior lixiviação de sais e de nitrato.

Ramos et al. (2006) utilizando Neossolo quartizarênico com alto teor de alumínio, baixos teores de Ca e Mg, pH 4,4, avaliaram a capacidade do calcário, do gesso e de silicatos em fornecer Ca, Mg, Si e corrigir o pH do solo em profundidade. Os autores observaram que o gesso aumentou os teores de Ca em todo o perfil do solo, mas não corrigiu a acidez. Os silicatos corrigiram a acidez do solo e aumentaram os teores de Ca trocável com maior eficiência que o calcário. A aplicação de silicato de Ca e Mg e de termofosfato aumentou a concentração de Mg no solo até à profundidade de 25 cm.

2.4. Microrganismos do solo

Os organismos do solo representam a forma de vida mais abundante e diversificada do planeta, desempenham a função de decompor a matéria orgânica e catalisam transformações essenciais no ciclo do carbono. Constituem fonte e depósito de nutrientes e participam de processos relacionados à estruturação do solo, a fixação biológica de nitrogênio, assimilação de nutrientes por associações micorrízicas, solubilização de nutrientes para plantas, a redução de patógenos e pragas de plantas, a degradação de compostos persistentes aplicados ao solo e em outras alterações nas propriedades do solo que afetam o crescimento vegetal (CHAER, 2001).

A biomassa microbiana do solo (BMS) com sua atividade avaliada pela evolução de CO_2 , é utilizada como indicativo da condição ambiental (DE-POLLI e GUERRA, 1997). A razão entre o CO_2 evoluído e a biomassa microbiana fornece o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), que indica o estado metabólico dos microrganismos e pode ser utilizado como indicador de estresse, perturbação ou estabilidade do ecossistema solo (DE-POLLI e GUERRA, 1997). Por meio dessa abordagem, tem sido demonstrado que a biomassa microbiana responde de maneira diferenciada aos manejos adotados em cada agroecossistema (CATTELAN e VIDOR, 1990; MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). A BMS e a respiração microbiana do solo (RMS) podem comportar-se de maneira diferenciada de acordo com o aprofundamento do solo, conforme observado por Sampaio et al. (2008) em solos cultivados com fruteiras. Esses indicadores de qualidade do solo tiveram valores mais elevados em camadas superficiais. O mesmo efeito foi observado por Xavier et al. (2006) em solo cultivado com pastagem e sob cultivo orgânico, e pode ser atribuído a fração de material orgânico decomponível no solo.

O quociente microbiano ($q\text{MIC}$) é a razão da BMS e do carbono orgânico (CO) e tem relação com a ciclagem de nutrientes e o conseqüente acúmulo de carbono no solo (ANDERSON e DOMSCH, 1989). De acordo com Gama-Rodrigues e Gama-Rodrigues (2008), em solos com matéria orgânica de baixa qualidade nutricional, a biomassa microbiana encontra-se sob estresse e é incapaz de utilizar totalmente o CO e, nesse caso, o $q\text{MIC}$ tende a ser menor devido a baixa qualidade da matéria orgânica (WARDLE, 1994).

2.5. Trocas gasosas em bananeiras

As trocas gasosas são indispensáveis para a realização de processos metabólicos, como fotossíntese, respiração e transpiração. Em estudos sobre comportamento ecofisiológico de bananeiras, Cayón Salinas (2001) observou que, na fase inicial de desenvolvimento das folhas, a fotossíntese e a transpiração foram baixas; incrementando rapidamente até alcançar valores máximos de $12,67 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e de $3,5 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

A adição de nutrientes em bananeiras pode alterar suas características fisiológicas, conforme relataram Neves et al. (2002). Estes autores ao adicionarem Ca observaram redução da massa fresca da parte aérea, altura e área foliar da bananeira ‘Prata’. As taxas fotossintéticas são reduzidas mediante o excesso de nutrientes, atribuição dada ao fechamento estomático evitando a perda excessiva de água, ao fecharem-se os estômatos ocorre limitação da fixação de CO_2 (GONDIM et al., 2006). As plantas de modo geral são sensíveis ao excesso de nutrientes e ao estresse salino do ponto de vista fisiológico, a exemplo da berinjela submetida a CE de $4,08 \text{ dS m}^{-1}$, o que proporcionou redução na condutância estomática, na taxa transpiratória, fotossíntese e concentração de CO_2 nas folhas (BOSCO et al., 2009).

Estudando o efeito de doses de N e K via água de irrigação em bananeiras da cultivar “Prata Anã”, Melo et al. (2009) observaram redução da condutância estomática e consequentes reflexos negativos nos processos fotossintéticos quando da aplicação de altas doses de N e maiores de K. Ao estudarem o efeito de doses de N e K sobre as características morfofisiológicas de bananeiras “Prata-Anã”, Melo et al. (2010) observaram que além da maior taxa fotossintética, também houve maior conversão da irradiação solar em fitomassa seca quando aplicadas doses mais elevadas dos nutrientes (732 kg ha^{-1} de N com 1200 kg ha^{-1} de K_2O). O teor de clorofila está diretamente relacionado com a composição nutricional da bananeira, conforme observaram Nóbrega et al. (2010). Com aplicação e absorção de N por plantas da cultivar ‘Pacovan’ esses autores observaram incremento do teor de clorofila nas folhas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de coleta do solo

O solo utilizado para o experimento foi coletado no Campo Experimental do Vale do Curu da Embrapa Agroindústria Tropical, em Paraipaba, Ceará. As coordenadas geográficas da localidade são: 3,48128° S e 39,16502° W e altitude de 44 m. O clima é do tipo Aw (Köppen, 1918), tropical com chuvas durante o verão. A temperatura média da região no mês mais frio é maior ou igual a 18 °C, a precipitação média do mês mais seco é inferior a 30 mm. O solo foi classificado como ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico (EMBRAPA, 1999).

3.2. Preparo das colunas de solo

Inicialmente foi aberta um trincheira de 2 x 1,6 m e 0,90 m de profundidade. O solo foi coletado das camadas de 0–10, 10–20, 20-30, 30-40 e 40-60 cm. Após a secagem ao ar, o solo foi destorroado e peneirado em malha de 5 mm. Em seguida, colocou-se o solo nas colunas de PVC, com 200 mm de diâmetro e 60 cm de altura, obedecendo-se a mesma sequência das camadas existentes no campo.

Para montagem das colunas de solo, foram utilizados anéis de PVC, com 200 mm de diâmetro. Cada coluna foi composta por cinco anéis, sendo o primeiro com altura de 15 cm, o segundo, o terceiro e o quarto com 10 cm de altura e o quinto com 20 cm, formando a base da coluna e fechado com um tampão do mesmo material, contendo um orifício para drenagem. Os anéis foram unidos com cola adesiva de contato e reforçados com fita adesiva.

Inicialmente foi adicionado o solo da camada 40 a 60 cm no quinto anel, de forma que o preenchimento da coluna se deu de baixo para cima, até que ocorresse a adição da camada de 0-10 cm (Figura 1), respeitando sempre a manutenção da densidade aparente do solo tal qual encontrada no campo. Nas colunas, foram plantadas mudas micropropagadas de bananeira ‘Prata anã’ (grupo genômico AAB).



Figura 1. Aspecto visual de coluna do solo utilizado no cultivo da bananeira.

3.3. Delineamento experimental

Utilizaram-se 50 colunas dispostas sobre bancadas em casa de vegetação, na Embrapa Agroindústria Tropical, utilizando um delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 5 x 2, com cinco repetições. O primeiro fator consiste de cinco dosagens do LPCB (0, 288, 576, 864 e 1152 mL), representados por concentrações volumétricas de água e o resíduo (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100, v:v). Estas dosagens do resíduo foram calculadas com base numa aplicação de 4000m³ ha. O segundo fator consistiu de duas concentrações da solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) modificada por Jonhson

(1957), 100% (uma força) e 50% (meia força). Para manter a umidade de solo próximo à capacidade de campo, as colunas receberam diariamente água destilada.

Para extração do LPCB, o pseudocaule foi passado por uma moenda mais de uma vez, o líquido foi peneirado em malha com abertura de 2,0 mm e condicionado em câmara fria até o momento de sua utilização. Nesta ocasião, o líquido foi utilizado em temperatura de aproximadamente 25° C. A caracterização química do LPCB (Tabela 1), foi realizada no Laboratório de Solos e Água da Embrapa Agroindústria Tropical.

Tabela 1. Características químicas do LPCB da bananeira ‘Prata Anã’

Determinação	Valores
pH (-)	5,65
CE (ds m ⁻¹)	13,26
Ca (mg L ⁻¹)	49,1
Mg (mg L ⁻¹)	250,3
K (mg L ⁻¹)	2.126,3
Na (mg L ⁻¹)	53,2
Cu (mg L ⁻¹)	ND
Fe (mg L ⁻¹)	0,25
Mn (mg L ⁻¹)	ND
Zn (mg L ⁻¹)	1,28
Cl (mg L ⁻¹)	744,0
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	2,88
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	6,2

A solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) modificada por Jonhson (1957) foi preparada a partir das seguintes soluções de trabalho: 1) 1M de NH₄H₂PO₄ (115,03g/L), 2) 1M de MgSO₄ . 7H₂O (246,48 g/L), 3) 1M de Ca(NO₃)₂ . 4H₂O (236,16 g/L), 4) 1M de KNO₃ (101,10 g/L), 6) micronutrientes (676,08 mg/L de MnSO₄ . H₂O; 24,19 mg/L de MoO₄ . 2H₂O; 575,09 mg/L de ZnSO₄ . 7H₂O; 1.546,75 mg/L de H₃BO₃; 124,85 mg/L de CuSO₄ . 5H₂O; 2.922,50 mg/L de NaCl) e 7) solução de Fe-EDTA (1,49

g/L de $\text{Na}_2\text{H}_2\text{EDTA}$ e 1,08 g/L de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Na formulação da solução (uma força) utilizaram-se as seguintes alíquotas das soluções: 2mL de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 1mL de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 4mL de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 6mL de KNO_3 , 1mL de Fe-EDTA e 1mL da solução de micronutrientes.

3.4. Condução do experimento

Ao solo das colunas adicionou-se inicialmente água destilada até que se atingisse a capacidade de campo. Após uma semana de repouso efetuou-se o transplântio de mudas micropropagadas da cultivar ‘Prata Anã’ (24 de setembro de 2010), sendo então mantida a irrigação diária com 100 mL de água destilada.

As aplicações do LPCB foram realizadas nos dias 30 de setembro, 07 de outubro, 19 de outubro e 03 de novembro de 2010. Aplicou-se a solução nutritiva seis vezes durante o experimento, sendo realizadas nos dias: 28 de setembro, 13 de outubro, 25 de outubro, 08 de novembro e 15 de novembro.

As plantas e o solo foram colhidos no dia 30 de novembro de 2010, após 68 dias do plantio das mudas e condução do experimento.

3.5. Análise fisiológica e de crescimento das plantas

Aos 50 dias, avaliaram-se na segunda folha expandida as trocas gasosas foliares (taxa fotossintética líquida, condutância estomática e taxa transpiratória) utilizando IRGA (modelo LCA-2, ADC, UK), aos 60 dias realizaram-se as mesmas medições incluindo o teor

de clorofila na mesma folha utilizando o medidor SPAD-502 (Minolta, Minolta, Co, Ltd, UK).

Aos 68 dias, mediram-se a altura da planta e o diâmetro do pseudocaule, em seguida, as plantas foram cortadas a 2cm do solo, sendo determinada a massa fresca da parte aérea. Em seguida, essas partes foram acondicionadas em sacos de papel, colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, durante 72 horas, para determinação da massa seca da parte aérea.

Na ocasião da colheita, as colunas foram seccionadas de acordo com os anéis, sendo desta forma, separados tanto o solo de cada seguimento como as raízes. As raízes foram lavadas com água corrente, em seguida o excesso de água foi retirado com auxílio de papel toalha, para determinar a massa fresca. Uma fração das raízes finas (1 a 2 mm de diâmetro) foi retirada para determinar a colonização micorrízica, e o restante das raízes foi acondicionado em sacos de papel, colocadas na estufa com circulação forçada de ar à 65° C até peso constante.



Figura 2. Aspecto visual de camadas das colunas de solo

As amostras de solo foram peneiradas em malha de 2 mm, guardadas em sacos plásticos e acondicionadas em câmara fria à 8° C até o momento das análises químicas e microbiológicas.

3.6. Análise química das plantas

As plantas, que foram separadas em partes aéreas e raízes, foram secas e moídas. Após este procedimento, destinaram-se às análises de N, Na e K.

O N total foi quantificado por meio de digestão sulfúrica, seguida de microdestilação por arraste de vapores. O K e o Na foram extraídos por digestão nitroperclórica, conforme metodologia de Silva et al. (1999). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Água na Embrapa Agroindústria Tropical.

3.7. Análise química no solo

Em todas as camadas de solo (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-60 cm) foram realizadas as análises químicas, para tanto, o solo foi inicialmente seco em estufa a 40° C, destorroado e passado em peneira de 2 mm.

As análises químicas do solo foram realizadas antes (Tabela 13) e depois do plantio das mudas e aplicação dos tratamentos. Foram medidos o pH por potenciometria utilizando suspensão solo:água na proporção de 1:2,5 com utilização de pHmetro Tecnal Modelo R-Tec-03P-MP e a condutividade elétrica no extrato 1:1 (solo:água) de acordo com Richards, (1954).

As análises de macro e micronutrientes foram realizadas de acordo com Silva et al. (1999), sendo realizada a extração e a determinação dos elementos químicos nos extratos e calculados os teores no solo.

3.8. Análise química de solução lixiviada

A solução lixiviada foi coletada em garrafas pet através de uma mangueira conectada às colunas de solo. Ao final do experimento esta solução foi recolhida, medido o volume do lixiviado e analisado no Laboratório de Solos e Água da Embrapa Agroindústria Tropical.

As determinações de Na e K foram feitas diretamente na solução lixiviada, por fotometria de chama (TEDESCO et al., 1995). NH_4 e NO_3 foram realizados por destilação de arraste de vapores segundo Keeney e Nelson (1982).

3.9. Análise microbiológica

Uma fração do solo das duas primeiras camadas (0-10 e 10-20 cm) de três blocos foi destinada às análises microbiológicas no Laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Agroindústria Tropical. Nestas amostras foram extraídos e quantificados os esporos de fungos micorrízicos arbusculares e determinado a biomassa microbiana (BMS), a respiração basal (RBS) e o carbono orgânico do solo (CO).

Ao separar o solo das raízes, as raízes finas (diâmetro de 1-2 mm) foram conservadas em solução alcoólica (álcool comercial, ácido acético e água). Posteriormente, estas frações de raízes foram clarificadas e coloridas, seguindo-se a metodologia de Phillips e Hayman (1970) modificada, onde as raízes foram colocadas em tubos com solução alcalina (KOH 10%) e estes aquecidos em autoclave durante 12 minutos. Em seguida, procedeu-se a lavagem das raízes em água corrente, água oxigenada diluída (H_2O_2 a 1,25%), solução ácida HCl a 1% e coradas com azul de anilina (0,05%). Vinte fragmentos das raízes coradas com comprimento de aproximadamente 1 cm foram

montados em lâminas de vidro e cobertos com solução lacto-glicérica e lamínula, para observação ao microscópio. A porcentagem de colonização micorrízica foi estimada pela observação de estruturas fúngicas (micélio, vesícula e arbúsculo) na região do córtex radicular, segundo Giovanetti e Mosse (1980). Os dados relativos à colonização foram transformados para $(x/100)^{0,5}$ antes de serem submetidos à análise estatística.

A determinação do número de esporos de FMA foi feita em 100 mL das amostras do solo. A extração foi realizada por peneiramento úmido e centrifugação por gradiente de sacarose 50%. Os esporos de FMA foram então recolhidos em placa e quantificados no aumento de 40x numa lupa, seguindo-se os procedimentos descritos no INVAM (2011) e Sieverding (1991).

A BMS foi determinada pelo método de irradiação-extração, segundo Mendonça e Matos (2005). Para tanto, as amostras foram irradiadas em microondas a 400 W de potência, para posterior quantificação da biomassa microbiana por diferença entre as amostras de solo irradiadas e amostras não irradiadas. A RMS foi realizada segundo Mendonça e Matos (2005), utilizando-se amostras das duas primeiras camadas de solo tratado. O método teve por base a captura do C-CO₂ emitido das amostras de solo, em solução de NaOH e sua dosagem foi por titulação com HCL. A determinação do (Carbono Orgânico) CO foi obtida de acordo com Tedesco et al. (1995). O quociente metabólico (qCO₂) foi calculado pela razão da RBS e a BMS conforme Silva et al. (2007); e o quociente microbiano, pela razão da BMS e do CO do solo (SPARLING, 1997).

3.10. Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste de comparação de médias (Tukey até 10%) e regressão polinomial utilizando o programa computacional SAEG/UFV (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). Na análise de dados

correspondentes à fisiologia, crescimento e teores nutricionais foram considerados as cinquenta plantas. Os dados de solo foram analisados por camada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de atributos do solo e das plantas foram expressos pelos valores de F e valores médios observados para os fatores LPCB e as concentrações de solução nutritiva. Quando houve interação destes fatores inseriram-se gráficos para ilustrar tendências proporcionadas pelo resíduo com as concentrações de solução nutritiva.

4.1. Trocas gasosas

Aos 50 dias de cultivo das mudas determinou-se a taxa fotossintética, a condutância estomática e a taxa transpiratória. Na ocasião somente a taxa fotossintética foi significativamente afetada pela concentração da solução nutritiva e pelas doses de LPCB aplicadas. Observou-se um comportamento linear e crescente para a taxa fotossintética com doses crescentes de LPCB e as concentrações da solução nutritiva (Figura 3), enquanto a condutância estomática e taxa transpiratória não foram afetadas (Tabela 2). Encontraram-se valores referentes à taxa fotossintética variando de 12,707 a 15,132 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Tabela 3), sendo estes valores inferiores aos observados por Melo et al. (2009) para bananeiras da mesma cultivar em estágio vegetativo (14,98 até 22,37 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

A relação direta e crescente da taxa fotossintética com as doses de LPCB pode ser devido ao suprimento nutricional promovido pelo resíduo, sendo que o N exerce efeito fundamental sobre a taxa fotossintética, decorrente do estímulo à atividade enzimática e da síntese da enzima ribulose-1,5-bisfosfato-carboxilaseoxigenase, responsável pela fotossíntese, associado ao efeito também sobre a taxa de transpiração foliar, que favorece a fotossíntese (CABRERA-BOSQUET et al., 2009). Em folhas de plantas adubadas com N tem-se observado alta taxa fotossintética, tanto na fase fotoquímica, como na fase bioquímica (TAIZ e ZEIGER, 2004). O LPCB é rico em K (Tabela 1) e este elemento, de acordo com Souza et al. (2010), atua na fotossintética e na fisiologia da planta.

Tabela 2. Valores de F para taxa fotossintética (A), condutância estomática (g_s) e taxa transpiratória (E) aos 50 dias em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

F.V.	G.L.	A	g_s	E
Bloco	4	1,98 ^{ns}	3,29*	1,06 ^{ns}
SN	1	4,27*	1,73 ^{ns}	1,42 ^{ns}
LPCB	4	5,56**	1,56 ^{ns}	0,85 ^{ns}
SN x LPCB	4	0,11 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,29 ^{ns}
CV (%)	-	9,70	21,82	14,4

*, ** e ^{ns} Significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 3. Valores médios de taxa fotossintética (A), condutância estomática (g_s) e taxa transpiratória (E) após 50 dias das mudas de bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	A $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	g_s $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{H}_2\text{O}$	E $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
0	13,064	0,622	0,00947
25	12,707	0,570	0,00917
50	13,925	0,580	0,00921
75	14,527	0,534	0,00897
100	15,132	0,495	0,00845
SN			
½ força	13,478	0,538	0,00900
Completa	14,264	0,583	0,00900

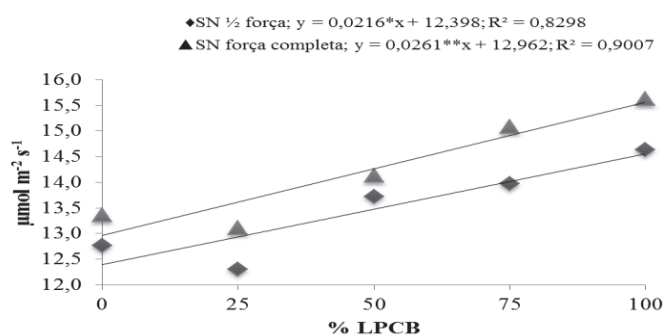


Figura 3. Valor médio da taxa fotossintética de folhas das bananeiras após 50 dias de cultivo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

Aos 60 dias de cultivo das mudas, a taxa fotossintética, a condutância estomática e os teores de clorofila foram significativamente afetados pela concentração da solução nutritiva e pelas doses de LPCB, enquanto a taxa transpiratória não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 4). A taxa fotossintética apresentou comportamento quadrático crescente com doses de LPCB, e a concentração da solução nutritiva a uma força foi superior em relação à de meia força (Figura 4). Os valores de 7,850 a 13,702 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Tabela 6) são similares aos encontrados por Cayón Salinas (2001), em fase inicial de desenvolvimento das bananeiras. Esse autor relatou que a redução na taxa de fotossíntese torna negativo o balanço de carbono na planta porque a respiração das folhas permanece constante durante todo o processo de desenvolvimento.

A condutância estomática teve resposta quadrática ao aumento de doses do LPCB (Figura 5), sendo semelhante ao observado para a taxa fotossintética (Figura 4), o que já era esperado, pois os estômatos realizam a captação de CO_2 (TAIZ E ZEIGER, 1998). A mesma tendência foi observada por Bosco et al. (2009) com plantas de berinjela submetidas a adição de NaCl, e por Melo et al. (2009) em bananeiras fertirrigadas com N e K. O aumento da condutância estomática em função das doses do LPCB pode ter sido em razão do teor de K, que é ativador de enzimas, regulador da turgidez do tecido, controlador da abertura e do fechamento de estômatos, possibilitando o controle da concentração de CO_2 na câmara subestomática, a qual afeta diretamente a atividade fotossintética e a condutância estomática (HOPKINS, 1995; DECHEN et al., 2007).

O teor de clorofila teve resposta quadrática negativa ao aumento de doses de LPCB, e foi superior no tratamento com solução nutritiva a uma força (Figura 6), sendo que os valores variaram de 51,450 a 57,200 mg g^{-1} MF (Tabela 5). Esperava-se que o teor de clorofila se comportasse da mesma forma que a taxa fotossintética, entretanto, na medida em que aumentou a taxa fotossintética houve decréscimo do teor de clorofila. Os resultados são contraditórios aos observados por Cayón Salinas (2001) que estudou trocas gasosas ao longo do ciclo da bananeira em cultivo protegido. Esse autor relatou uma evolução na concentração da clorofila e da fotossíntese, enfatizando que o processo fotossintético depende da concentração de clorofila na folha.

A planta com alta concentração de clorofila seria capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de “quanta” na unidade de

tempo, entretanto, nem sempre existe a relação direta entre clorofila e fotossíntese, pois a fase escura pode limitar o processo (CHAPPELLE e KIM, 1992). O teor de clorofila está diretamente relacionado com o teor de N das folhas, sendo o elemento integrante de compostos associados aos cloroplastos e ao conteúdo de clorofila nas folhas (CHAPMAN e BARRETO, 1997).

Tabela 4. Valores de F para taxa fotossintética (A), condutância estomática (g_s), taxa transpiratória (E) e teor de clorofiladas mudas de bananeiras após 60 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

Variação	G.L.	A	g_s	E	Clorofila
Bloco	4	1,57 ^{ns}	10,14 ^{**}	2,98 ^{ns}	0,26 ^{ns}
SN	1	0,89 [*]	0,66 ^{ns}	0,00 ^{ns}	10,07 ^{**}
LPCB	4	17,5 ^{**}	8,05 ^{**}	14,94 ^{**}	6,99 ^{**}
SN x LPCB	4	0,30 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,40 ^{ns}
CV (%)	-	9,70	28,91	14,4	4,80

*, ** e ^{ns} Significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 5. Valores médios de taxa fotossintética (A), condutância estomática (g_s), taxa transpiratória (E) e teor de clorofiladas mudas de bananeiras após 60 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	A $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	g_s $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{H}_2\text{O}$	E $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Clorofila $\text{mg g}^{-1}\text{MF}$
0	7,850	0,265	0,00576	57,200
25	10,533	0,539	0,01030	54,530
50	12,374	0,561	0,01080	53,090
75	13,439	0,520	0,01050	53,000
100	13,702	0,442	0,00963	51,450
SN				
½ força	11,334	0,481	0,00900	52,692
Completa	11,825	0,450	0,00900	55,016

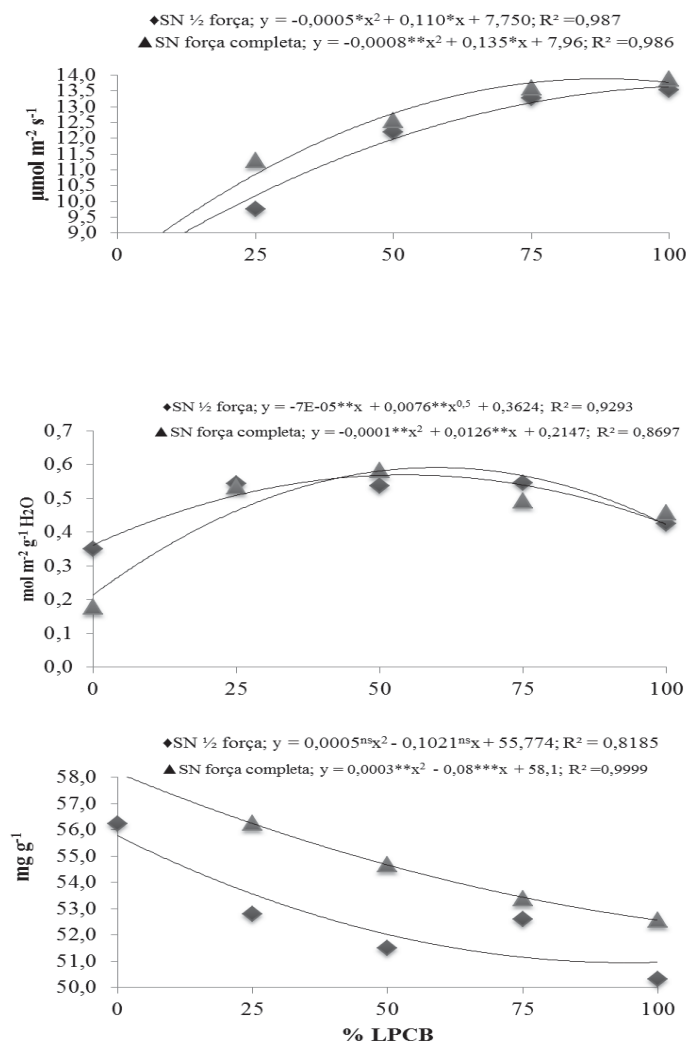


Figura 4. Valores médios de taxa fotossintética, condutância estomática e clorofila de folhas das bananeiras após 60 dias de cultivo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).

4.2. Crescimento vegetativo

Aos 68 dias de cultivo das mudas de bananeira ‘Prata Anã’, o diâmetro do pseudocaule, o número de folhas e a biomassa seca da parte aérea foram significativamente afetados pelas doses de LPCB, enquanto que a matéria fresca da parte aérea e a altura foram afetadas pela concentração da solução nutritiva, e a biomassa das raízes pela

concentração da solução nutritiva. Em relação à altura das plantas, houve interação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (Tabela 6 e 7). Em todas estas características de crescimento, ocorreu comportamento quadrático com redução de valores mediante aplicação das doses crescentes de LPCB, e um maior crescimento das plantas que receberam a solução nutritiva completa (Figura 5). A consistente redução do crescimento aéreo pode ter sido ocasionada pelo excesso de sais do LPCB, sendo mais expressivos os teores de Na e K.

O diâmetro do pseudocaule variou de 1,630 a 2,147 cm, a altura variou de 13,2 a 16,7 cm, a matéria seca de parte aérea de 3,81 a 6,801 g e matéria seca de raízes de 3,495 a 4,339 g (Tabela 8). Os valores destes parâmetros de crescimento foram superiores aos encontrados por Lima et al. (2009), que utilizaram resíduo de chá preto e observaram aos 56 dias de plantio de bananeiras ‘Grand Naine’ diâmetro de pseudocaule com variações de 0,98 a 1,61 cm, altura de 3,29 a 8,79 cm, matéria seca de parte aérea com valor médio de 3,28 g e a matéria seca de raiz com valor médio de 3,12 g.

Ao avaliarem a resposta da bananeira ‘Prata Anã’ à aplicação de concentrações de NaCl, Gomes et al. (2005) observaram que as plantas cresceram em média até 17 cm, quando não eram expostas ao tratamento salino, e em média 25,19 cm na presença do sal, com diâmetro de pseudocaule variando de 2,25 a 2,65 cm e número de folhas de 7,66 a 9,66, com valores reduzidos sempre no tratamento onde houve aplicação de sal. Partindo-se deste princípio, mudas com maior número de folhas poderia proporcionar maior índice de pegamento, acelerar o crescimento inicial e o desenvolvimento, através de maior produção de fotoassimilados, resultando, possivelmente, em maior produção (SANTOS et al., 2004).

Beugmon e Champion (1966) verificaram que o diâmetro do pseudocaule estava relacionado com o número de raízes. Simmonds (1973) afirmou que o pseudocaule oferece apoio à planta e tem capacidade de armazenar reservas amiláceas e hídricas. Dessa forma pode se esperar que mudas com diâmetros superiores apresentem também sistema radicular vigoroso. Devido à importância do rizoma como órgão de reserva, mudas com diâmetros superiores, quando levadas a campo, possivelmente, tem maiores índices de pegamento, crescimento e desenvolvimento (SANTOS et al., 2004).

As reduções dos parâmetros de crescimento da planta podem relacionar-se tanto com a composição mineral do LPCB, como com a inibição causada por uma eventual substância desconhecida que esteja presente no resíduo. Ao avaliar o crescimento de bananeiras ‘Prata Anã’ submetidas a diferentes doses de Na e Ca em solução nutritiva, Neves et al. (2002) observaram que o aumento dos níveis de Na promoveu redução significativa na massa fresca da parte aérea, altura, área foliar, diâmetro do pseudocaule e massa seca das plantas. Em estudo sobre o efeito da adubação química de bananeiras ‘Grand Naine’, Melo et al. (2006) observaram que o N e o K favorecem o aumento da altura da planta e do diâmetro do pseudocaule.

Tabela 6. Valores de F para diâmetro do pseudocaule (DP), número de folhas (NF), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca das raízes (MFR), matéria fresca das raízes (MSR) e altura (ALT) das mudas de bananeiras após 60 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)*

Variação	G.L.	DP	NF	MFPA	MSPA	MFR	MSR	ALT
Bloco	4	1,49 ^{ns}	8,80 ^{**}	1,05 ^{ns}	12,41 ^{**}	4,05 ^{**}	52,85 ^{***}	0,56 ^{ns}
SN	1	1,86 ^{ns}	2,98 ^{ns}	9,95 ^{**}	2,96 ^{ns}	0,05 ^{ns}	9,90 ^{**}	23,2 ^{***}
LPCB	4	10,09 ^{**}	11,04 ^{**}	13,66 ^{**}	3,11 [*]	0,72 ^{ns}	1,55 ^{ns}	9,24 ^{***}
SNxLPCB	4	0,26 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,67 [*]
CV (%)	-	10,69	9,71	21,02	35,29	33,22	20,81	8,72

*, **, *** e ^{ns} Significativo a 5% ,a 1% e a 0,1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 7. Valores médios de altura das bananeiras após 68 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)*

	% LPCB	
	½ força	Completa
0	16.70 Aa	16.70 Aab
25	13.80 Bb	16.70 Aab
50	13.90 Bb	17.30 Aa
75	14.20 Ab	15.70 Aab
100	12.60 Ab	13.80 Ab
CV (%)	8.53	

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 8. Valores médios do diâmetro do pseudocaule (DP), número de folhas (NF), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca

das raízes (MFR), matéria fresca das raízes (MSR) e altura (ALT) das mudas de bananeiras após 60 dias em função das doses de LPCB e concentração de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	DP (cm)	NF (un)	MFPA (g)	MSPA (g)	MFR (g)	MSR (g)	ALT (cm)
0	2,017	9,4	61,384	6,801	44,035	3,495	16,7
25	2,147	9,2	56,612	6,097	40,778	4,174	15,2
50	1,997	8,7	58,030	5,729	36,956	4,339	15,6
75	1,885	8,3	44,833	5,701	35,951	4,185	14,9
100	1,630	7,2	31,277	3,815	36,592	3,939	13,2
SN							
½ força	1,874	8,3	45,688	5,144	38,452	3,653	14,2
Completa	1,996	8,7	55,156	6,112	39,272	4,399	16,0

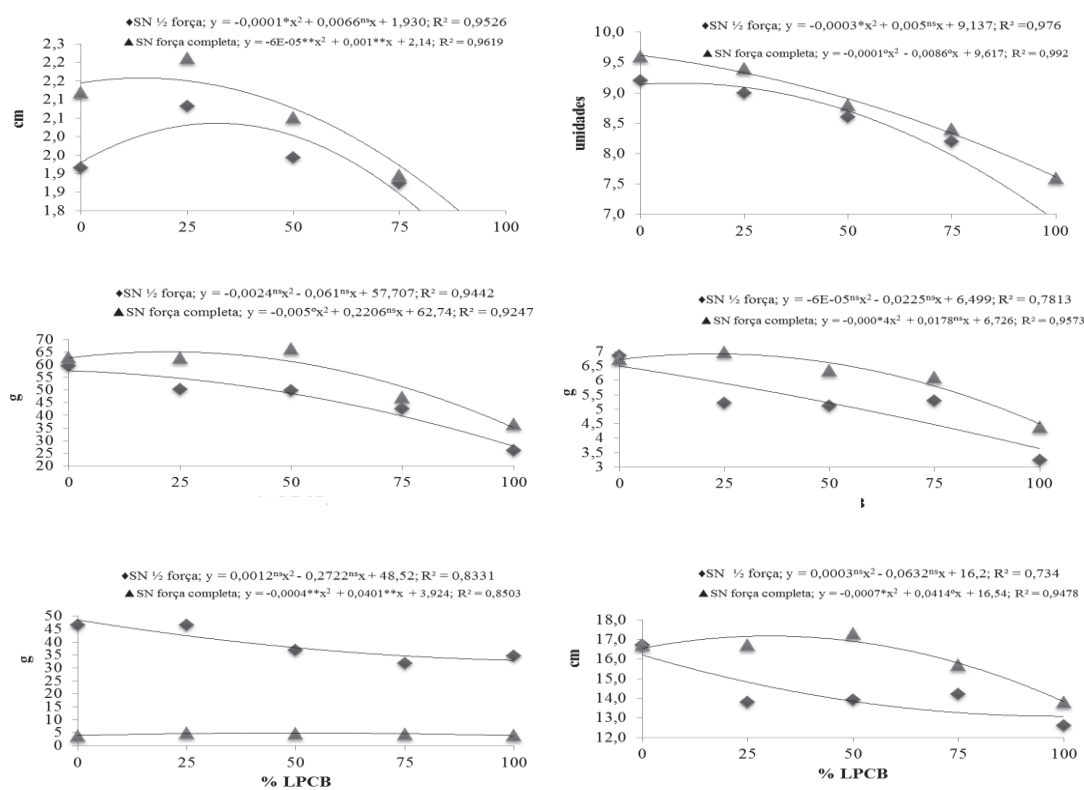


Figura 5. Valores médios de diâmetro do pseudocaule, número de folhas, matéria fresca e seca da parte aérea, matéria seca de raízes e altura das bananeiras após 68 dias em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).

4.3. Teores de nutrientes das plantas

4.3.1. Parte aérea

Na biomassa seca da parte aérea das bananeiras ‘Prata Anã’, o Na foi significativamente afetado pela interação da solução nutritiva com o LPCB, enquanto o N e K foram influenciados pelo LPCB, sendo o K alterado também pelas concentrações de solução nutritiva e pela interação dos fatores (Tabela 9). Os teores de Na variaram de 0,443 a 0,483 g kg⁻¹ (Tabela 10), sendo semelhantes aos encontrados por Donato et al. (2010), entretanto inferiores aos observados por Gomes et al. (2005) no limbo foliar (3,04 g kg⁻¹) e pseudocaule de bananeiras ‘Prata Anã’ (1,08 g kg⁻¹).

O K foi detectado em maior concentração na planta, sendo em média 45,435 g kg⁻¹ (Tabela 10), e foi similar ao observado por Soares et al. (2008), quando estudavam a restituição de frutos e do engajo do cacho ao solo cultivado com bananeiras. O teor de K foi semelhante ao encontrado por Donato et al. (2010) na cultivar ‘Prata Anã’ (43,7 g kg⁻¹), quando as plantas foram submetidas a diferentes sistemas de irrigação.

O N foi o segundo macronutriente mais absorvido pela planta, este comportamento também foi observado por Hoffmann et al. (2010). O teor médio foi de 22,442 g kg⁻¹ (Tabela 10), sendo similar ao observado por Borges et al. (2006) na biomassa seca de bananeiras da cultivar ‘Prata Anã’, com teor de 22,8 g kg⁻¹ os 60 dias.

A manutenção de uma relação adequada dos íons Na⁺/K⁺ nos tecidos das plantas, é conveniente para que haja o funcionamento normal das células sob condições de estresse salino, sendo esta relação considerada um fator importante no estudo de tolerância à salinidade e devendo ser utilizada como índice para toxicidade de sódio (GOMES et al., 2005). Estes nutrientes influenciam ainda o número de folhas de bananeiras (SANTOS et al., 2004)

Tabela 9. Valores de F para N, Na e K na parte aérea das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)*

Variação	G.L.	N	Na	K
Bloco	4	0,28 ^{ns}	10,73 ^{***}	2,15 ^{ns}
SN	1	0,06 ^{ns}	1,74 ^{ns}	3,08 ^{***}
LPCB	4	2,98 ^{**}	1,56 ^{ns}	18,10 ^{***}
SN x LPCB	4	0,75 ^{ns}	3,68 [*]	9,49 ^{***}
CV (%)	-	9,35	8,53	13,13

*, *** e ^{ns} Significativo a 5% e a 0,1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 10. Teores médios de N, Na e K na parte aérea das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	N	Na	K
	.....g kg ⁻¹		
0	22,775	0,458	35,991
25	21,195	0,443	37,620
50	23,897	0,483	48,870
75	22,989	0,476	51,957
100	21,358	0,463	52,740
SN			
½ força	22,369	0,457	37,292
Completa	22,516	0,472	53,579

4.3.2. Raízes

Nas raízes secas observou-se que o teor K foi influenciado pelo LPCB, solução nutritiva e blocos; o teor de N pelo LPCB e blocos; enquanto o teor de Na teve influência da concentração da solução nutritiva (Tabela 11). Para o teor de K obteve-se resposta quadrática positiva, obtendo-se maior valor com aplicação de 864 mL do resíduo, em presença da solução nutritiva (Figura 6).

Os teores de K foram menos expressivos nas raízes (18,630 a 27,972 g kg⁻¹) (Tabela 12) que na parte aérea (35,991 a 52,740 g kg⁻¹) (Tabela 10). São poucos os trabalhos que quantificam teores de K nas raízes de bananeiras, entretanto, Gomes et al.

(2005) encontraram em média 52,74 g kg⁻¹ de K em raízes de bananeiras ‘Prata Anã’ durante o primeiro ciclo, valor este inferior ao encontrado no presente trabalho. Isto leva a sugerir que houve acúmulo de K na parte aérea das bananeiras.

O teor de Na variou de 0,853 a 1,084 g kg⁻¹, valor inferior ao observado por Gomes et al. (2005) nas raízes da mesma cultivar, que detectaram 3,45 g kg⁻¹ em tratamento sem adição de sais. Elevadas concentrações de Na⁺ no meio externo podem induzir deficiência de Ca²⁺ em espécies com baixa taxa de absorção, diminuir a atividade deste cátion e deslocá-lo da plasmalema das células radiculares, promovendo perda da integridade desta membrana (MUNNS, 2002).

Tabela 11. Valores de F para N, Na e K das raízes das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)*

Varição	G.L.	N	Na	K
Bloco	4	2,29 ^o	0,28 ^{ns}	12,89 ^{***}
SN	1	1,95 ^{ns}	19,05 ^{***}	15,60 ^{***}
LPCB	4	2,85 [*]	1,95 ^{ns}	2,18 ^o
SN x LPCB	4	0,33 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,80 ^{ns}
CV (%)	-	30,53	20,15	35,46

*, ***, ° e ^{ns} Significativo a 5%, 0,1% e 10% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 12. Teores médios de N, Na e K nas raízes das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	N	Na	K
	g kg ⁻¹		
0	6,570	0,853	18,630
25	7,247	1,012	21,465
50	7,210	1,053	22,149
75	7,114	0,998	26,717
100	9,726	1,084	27,972
SN			
½ força	7,116	0,876	18,754
Completa	8,030	1,124	28,019

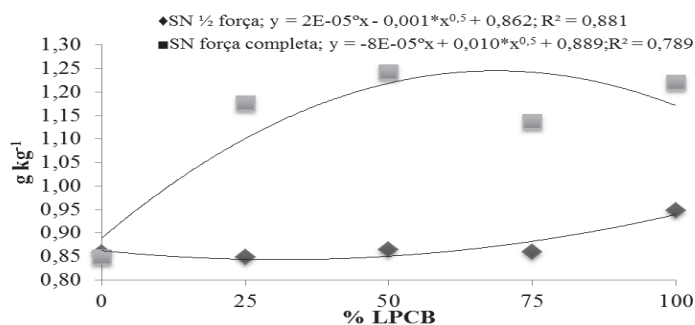


Figura 6. Teor de K das raízes das bananeiras em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).

4.4. Atributos químicos do solo

Antes do início do experimento, realizou-se análise química do solo e os valores das características podem ser observadas na tabela 13. Em comparação com essa análise inicial do solo foi possível verificar que houve alteração do pH e da CE em razão da aplicação de solução nutritiva, e dos teores de K, Na, SB e H + Al pela adição de solução nutritiva juntamente com o LPCB. Ainda, para o valor de pH e o teor de Na observou-se uma interação destes fatores (Tabelas 14 e 15). As equações de regressão para CE e H + Al apresentaram comportamento quadrático com doses de LPCB, sendo superior com aplicação de solução a uma força (Figura 7).

Inicialmente o pH do solo na camada em questão correspondia a 6,1, tendo sido elevado em função da adição dos tratamentos e chegando a 6,83 (Tabela 16). Os valores assemelham-se aos encontrados por Barros et al. (2010), que observaram pH de 6,4 a 7,0 em solo tratado com vinhaça. O aumento de pH ainda foi relatado por Guedes (2005) mediante aplicação de doses sucessivas de lodo de esgoto ao solo.

De acordo com Rodella et al. (1983), os efeitos de elevação do pH do solo podem ser efêmeros, podendo retornar aos valores originais, após determinado período de tempo. Segundo Silva e Ribeiro (1998), o pH dos solos tratados com vinhaça aumenta,

principalmente em áreas cultivadas há mais tempo. Todavia, nos primeiros dez dias após a aplicação, o pH pode sofrer redução considerável, para posterior elevação, podendo alcançar valores superiores a 7.0 (BARROS et al., 2010).

Com os tratamentos aplicados observou-se uma queda na acidez potencial ($H + Al$, $6,27 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$), quando comparado ao solo não tratado ($8,7 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Esta redução nos valores de $H + Al$, associada ao aumento do pH pode ser atribuída à neutralização direta dos íons H^+ adsorvidos da fase sólida pelos íons OH^- do solo (QUAGGIO, 2000).

Houve aumento no teor de Na e no valor da CE com as doses de LPCB e da concentração da solução nutritiva, sendo observados inicialmente $0,3 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Na e $0,26 \text{ dS m}^{-1}$ na CE (Tabela 13), e depois $0,75 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Na e $0,51 \text{ dS m}^{-1}$ de CE (Tabela 16). É importante ressaltar que a presença de determinados sais podem agravar a magnitude do problema de escassez de água na planta. De acordo com Silva et al. (2002) a bananeira apresenta bom desenvolvimento em solo com CE até 1 dS m^{-1} , podendo haver redução da produção e acima deste valor. Segundo esses autores, o aumento da CE, até o limite tolerado pela bananeira, favorece o melhor desenvolvimento das raízes e aumenta seu potencial de absorção de água e nutrientes.

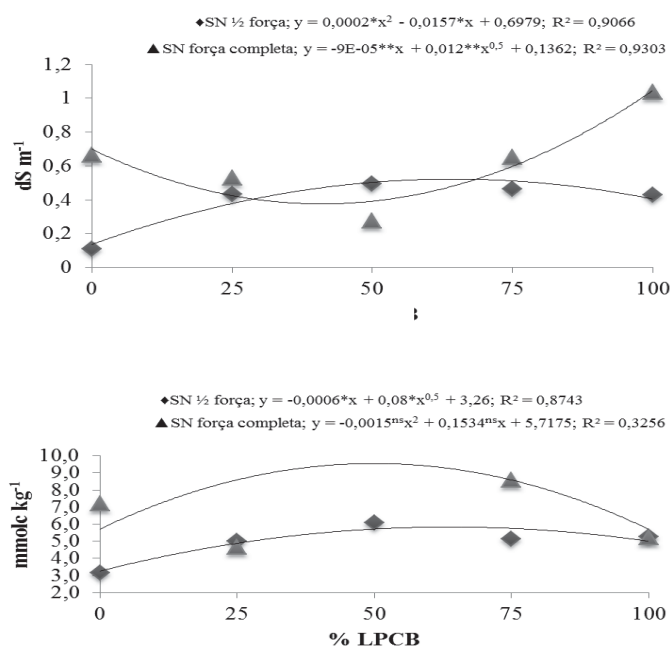


Figura 7. Valores médios de CE e $H + Al$ do solo na camada de 0-10 cm de solo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

Tabela 13. Características químicas do solo no Campo Experimental da Embrapa, em Paraipaba, antes da montagem de colunas de solo.

Horizonte (cm)	Características																
	pH	MO	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	H+Al	CTC	V	P	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	.....	g kg ⁻¹	dS m ⁻¹	.....	.....	.....	mmol _c kg ⁻¹	.....	.....	.....	%	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ap (0-16)	6,1	27,4	0,26	33,5	15,2	1,3	0,3	50,4	8,7	59,1	85,2	2,1	2,3	ND	0,5	6,7	0,9
A2 (16-48)	6,3	6,6	0,10	12,4	3,3	1,1	0,3	17,1	11,2	28,3	60,4	0,5	2,3	ND	1,3	1,0	ND
AB (48-102)	6,2	5,3	0,12	9,4	3,0	1,2	0,3	13,9	12,0	26,0	53,6	0,5	2,3	ND	2,2	0,2	ND
BA (102-114)	6,0	6,6	0,08	6,2	4,4	1,1	0,3	12,0	13,7	25,7	46,7	0,5	2,3	ND	2,2	0,2	ND
Bt1 (114-134)	6,0	5,8	0,08	5,1	9,7	0,9	0,3	16,1	26,9	43,0	37,4	0,5	2,3	ND	1,2	0,3	ND
Bt2(134-175+)	5,6	4,9	0,09	4,5	11,5	0,9	0,4	17,3	22,8	40,1	43,2	0,5	2,3	ND	0,5	0,1	ND

ND: não detectado

Tabela 14. Valores de F para características químicas do solo na camada de 0–10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

Varição	G.L.	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H+Al
Bloco	4	4,82 ^{**}	0,17 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,46 ^{ns}	4,12 ^{**}	1,45 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,79 ^{ns}	1,69 ^{ns}
SN	1	4,04 ^{**}	5,58 [*]	0,02 ^{ns}	1,00 ^{ns}	22,48 ^{***}	19,38 ^{***}	1,99 ^{ns}	7,11 [*]	5,62 ^{ns}	8,41 ^{**}
LPCB	4	1,20 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,94 ^{ns}	1,81 ^{ns}	6,53 ^{***}	3,04 [*]	1,41 ^{ns}	3,44 [*]	1,79 ^{ns}	3,18 [*]
SNxLPCB	4	5,98 ^{***}	0,53 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,88 ^{ns}	3,04 [*]	0,93 ^{ns}	0,82 ^{ns}	2,11 ^{ns}	1,91 ^{ns}
CV (%)	-	2,19	55,80	26,95	19,60	52,09	16,53	18,26	18,11	9,15	52,55

*, **, *** e ^{ns} Significativo a 5%, a 1% e a 0,1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 15. Valores médios de pH e Na do solo na camada de 0-10 cm após 68 dias da aplicação de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

% LPCB	pH			Na		
	SN ½ força	SN completa	SN completa	SN ½ força	SN completa	SN completa
0	6,66 Ba	6,76 Aa	0,64 Aa	0,76 ABa		
25	6,90 ABa	6,62 Ab	0,68 Ab	0,92 ABa		
50	6,70 Ba	6,74 Aa	0,70 Aa	0,64 Ba		
75	7,02 ABa	6,64 Ab	0,64 Ab	0,94 ABa		
100	6,66 Ba	6,76 Aa	0,74 Ab	0,92 ABa		
CV (%)	2,19			16,53		

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 16. Valores médios de características físico-químicas do solo na camada de 0-10 cm em função das doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	pH	CE - dS m ⁻¹	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H + AI
mmolc kg ⁻¹										
0	6,71	0,387	17,39	7,37	3,53	0,70	28,99	34,15	85,04	5,16
25	6,76	0,481	8,93	6,97	1,33	0,80	26,95	31,78	85,62	4,83
50	6,72	0,384	20,62	7,61	2,55	0,67	31,45	40,74	77,67	9,29
75	6,83	0,557	17,30	7,31	4,87	0,79	30,22	37,13	82,41	6,86
100	6,71	0,733	16,93	6,10	3,15	0,83	27,01	18,27	84,28	5,23
SN										
½ força	6,79	0,386	17,92	7,27	2,01	0,68	27,88	27,22	85,55	4,92
Completa	6,70	0,631	14,54	6,88	4,16	0,89	29,97	37,62	80,46	7,63

Na camada de 10-20 cm das colunas com solo, o valor da SB foi significativamente afetado pela concentração de solução nutritiva, enquanto o teor de Na e valores V e H + Al foram afetados pelas doses de LPCB, o teor de K e a CTC pela concentração de solução nutritiva e pelas doses de LPCB. Para o teor de K e valor V houve interação dos fatores estudados (Tabelas 17 e 18).

Entre as profundidades avaliadas, o K concentrou-se mais nas camadas superficiais com tendência a queda ao longo do perfil do solo. Essa variação já era nítida na camada de 0-10 cm (1,33 a 4,87 mmol_c kg⁻¹) (Tabela 16) e com valores inferiores na camada de 10-20 cm (0,76 a 2,68 mmol_c kg⁻¹) (Tabela 19). Assim, pode-se inferir que a aplicação de LPCB resulta no acúmulo de K nas camadas superficiais. Tal comportamento já tinha sido observado anteriormente num solo fertirrigado com vinhaça (BARROS et al., 2010).

Tabela 17. Valores de F para características físico-químicas do solo na camada de 10–20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

F.V.	G.L.	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H+Al
Bloco	4	0,47 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,86 ^{ns}	9,28 ^{***}	4,67 ^{**}	1,66 ^{ns}	1,19 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,26 ^{ns}
SN	1	1,92 ^{ns}	2,55 ^{ns}	3,57 ^{ns}	1,77 ^{ns}	59,80 ^{***}	4,14 ^{ns}	14,88 ^{**}	17,38 ^{***}	0,05 ^{ns}	1,96 ^{ns}
LPCB	4	1,15 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,38 ^{ns}	10,89 ^{***}	3,29 [*]	0,15 ^{ns}	3,53 [*]	4,03 ^{**}	4,28 ^{**}
SNxLPCB	4	1,73 ^{ns}	0,50 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,75 ^{ns}	10,34 ^{***}	1,43 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,50 ^{ns}	3,49 [*]	2,58 ^{ns}
CV (%)	-	2,98	72,14	27,17	15,76	35,08	21,06	15,61	15,78	9,95	63,15

*, **, *** e ^{ns} Significativo a 5%, a 1% e a 0,1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 18. Valores médios de K e V na camada de 10-20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

% LPCB	K		V	
	SN ½ força	SN completa	SN ½ força	SN completa
0	1,08 Bb	3,58 ABCa	88,86 Aa	76,71 ABb
25	0,40 Ba	1,12 Ca	76,15 Aa	86,13 ABa
50	1,08 Bb	3,72 ABCa	74,79 Aa	70,41 Ba
75	2,98 Aa	2,38 BCa	85,66 Aa	80,88 ABa
100	1,06 Bb	4,02 ABa	81,77 Aa	90,55 ABa
CV (%)	2,98		9,95	

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 19. Valores médios de características físico-químicas do solo na camada de 10–20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	pH	CE dS m ⁻¹	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H + Al
			mmol _c kg ⁻¹							
0	6,46	0,29	13,90	6,65	2,33	0,97	23,35	16,97	82,78	5,12
25	6,48	0,38	15,63	6,96	0,76	0,63	23,98	29,41	81,14	5,43
50	6,37	0,38	14,45	7,01	2,40	0,52	24,38	34,43	72,60	10,05
75	6,50	0,40	12,97	7,57	2,68	0,54	23,26	28,18	83,27	4,92
100	6,36	0,53	13,99	6,52	2,54	0,48	23,76	27,56	86,16	3,80
SN										
½ força	6,47	0,31	13,11	6,74	1,32	0,76	21,72	22,25	81,45	5,13
Completa	6,40	0,48	15,07	7,15	2,96	0,50	25,77	32,36	80,93	6,59

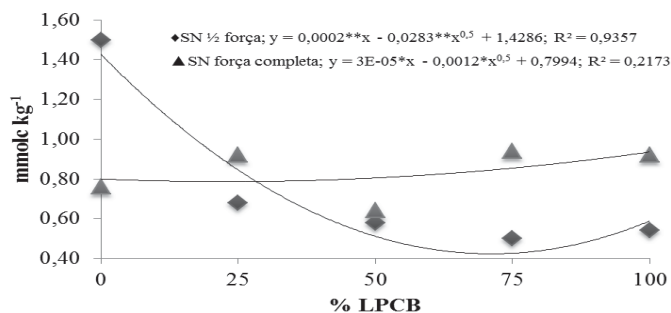


Figura 8. Teor médio de Na do solo na camada de 10-20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

Na camada de 20-30 cm das colunas com solo a concentração da solução nutritiva influenciou pH, Ca, Mg, SB e valor V. Os valores de K, CTC e H + Al foram afetados pelas concentrações de solução nutritiva e pelas doses de LPCB. Ainda houve interação dos fatores para pH, Ca, K, SB, CTC, V e H + Al. A CE e o teor de Na nessa camada não foram afetados em decorrência dos tratamentos (Tabela 20). Destaca-se que nas características em que houve diferenças ocorreu comportamento quadrático com as doses de LPCB e ou aplicação da solução nutritiva a uma força (Figura 9).

O teor de K foi reduzido de 4,87 mmol_c kg⁻¹ na camada de 0-10 cm (Tabela 16) para 2,68 mmol_c kg⁻¹ na de 10-20 cm (Tabela 19) e 1,62 mmol_c kg⁻¹ na camada de 20-30 cm (Tabela 22). Já, nas partes aéreas das plantas detectou-se 48,654 g kg⁻¹ (Tabela 10) e nas raízes 39,482 g kg⁻¹ (Tabela 12). Estes resultados corroboram com as observações feitas por Araújo et al. (2003).

Outro elemento com significativa queda ao longo do perfil foi Ca, sendo que na camada 10-20 cm foi observado de 12,97 a 15,63 mmol_c kg⁻¹ (Tabela 17) e na de 20-30 cm o teor variou de 9,07 a 9,74 mmol_c kg⁻¹ (Tabela 19). O mesmo comportamento foi observado por De Maria et al. (1993) ao estudarem o movimento de cátions ao longo de colunas de solo. Esses autores relataram que ocorria baixa mobilidade do elemento no solo.

O valor de SB foi afetado pela interação dos fatores, variando de 15,08 a 17,52 mmol_c kg⁻¹ (Tabela 23). Tendo este parâmetro decrescido em relação à camada inferior, momento em que variava entre 23,26 a 24,38 mmol_c kg⁻¹ (Tabela 20). Esperava-se esse

comportamento, já que houve variações nos elementos K e Ca, tendo ocorrido uma dependência em relação ao pH, que notadamente foi alterado em função da aplicação do LPCB.

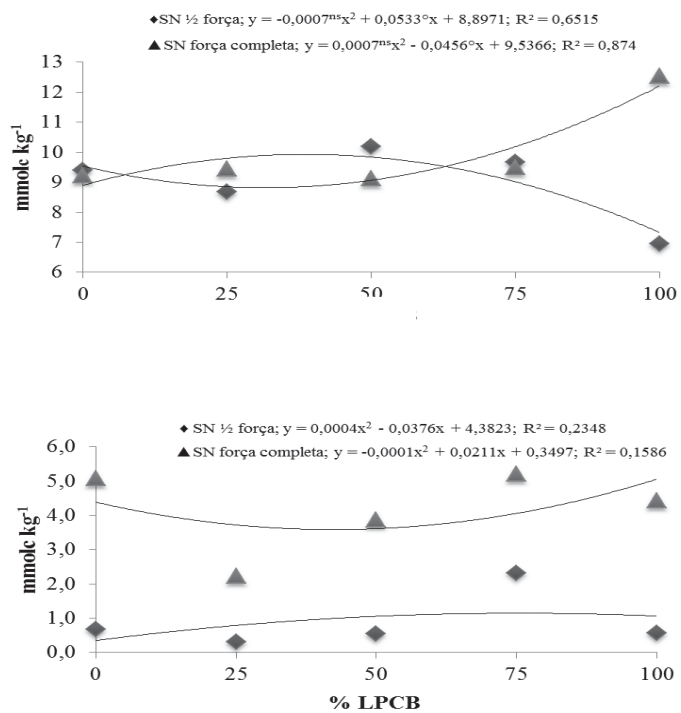


Figura 9. Teores médios de Ca, K do solo na camada de 20-30 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

Tabela 20. Valores de F para características físico-químicas do solo na camada de 20–30 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

F.V.	G.L.	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H+Al
Bloco	4	1,30 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,98 ^{ns}	8,07 ^{***}	1,54 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,86 ^{ns}	2,25 ^{ns}	1,91 ^{ns}
SN	1	12,62 ^{**}	1,74 ^{ns}	4,02 [*]	18,74 ^{***}	19,99 ^{***}	0,02 ^{ns}	15,73 ^{***}	24,70 ^{***}	3,86 [*]	10,10 ^{**}
LPCB	4	0,30 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,90 ^{ns}	7,06 ^{***}	1,71 ^{ns}	1,30 ^{ns}	4,57 ^{**}	1,48 ^{ns}	4,57 ^{**}
SNxLPCB	4	4,37 ^{**}	0,61 ^{ns}	5,77 ^{**}	2,47 ^{ns}	13,70 ^{***}	1,00 ^{ns}	5,66 ^{**}	4,40 [*]	5,09 ^{**}	5,27 ^{**}
CV (%)	-	2,96	68,84	18,46	19,20	46,27	21,95	16,07	20,17	14,79	59,19

*, **, *** e ^{ns} Significativo a 5%, a 1% e a 0,1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 21. Valores médios de pH, Ca, K, SB, CTC, V e H + Al na camada de 20-30 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

%LPCB	pH			Ca			K			SB			CTC			V			H + Al								
	½ força	completa	completa	½ força	completa	completa	½ força	completa	completa	½ força	completa	completa	½ força	completa	completa	½ força	completa	completa	½ força	completa	completa						
0	6,40Aa	6,06ABb	9,40ABa	0,68Bb	2,20ABa	15,94ABa	17,40ABa	19,37Aa	23,94Ba	81,48Aa	72,47ABa	3,43Aa	6,53Ba	6,20Aa	6,26ABa	8,68ABa	9,46ABa	0,30Ba	0,54Ca	14,00ABa	16,16Ba	21,00Aa	20,88Ba	68,91Aa	78,29ABa	7,00Aa	4,72Ba
25	6,38Aa	5,98Bb	10,18ABa	0,54Bb	2,50ABa	16,14ABa	18,28ABa	21,09Ab	36,79Aa	79,73Aa	53,14Bb	4,95Ab	18,51Aa	6,22Aa	6,32ABa	9,68ABa	9,50ABa	2,32Aa	0,92BCb	17,84ABa	17,84ABa	23,09Aa	26,01Ba	79,56Aa	66,35ABa	5,25Aa	8,81Ba
100	6,40Aa	6,05ABb	6,94Bb	0,56Bb	1,88ABCa	22,14ABa	12,18Bb	17,10Ab	27,62Ba	71,58Aa	80,88ABa	4,92Aa	5,48Ba	CV (%)	2,96	18,46	46,27	16,07	20,17	14,79	59,19						

* Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 22. Teores médios das características físico-químicas na camada de 20–30 cm nas colunas de solo em função das doses de LPCB e concentração de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	pH	CE - dS m ⁻¹	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H + Al
							mmolc.kg ⁻¹			
0	6,23	0,31	9,31	5,49	1,44	0,48	16,67	21,65	76,97	4,98
25	6,23	0,39	9,07	5,05	0,42	0,54	15,08	20,94	73,60	5,86
50	6,18	0,38	9,65	5,53	1,52	0,51	17,21	28,94	66,44	11,73
75	6,27	0,34	9,59	5,87	1,62	0,44	17,52	24,55	72,95	7,03
100	6,23	0,54	9,74	5,76	1,22	0,44	17,16	22,36	76,23	5,20
SN										
1/2 força	6,32	0,33	8,98	4,88	0,88	0,48	15,22	20,33	76,25	5,11
Completa	6,13	0,46	9,97	6,18	1,61	0,48	18,24	27,05	70,23	8,81

Na camada de 30-40 cm das colunas com solo, valores de CTC e H + Al foram afetados pela concentração da solução nutritiva e pelas doses de LPCB. Observou-se ainda uma interação destes fatores sobre pH, Ca, Mg e SB (Tabela 20). Com exceção do pH, tais características apresentaram comportamento quadrático em relação as doses de LPCB, e foram superiores quando se aplicou solução nutritiva completa (Figura 10).

Com aplicação de doses de LPCB e soluções nutritivas o solo de camadas inferiores ficou mais ácido. Na camada de 0-10 cm o pH variou de 6,71 a 6,83 (Tabela 16), na de 10-20 cm estes valores caíram para 6,36 a 6,50 (Tabela 19), na de 20-30 cm os valores foram de 6,18 a 6,27 (Tabela 22) e na camada 30-40 cm, foram da ordem de 5,83 a 6,11 (Tabela 25). Barros et al. (2010) atribuíram à atividade microbiana o solo menos ácido, após este ter recebido resíduos agroindustriais. A adição de resíduos ou efluente agroindustrial com características alcalinas atua na correção do pH devido às características intrínsecas do resíduo e não por transformações ocorridas no solo, proporcionando transformações sistema solo como maior disponibilidade de P, elevação da SB, CTC e V% do solo (BARBOSA et al., 2008).

Nesta camada de 20 a 30 cm notou-se uma interação dos fatores no tocante ao Mg. Houve decréscimo no teor do elemento ao longo do perfil, indicando pouca mobilidade no solo. A tendência de queda de Mg também foi observado por Barros et al. (2010), mediante aplicação de vinhaça.

Tabela 23. Valores de F para características físico-químicas do solo na camada de 30–40 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

F.V.	G.L.	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H+Al
Bloco	4	7,42 ^{***}	0,14 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,92 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,80 ^{ns}
SN	1	20,08 ^{***}	0,81 ^{ns}	2,14 ^{ns}	27,85 ^{***}	1,37 ^{ns}	1,75 ^{ns}	11,11 ^{**}	39,25 ^{***}	4,49 ^{ns}	13,26 ^{**}
LPCB	4	0,82 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,67 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,43 ^{ns}	7,85 ^{***}	3,70 ^{ns}	6,46 ^{**}
SNxLPCB	4	5,44 ^{**}	0,50 ^{ns}	2,85 [*]	5,67 ^{**}	1,53 ^{ns}	1,41 ^{ns}	5,00 ^{**}	0,66 ^{ns}	0,62 ^{ns}	7,07 ^{***}
CV (%)	-	2,39	76,11	20,84	17,54	85,56	25,87	16,25	16,40	15,63	56,16

^{*}, ^{**}, ^{***} e ^{ns} Significativo a 5%, a 1% e a 0,1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 24. Valores médios de pH, Ca, Mg, SB, e H + Al na camada de 30–40 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

%LPCB	pH			Ca			Mg			SB			H + Al			
	1/2força	completa	SN	1/2força	completa	SN	1/2força	completa	SN	1/2força	completa	SN	1/2força	completa	SN	
0	6,30ABa	5,92Ab	8,84Aa	8,30Aa	4,40Ab	5,84Aa	14,18Aa	15,88ABa	3,10Aa	7,62Ba	7,79Aa	4,92Aa	5,45Ab	20,30Aa	5,08Ab	11,29Ba
25	6,04ABa	6,00Aa	9,10Aa	8,02Aa	5,62Aa	5,60Aa	15,68Aa	14,62Ba	12,96Ab	18,18ABa	16,12Aa	15,28ABa	12,90Ab	19,80ABa	4,98Aa	3,76Ba
50	6,24ABa	5,94Ab	8,02Aa	9,80Aa	3,96Ab	6,88Aa	12,96Ab	18,18ABa	16,12Aa	15,28ABa	12,90Ab	19,80ABa	4,98Aa	3,76Ba	4,98Aa	3,76Ba
75	5,96Ba	6,08Aa	5,80Aa	8,76Aa	5,70Aa	5,70Aa	16,12Aa	15,28ABa	12,90Ab	19,80ABa	4,98Aa	3,76Ba	4,98Aa	3,76Ba	4,98Aa	3,76Ba
100	6,24ABa	5,92Ab	6,92Ab	10,56Aa	4,42Ab	7,34Aa	12,90Ab	19,80ABa	4,98Aa	3,76Ba	4,98Aa	3,76Ba	4,98Aa	3,76Ba	4,98Aa	3,76Ba
CV (%)	2,39		20,84		17,54		16,25		16,25		16,25		16,25		16,25	

^{*}Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 25 Valores de características físico-químicas na camada de 30–40 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	pH	CE dS m ⁻¹	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H + Al	
		mmol _c kg ⁻¹								
0	6,11	0,31	8,57	5,12	0,86	0,48	15,03	21,89	74,63	5,36	
25	6,02	0,48	8,56	5,61	0,44	0,54	15,15	21,50	70,96	6,35	
50	6,09	0,36	8,91	5,42	0,71	0,53	15,57	28,44	61,11	12,87	
75	6,02	0,35	8,78	5,70	0,80	0,42	15,70	23,88	67,73	8,18	
100	5,83	0,58	8,74	5,88	1,22	0,51	16,35	22,22	78,70	4,37	
SN											
½força	6,16	0,36	8,34	4,82	0,69	0,52	14,37	19,65	73,94	5,28	
Completa	5,87	0,47	0,09	6,27	0,92	0,47	16,75	27,53	67,32	9,58	

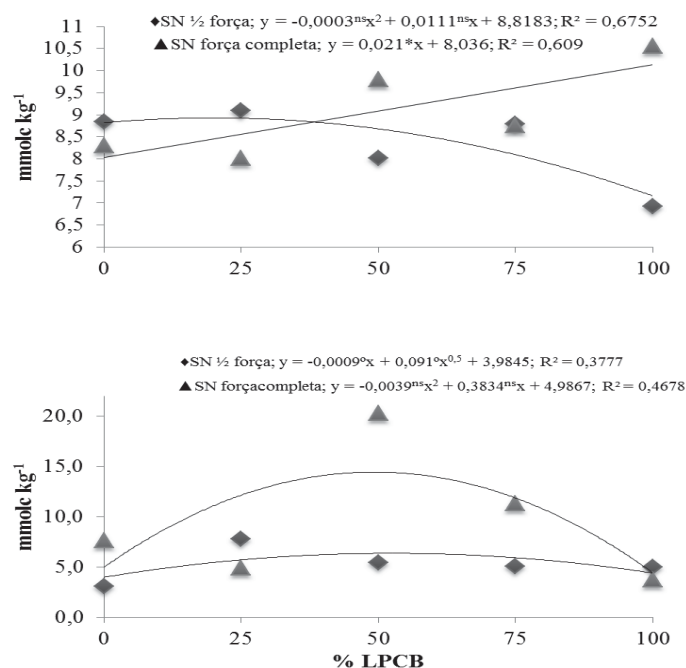


Figura 10. Teores médios de Ca e H + Al do solo na camada de 30-40 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).

Na camada de 40-60 cm das colunas com solo a CTC e a acidez potencial foi afetado pela concentração da solução nutritiva e pelas doses de LPCB, enquanto os valores de pH, Mg, Na, SB e V não sofreram influência dos tratamentos aplicados (Tabela 26). Os teores de Mg, SB, CTC e H + Al apresentaram comportamento quadrático negativo com o aumento de doses de LPCB, e aplicação da solução nutritiva a uma força foi superior. Já, os valores de pH e Na comportaram-se de forma divergente para as combinações de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva, e em ambos os casos a equação de regressão mostrou comportamento quadrático negativo para concentração de solução nutritiva a meia força e comportamento quadrático positivo para solução a uma força (Figura 11).

A acidez potencial desta camada de 40 a 60 cm foi reduzida em relação à anterior (30 a 40 cm) (Tabela 25). Por sua vez, os teores observados variaram de 4,34 a 7,71 mmolc kg⁻¹ (Tabela 28). Barros et al. (2010) observaram aumento de CTC ao adicionar vinhaça ao solo cultivado com bananeiras e atribuíram-na ao aporte de matéria

orgânica contida no resíduo. Os resultados obtidos por Falkiner e Smith (1997) também foram contraditórios, sendo que eles observaram aumento da CTC de um solo cultivado com espécies florestais submetido à adubações com lodo de esgoto, e tal fato foi atribuído à substituição de íons H^+ na superfície das argilas devido à adição de Ca, Mg, K, Na e HCO_3^- pela adição do resíduo

Tabela 26. Valores de F para características físico-químicas do solo na camada de 40–60 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

F.V.	G.L.	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H+Al
Bloco	4	3,47*	0,16 ^{ns}	2,26 ^{ns}	5,87*	0,89 ^{ns}	1,72 ^{ns}	2,98*	1,78 ^{ns}	3,70*	2,17 ^{ns}
SN	1	5,82*	0,51 ^{ns}	0,68 ^{ns}	24,53***	1,89 ^{ns}	2,74 ^{ns}	4,52*	9,82*	1,80 ^{ns}	7,64*
LPCB	4	1,95 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,57 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,70 ^{ns}	3,32*	2,41 ^{ns}	4,10*
SNxLPCB	4	11,37***	0,38 ^{ns}	1,75 ^{ns}	8,47***	0,83 ^{ns}	7,19***	3,27*	2,70*	8,87***	6,27***
CV (%)	-	3,02	82,59	29,05	16,33	72,13	26,35	21,20	18,93	10,70	34,21

*, **, *** e ^{ns} Significativo a 5%, a 1% e a 0,1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 27. Valores médios de pH, Mg, Na, SB, CTC, V e H + Al na camada de 40-60 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

%LPCB	pH			Mg			Na			SB			CTC			V			H + Al																																								
	1/2força	completa	5,66Bb	1/2força	completa	5,76ABa	1/2força	completa	0,40Ba	1/2força	completa	12,38Aa	1/2força	completa	14,40Ba	1/2força	completa	15,61Bb	1/2força	completa	21,92ABa	1/2força	completa	66,11Bb	1/2força	completa	79,36ABCa	1/2força	completa	73,22ABCa	1/2força	completa	72,81ABa	1/2força	completa	70,82ABCa	1/2força	completa	64,18Ca	1/2força	completa	72,81ABa	1/2força	completa	82,63ABCa	1/2força	completa	59,57Bb	1/2força	completa	82,35ABa	1/2força	completa	4,59ABCa	1/2força	completa	4,09Ba	1/2força	completa
0	6,18ABa	5,66Bb	5,97ABa	4,12Bb	5,76ABa	5,28Ba	0,40Ba	0,56Aa	0,76ABa	0,36Ab	16,24Aa	15,30ABa	24,23ABa	21,27Ba	20,76ABb	28,95ABa	20,15ABa	24,45ABa	18,91ABa	21,31Ba	18,93	10,70	34,21																																				
25	5,68Bb	5,97ABa	5,72ABb	5,82ABa	5,28Ba	5,92ABa	0,76ABa	0,46Aa	0,48Ba	0,42Aa	13,30Ab	21,00ABa	20,76ABb	28,95ABa	16,26Aa	14,45Ba	14,32Aa	17,22ABa	21,20	18,93	10,70	34,21																																					
50	6,00ABa	5,72ABb	5,92ABa	4,40Bb	7,38ABa	5,52Ba	0,48Ba	0,46Aa	0,54ABa	0,42Aa	16,26Aa	14,45Ba	20,15ABa	24,45ABa	14,32Aa	17,22ABa	21,20	18,93	10,70	34,21																																							
75	5,74Bb	6,02ABa	5,84ABb	5,92ABa	5,52Ba	5,52Ba	0,40Ba	0,48Aa	0,40Ba	0,48Aa	14,32Aa	17,22ABa	21,20	18,93	10,70	34,21																																											
100	6,22ABa	5,84ABb	5,84ABb	4,04Bb	6,64ABa	4,04Bb	0,40Ba	0,48Aa	0,40Ba	0,48Aa	14,32Aa	17,22ABa	21,20	18,93	10,70	34,21																																											
CV (%)	3,02	16,33	26,35	21,20	18,93	10,70	34,21																																																				

* Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 28. Valores médios de características físico-químicas do solo na camada de 40–60 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	pH	CE dS m ⁻¹	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	H + AI
	-		.....mmolc.kg ⁻¹	.....mmolc.kg ⁻¹	.....mmolc.kg ⁻¹	.....mmolc.kg ⁻¹	.....mmolc.kg ⁻¹	.....mmolc.kg ⁻¹	.....mmolc.kg ⁻¹	.....mmolc.kg ⁻¹
0	5,92	0,27	7,40	4,94	0,57	0,48	13,39	18,77	72,73	5,38
25	8,83	0,59	9,23	5,55	0,43	0,56	15,77	13,18	68,83	6,98
50	5,86	0,42	10,07	5,89	0,72	0,47	17,15	24,86	68,50	7,71
75	5,88	0,37	8,43	5,72	0,73	0,48	15,36	22,30	71,10	6,95
100	6,03	0,46	9,30	5,34	0,69	0,44	15,77	20,11	77,78	4,34
SN										
½força	5,96	0,38	8,58	4,86	0,54	0,52	14,50	19,93	73,25	5,43
Completa	5,84	0,47	9,19	6,12	0,72	0,46	16,47	19,75	70,33	7,11

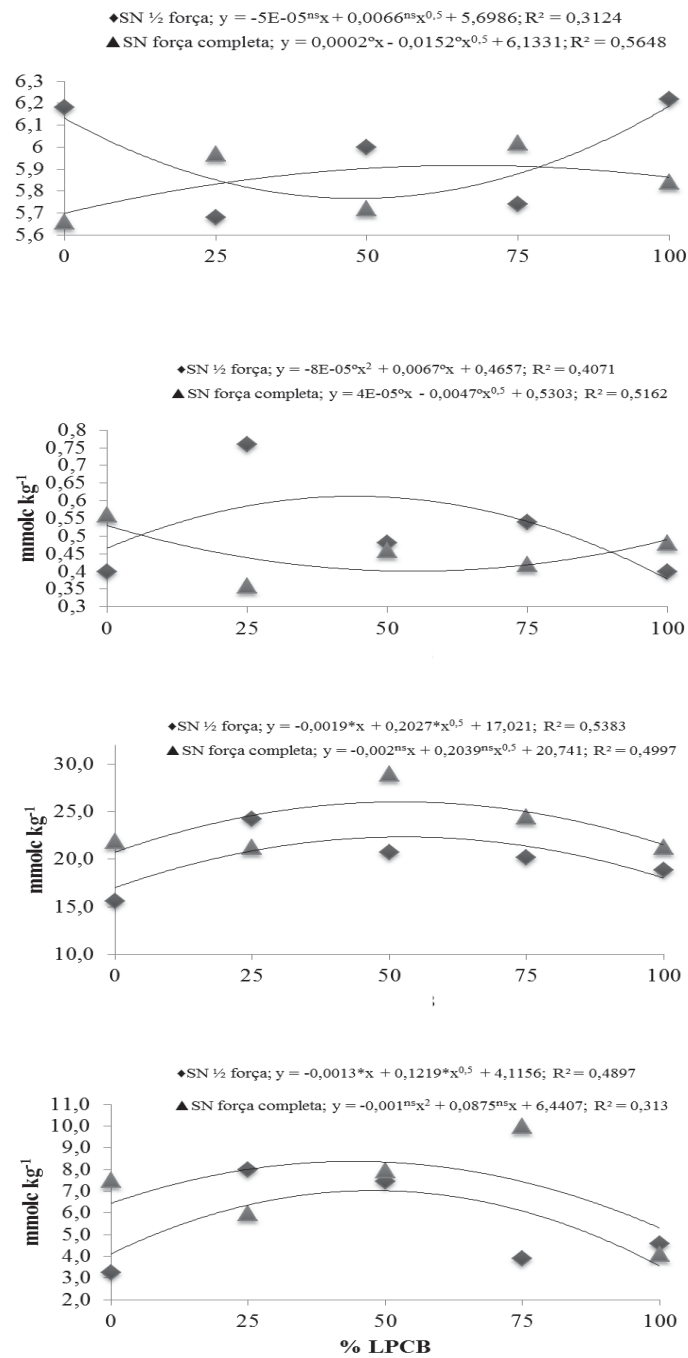


Figura 11. Valores médios de pH, Na, CTC e H + Al do solo na camada de 40-60 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

4.5. Composição química da solução lixiviada

Observou-se na solução lixiviada alteração no teor de potássio para todos os fatores analisados, enquanto o pH foi influenciado pela interação de doses de LPCB e das concentrações de solução nutritiva. O Na e o NH_4 sofreram pela influência dos blocos e pela interação entre os fatores, já os valores de NO_3 e CE não foram afetados pelos tratamentos aplicados (Tabela 29).

O volume da solução lixiviada aumentou com as doses de LPCB (Figura 12), o que leva a sugerir que o LPCB influenciou na absorção e na transpiração das plantas. Destaca-se que não houve diferença significativa no valor relativo de água transpirada pelas folhas (Tabelas 3 e 5), porém os dados de biomassa fresca da parte aérea foram maiores no tratamento sem LPCB (Tabela 8). Isto leva a sugerir que havia maior área foliar das plantas nesse tratamento. Dias et al. (2005) observaram resultados semelhantes em tratamento controle sem salinidade para melão, onde detectaram proporcionalidade entre o consumo hídrico e variáveis de crescimento das plantas (altura e área foliar). Os autores enfatizaram que o estresse salino reduz o consumo de água, em consequência da redução do crescimento.

No presente trabalho observou-se menor teor de K no solo e nas plantas em relação à solução lixiviada. A menor mobilidade de K também foi observado por Donagemma et al. (2008), ao estudarem a distribuição de NH_4 , NO_3 , K e P e sua lixiviação em colunas de solo. A menor mobilidade do K no solo pode ser devido ao seu pequeno raio iônico hidratado. Este fato pode ser explicado através da lei de Coulomb, que mostra que a força de atração entre partículas de carga de sinal oposto, com os mesmos valores de carga, é inversamente proporcional ao quadrado da distância. Assim, o menor raio iônico hidratado indica menor distância e maior atração do K^+ pelo complexo de troca catiônica do solo, quando comparado ao NH_4 (GRIFFIOEN, 2001).

Tabela 29. Valores de F para volume, CE, pH, K, Na, NH₄ e NO₃ da solução lixiviada das colunas de solo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

F.V.	G.L.	Volume	CE	pH	K	Na	NH ₄	NO ₃
Bloco	4	5,25 ^{**}	4,08 ^{**}	6,31 ^{**}	2,15 ^v	10,73 ^{***}	6,27 ^{**}	0,80 ^{ns}
SN	1	0,63 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,06 ^{ns}	93,08 ^{***}	1,74 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,55 ^{ns}
LPCB	4	56,52 ^{***}	0,53 ^{ns}	3,32 [*]	18,10 ^{***}	1,56 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,88 ^{ns}
SNxLPCB	4	1,01 ^{ns}	1,05 ^{ns}	6,31 ^{ns}	9,49 ^{***}	3,68 [*]	2,70 [*]	0,79 ^{ns}
CV (%)	-	29,11	24,20	1,60	13,13	8,53	52,03	39,92

*, **, ***, ° e ^{ns} Significativo a 5%, a 1%, 0,1% e a 10% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 30. Valores médios de características físico-químicas da solução lixiviada das colunas de solo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	Volume mL	CE dS m ⁻¹	pH -	K .....mg L ⁻¹	Na .....mg L ⁻¹	NH ₄ .....mg L ⁻¹	NO ₃ .....mg L ⁻¹
0	176,5	0,492	7,76	0,359	0,477	0,873	13,119
25	359,5	0,491	7,73	0,376	0,559	1,126	11,387
50	529,0	0,554	7,87	0,488	0,583	1,196	11,992
75	837,5	0,512	7,87	0,519	0,445	0,862	15,424
100	1307,0	0,543	7,88	0,527	0,448	1,351	13,147
SN							
½força	621,0	0,503	7,83	0,372	0,519	1,002	11,840
Completa	662,8	0,533	7,82	0,535	0,486	1,161	14,187

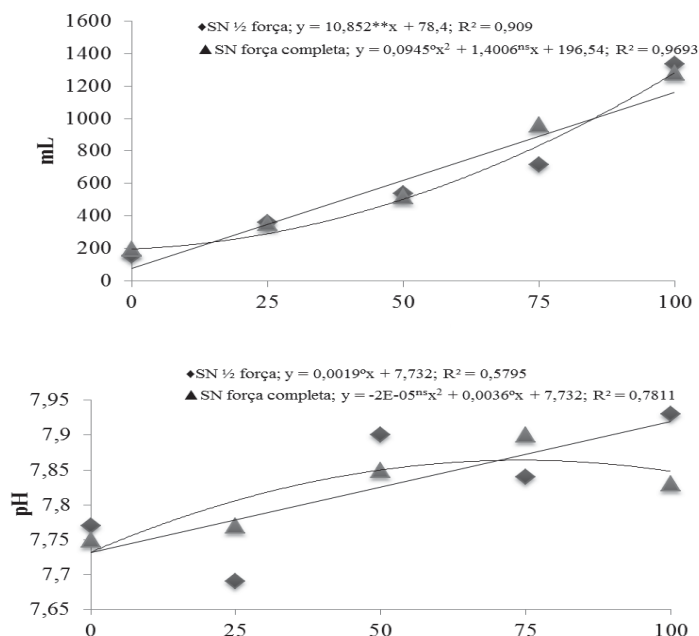


Figura 12. Valores médios de volume e pH da solução lixiviada das colunas de solo em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN).

4.6. Atributos microbiológicos do solo

A colonização de raízes presentes na camada de 0-10 cm por FMA foi afetada somente pela concentração de solução nutritiva, enquanto que outros parâmetros como BMS e qMIC diferiram em função da interação entre os fatores estudados (Tabela 31). Valores de RBS, qCO₂, CO e densidade de esporos de FMA não sofreram influência dos tratamentos aplicados. As equações de regressão foram significativas para colonização micorrízica, as quais aumentaram com o incremento das doses de LPCB (Figura 13).

As variações de BMS (103,045 a 155,946 mg C kg⁻¹) (Tabela 33) corroboram com as observações feitas por Sampaio et al. (2008), que encontraram 130 e 136 mg C kg⁻¹ na camada de 0-10 cm de solo cultivado com goiabeira e aceroleira, respectivamente. A biomassa microbiana representa de 1 a 5% (SPARLING, 1992) do C orgânico total do solo. Contudo, a razão entre BMS e CO abrange amplo espectro, variando de 0,27 a 7,0%, segundo revisão de Anderson e Domsch (1989). Esse amplo espectro é devido às

diferenças de tipo e manejo do solo, de épocas de amostragem e de métodos analíticos utilizados.

Observaram-se valores de 1,352 a 2,025 mg kg⁻¹ referente ao qMIC (Tabela 33), tendo em vista que o comportamento deste indicador foi crescente mediante a aplicação do LPCB com solução nutritiva de ½ força e decrescente quando a concentração da solução foi completa. O qMic vem sendo mencionado como um importante indicador da qualidade da matéria orgânica do solo, sendo que variações nesse atributo podem refletir variações de matéria orgânica no sistema, a eficiência de conversão do CO em BMS, perdas de C do solo e estabilização do CO pelas frações minerais do solo (TÓTOLA e CHAER, 2002).

Não houve diferenças no teor de CO para os tratamentos aplicados, provavelmente devido à perda de material orgânico do solo. Os resíduos orgânicos depositados no solo, após a decomposição, são essenciais no processo de adição e perda de C orgânico do solo (DORAN, 1980). Nos solos cultivados, a adição e a perda de C orgânico são influenciadas pelo manejo do solo. Parte do LPCB pode ter se concentrado em camada inferior do solo, ocasionando possivelmente uma redução na atividade de microrganismos, em razão da ampla variedade de compostos fenólicos derivados do pseudocaule da bananeira. Estes compostos, além das condições ácidas do solo e da qualidade da matéria orgânica disponível à microbiota exibem toxicidade a microbiota do solo (SIQUEIRA et al., 1991).

Tabela 31. Valores de F para RBS, BMS, qCO₂, CO, qMIC e esporos de FMA no solo e intensidade de colonização micorrízica na camada de 0–10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

F.V.	RBS	BMS	qCO ₂	CO	qMIC	Esp.FMA	Col. FMA
Bloco	2,06 ^{ns}	9,49 ^{**}	1,70 ^{ns}	0,82 ^{ns}	8,30 ^{**}	0,54 ^{ns}	2,43 ^{ns}
SN	0,09 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,15 ^{ns}	2,33 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,16 ^{ns}	4,64 [*]
LPCB	2,62 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,12 ^{ns}
SN x LPCB	0,79 ^{ns}	3,95 [*]	1,46 ^{ns}	1,01 ^{ns}	4,51 [*]	0,22 ^{ns}	0,67 ^{ns}
CV (%)	14,86	53,85	70,27	27,99	57,90	34,87	18,01

*, **, ***e ^{ns} Significativo a 5%, a 1% e a 0,1% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 32. Valores médios de BMS e quociente microbiano do solo na camada 0-10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

%LPCB	BMS		qMIC	
	SN			
	½força	completa	½força	completa
0	66,81Aa	139,28Aa	0,81Ba	1,90Aa
25	227,22Aa	58,76Ab	3,47Aba	0,58Ab
50	113,05Aa	171,41Aa	1,32Aba	2,01Aa
75	88,18Ab	223,71Aa	1,31Aba	2,47Aa
100	143,57Aa	114,30Aa	2,02Aba	1,25Aa
CV(%)	53,85		57,90	

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 33. Valores médios de características microbiológicas do solo na camada 0-10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	RBS mgCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹	BMS mgCkg ⁻¹	qCO ₂ mg g ⁻¹ h ⁻¹	CO mgCkg ⁻¹	qMIC mg kg ⁻¹	Esp.FMA Esp g ⁻¹	Col.FMA %
0	0,358	103,045	6,466	8142,2	1,352	1,65	81,66
25	0,421	142,991	5,272	8415,7	2,025	1,75	80,33
50	0,424	142,233	4,345	9597,8	1,664	1,29	91,66
75	0,457	155,946	3,992	8241,1	1,885	1,62	88,33
100	0,469	128,934	4,026	9256,8	1,635	1,43	95,00
SN							
½força	0,428	127,766	4,580	8050,1	1,785	1,65	82,00
Completa	0,423	141,493	5,060	9411,4	1,639	1,45	92,80

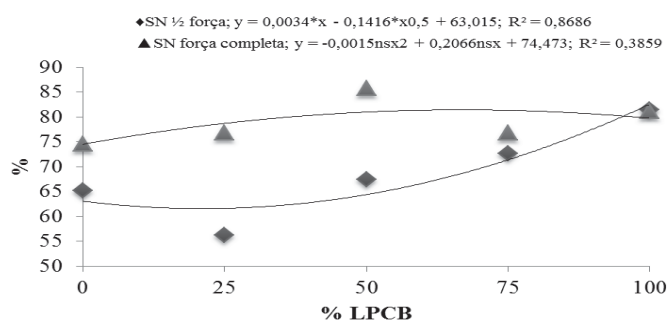


Figura 13. Valores médios de intensidade de colonização micorrízica na camada de 0-10 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

Na camada de 10-20 cm das colunas observou-se variação nos valores de RBS em razão das doses de LPCB. Por sua vez, BMS, qCO_2 , $qMIC$, densidade de esporos e colonização micorrízica não sofreram qualquer influência dos tratamentos aplicados (Tabela 35).

Houve uma redução nos valores de RBS e BMS na camada de 10 a 20 cm (Tabela 36) em comparação com a camada superior (Tabela 34). Este resultado evidencia uma queda da atividade microbiana em camadas sub-superficiais, e pode ser atribuída principalmente a presença de maior número e biomassa microbiana associada às raízes (Tabela 8). Resultados semelhantes foram observados por Fialho et al. (2006) em solo cultivado com bananeiras. A queda no valor de BMS no perfil do solo também foi observada por Simões et al. (2010).

A RBS variou de 0,193 a 0,233 $mg\ CO_2\ kg^{-1}h^{-1}$ (Tabela 35), e vale destacar que os valores de RBS descritos pela literatura são bastante variados. A quantidade de CO_2 emanado do solo por meio da RBS indica a intensidade com que os processos bioquímicos acontecem no ecossistema. Entretanto, a interpretação desses resultados deve ser feita com cuidado, uma vez que elevadas taxas de liberação de C- CO_2 no solo nem sempre indicam condições favoráveis. Isso significa num curto prazo maior disponibilidade de nutrientes para as plantas e, no longo prazo perda de CO do solo para atmosfera. Dessa forma, elevados valores de RBS podem indicar tanto situações de distúrbio quanto de alto nível de produtividade do sistema (ISLAM e WEIL, 2000a).

Ao propor o emprego do qCO_2 como variável ecofisiográfica da atividade específica da biomassa microbiana do solo, Anderson e Domsch (1985) predisseram que à medida que determinada população microbiana se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos C é perdido como CO_2 pela respiração e maior proporção de C é incorporada a microbiota edáfica. Menores valores de qCO_2 indicam agroecossistemas mais estáveis (MOREIRA e MALAVOLTA, 2004).

Tabela 34. Valores de F para RBS, BMS, qCO₂, CO, qMIC e esporos de FMA no solo e intensidade de colonização micorrízica na camada de 10–20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

F.V.	RBS	BMS	qCO ₂	CO	qMIC	Esp.FMA	Col.FMA
Bloco	6,15 ^{**}	0,44 ^{ns}	5,40 [*]	1,81 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,00 ^{ns}
SN	2,90 ^o	0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,87 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,86 ^{ns}	3,23 ^o
LPCB	3,11 [*]	0,15 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,78 ^{ns}
SN x LPCB	1,82 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,60 ^{ns}
CV (%)	11,51	47,86	63,73	36,85	80,55	37,29	23,46

*, **, ***, ^o e ^{ns} Significativo a 5%, a 1%, a 0,1% e a 10% de probabilidade pelo teste F e não significativo.

Tabela 35. Valores médios de características microbiológicas do solo na camada 10-20 cm em função de doses de LPCB e concentrações de solução nutritiva (SN)

LPCB (%)	RBS mgCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹	BMS mgCkg ⁻¹	qCO ₂ mg g ⁻¹ h ⁻¹	CO mgCkg ⁻¹	qMIC mg kg ⁻¹	Esp.FMA Esp g ⁻¹	Col.FMA %
0	0,205	55,962	3,645	7090,7	0,854	1,505	80,83
25	0,193	58,978	4,044	5066,9	1,261	1,445	79,66
50	0,228	52,443	5,921	5494,5	1,148	1,273	86,66
75	0,231	63,530	4,038	5148,3	1,291	1,207	73,83
100	0,233	54,334	4,504	6989,9	1,167	1,120	95,00
SN							
½força	0,225	55,095	4,561	5409,8	1,137	1,227	78,66
Completa	0,210	59,004	4,299	6506,1	1,151	1,392	87,73

A atividade micorrízica aumentou com a aplicação do LPCB. Não houveram diferenças significativas com o aumento do LPCB, nem mediante a diferença de concentração da solução nutritiva. Entretanto, ao comparar o solo anterior a aplicação dos tratamentos, observa-se na camada 0-10 cm que o resíduo propiciou perda de 27.400 mg de CO kg⁻¹. Tal redução pode estar associada à falta de deposição de resíduos orgânicos na camada superficial das colunas de solo.

Almeida (1953) citado por Santos et al. (2009) relatou que a adubação orgânica com vinhaça interferia nas populações de FMA, provavelmente devido à elevação da fertilidade do solo. O autor cita ainda que a ação desses fungos do solo sobre a matéria orgânica é motivada pelo aumento do pH do solo, devido a aplicação de resíduo. A adição

de nutrientes, seja mineral, seja de forma orgânica, favorece o desenvolvimento microbiano de forma direta, pelo aumento do pH e pela disponibilidade de nutrientes às células dos microrganismos. A maior produção vegetal acarreta um aumento da atividade rizosférica e os resíduos orgânicos adicionados ao solo influenciam de forma indireta o crescimento microbiano (PEREZ et al., 2004).

5. CONCLUSÃO

O LPCB promove alterações na fisiologia das plantas, bem como sobre aspectos químicos e microbiológicos do solo. A sua adição ao solo proporciona elevação na taxa fotossintética e condutividade estomática, em detrimento da diminuição no teor de clorofila nas folhas e reduz o crescimento das mudas de bananeira Prata Anã.

Aplicação de LPCB favorece o acúmulo de Na nas bananeiras. Nas camadas superficiais do solo acumularam-se Ca, Mg, K e Na, tendo seus teores reduzidos com o aprofundamento do solo, como consequência, também ocorreu a redução do pH, sendo este novamente estabelecido na solução lixiviada. O volume perdido nas colunas foi maior quando as doses de LPCB foram aumentadas, atrelado ao aumento da CE, NH_4 , NO_3 , K e Na.

O aumento da atividade microbiana foi notório, o que ocorreu devido a elevada qualidade nutricional do LPCB, especialmente na camada de 0-10 cm de solo nas colunas.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.P. **Interferência dos fungos na adubação do solo pela vinhaça**. Boletim nº 5 do Instituto Zimotécnico da ESALQ, Piracicaba, SP, 9pp, 1953.

ÁLVARES, M.C. e CAUDAS, L. S. Crescimento, produção e variação somaclonal em bananeiras micropropagadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.415-420, 2002.

ALVES, E. J. **A cultura da banana: Aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**, 2.ed., ver. – Brasília: EMBRAPA – SPI/Cruz das Almas, 585p, 1999.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in dormant state. **Biology Fertility Soils**, Berlin, v.1, n.1, p.81-89, 1985.

ANDERSON, T.-H.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biol. Biochem.**, v.21, p.471-479, 1989.

ARAÚJO, C. A. S.; RUIZ, H. A.; SILVA, D. J.; FERREIRA, P.A.; ALVAREZ, V.H.; BAHIA FILHO, A. F. C. Eluição de magnésio, cálcio e potássio de acordo com o tempo de difusão em colunas com agregados de um latossolo vermelho distrófico típico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.231-238, 2003.

ARAÚJO, A. R.; CARVALHO, J. L. N.; GUILHERME, L. R. G.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Movimentação de nitrato e amônio em colunas de solo. **Cienc. Agrotec.**, Lavras, v.28, n.3, p.537-541, 2004.

BARROS, R.P.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L.; SOUZA, R. M.; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. V.; MELO, A. S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana de açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v.40, n.3, p.341-346, 2010.

BERTONCINI, E. I.; MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Piracicaba-SP, v.23, p.737-744, 1999.

BEUGNON, M.; CHAMPION, J. Étude sur racines du bananier. **Fruits**, Paris, v.21, n.7, p. 309-327, 1966.

BORGES, A. L.; RAIJ, B. V.; MAGALHÃES, A. F. De J.; BERNARDI, A. C. De C. **Nutrição e adubação da bananeira irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura (Circular Técnica 48), 8 p., 2002.

BORGES, A.L.; SILVA, S. O.; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, I. E. Adubação nitrogenada para a bananeira 'Terra' (*Musa sp.* AAB, subgrupo Terra). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.24, n.1, p.189-193, 2002.

BORGES, L. B.; ALVES, E. J.; SILVA, S. O.; SOUZA, L. S.; MATOS, A. P.; FANCELLI, M.; OLIVEIRA, A. M. G.; CORDEIRO, Z. J. M.; SILVEIRA, J. R. S.; COSTA, D. C.; MEDINA, V. M.; OLIVEIRA, S. L.; SOUZA, J. S.; OLIVEIRA, S. L.; CARDOSO, C. E. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; ALMEIDA, C. O. **O cultivo da banana**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 109p, 1997.

BOSCO, M. R.O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Fortaleza-CE, v.56, n.3, p.296-302, 2009.

BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. E.; MARTINEZ, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina: Ci. Agron. Londrina**, v.20, n.1; p.48-58, 1999.

CABRERA-BOSQUET, L.; ALBRIZIO, R.; ARAUS, J.L.; NOGUÉS, S. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, n.1, p.145– 152, 2009.

CHAPPELLE, E. W.; KIM, M. S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for a remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 39, p. 239- 247, 1992.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.

CARMELLO, Q. A. C. e ROSSI, F. “**Hidroponia - Solução Nutritiva**”. Manual Viçosa – MG, 56p, 1997.

CARMO, A. C.; MEDEIROS, J. F.; TAVARES, J. C.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. M.; PALÁCIO, E. A. Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.25, n.3, p.513-518, 2003.

CAYÓN SALINAS, D. G. Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (*Musa AAB Simomonds*). **InfoMusa**, v.10, n.01, p.12-15, 2001.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 133-142, 1990.

CHAER, G. M. **Modelo para determinação de índices de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. (DISSERTAÇÃO), Universidade Federal de Viçosa-MG, 100p., 2001.

CUNHA, R. L.; SOUZA, C. A. S.; ANDRADE NETO, A.; MELO, B.; CORREA, J. F. Avaliação de substratos e tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiros em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.7-12, 2002.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV. p.92-132, 2007.

DE MARIA, I. C.; ROSSETTO, R.; AMBROSANO, E. J.; CASTRO, O. M. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. **Sci. Agrop.**, Piracicaba, v.50, n.1, p.87-98, 1993.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método de fumigação-extração**. Seropédica: Embrapa-CNPAB. Embrapa-CNPAB. Documentos, 37), 10 p., 1997

DIAS, .S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.29, p.496-504, 2005.

DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ, V. H.; FERREIRA, P.A.; CANTARUTTI, R. B.; SILVA, A. T.; FIGUEIREDO, G. C. Distribuição do amônio, nitrato, potássio e fósforo em colunas de latossolos fertirrigadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, v.32, p.2493-2504, 2008.

DONATO, S. L. R.; LÉDO, A. A.; PEREIRA, M. C. T.; COELHO, E. F.; COTRIM, C. E.; COELHO FILHO, M. A. Estado nutricional de bananeiras tipo prata sob diferentes sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.9, p.980-988, 2010.

DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.765-771, 1980.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p., 1999.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed., Londrina: Planta, 392p, 2006.

FALKINER, R. A.; SMITH, C. J. Changes in soil chemistry in effluent-irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, Vic, v. 35, p. 131-147, 1997.

FERNANDES, L. A.; RAMOS, S. J.; VALADARES, S. V.; LOPES, P. S. N.; FAQUIM, 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, 2008.

FIALHO, J. S.; GOMES, V. F. F. G.; OLIVEIRA, T. S.; SILVA JÚNIOR, J. M. T. Indicadores da qualidade do solo em área sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v.37, n.3, p.250-257, 2006.

FIGUEIREDO, D. V. e BRIOSO, P. S. T. PCR *multiplex* para a detecção de BSV e CMV em bananeiras micropropagadas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.3, p.229-232, 2007.

FIGUEIREDO, P. S. **A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. Piracicaba: UNIMEP, P.47-56, 1995.

FRANCO, C. F. e PRADO, R. M. Uso de soluções nutritivas no desenvolvimento e estado nutricional de mudas de goiabeira: macronutrientes. **Acta Sci. Agron**, Maringá, v.28, n.2, p.199-205, 2006.

GAIVIZZO, L. H. B.; VIDOR, C.; TEDESCO, M. J.; MEURER, E. Potencial poluidor de rejeitos carboníferos . I-Characterização química da água de lixiviação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.5, p.771-780, 2002.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi infection in roots. *New Phytologist*, v.84, n.3, p.489-500, 1980.

GOMES, E. R. S.; SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; VILAS BOAS, M. A.; ALVES, L. F. A.; SOBRINHO, T. A. Movimento de nitrato proveniente de água residuária em colunas de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.557-568, 2004.

GOMES, E. W. F.; WILLADINO, L.; MARTINS, L. S. S.; CAMARA, T. R. Variedades de bananeira tratadas com água salinizada em fase inicial de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.9, (Suplemento), p.31-36, 2005.

GONDIM, A. R.; MEDEIROS, J. F.; CARMO, G. A.; PEREIRA, F. H. F.; GHEY, H. R.; TAVARES, J. C. Produtividade de banana submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação: Segundo ciclo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande-PB, v.10, n.1, p.38-42, 2006.

GRIFFIOEN, J. Potassium adsorption ratios as an indicator for the fate of agricultural potassium in ground water. **J. Hidrol.**, v.254, p.244-254, 2001.

GUEDES, M. C. **Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis***. 2005. 154 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

HOAGLAND, D. R. e ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. **California Agricultural Experimental Station**, California, 347p.; 1950.

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

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley, 464 p., 1995.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Agricultura: Produção e área plantada de culturas.** Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?z=teo=25ei=P> Acesso em 09/02/2011.

INVAM. International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi, 2011. Disponível em: <http://invam.caf.wvu.edu/>. Acessado em 20/07/2010.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems Environmental**, Amsterdam, v.79, n.1, p.9-16, 2000a.

JOHNSON, G. M.; STOUT, P. R.; BROYER, T. C.; CARLTON, A. B. Comparative chlorine requirements of different plant species. **Plant and Soil**, v.8, p.337-357, 1957.

KENNEY, D. R. e NELSON, D. W. **Inorganic forms of nitrogen**. In: PAGE, A. L. et al., Eds. Methods of soil analysis, Part 2, 2nd Ed. Agronomy series nº 9. ASA, Madison. Wisc. p.643-698, 1982.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

LANS, C.; HARPER, T.; GEORGES, K.; BRIDGEWATER, E. Medicinal plants used for dogs in Trinidad and Tobago. **Preventive Veterinary Medicine**, v.45, p. 201 – 220, 2000.

LI, K.; FU, S.; ZHAN, H.; LUCIA, L. A. Analysis of the chemical composition and morphological structure of banana pseudo-stem. **Bio Resources**. Ghangzhou-China, v.5, n.2, p.576-585, 2010.

LIMA, J.D.; SILVA, S. H. M. G.; SANTOS, E. M. H.; LIMA, A. P. S.; HIRATA, D. M.; SANTOS, F. Crescimento e nutrição de mudas de bananeira em substrato contendo resíduos da agroindústria de chá preto durante a aclimatização. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.1, p.37-42, 2009.

MARTINEZ, A. M.; ANDRADE, C. A.; CARDOSO, E. J. B. M. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1149-1155, 2006.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q. Crescimento e produção de frutos de bananeira “Grand Naine” relacionados a adubação química. **Revista Ciência Agronômica**, Teresina-Pi, v.37, n.2, p.246-249, 2006.

MELO, A. S.; 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, 2010.

MELO, A. S.; SILVA JÚNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. D.; DANTAS, J. D. M. Alterações nas características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.733-741, 2009.

MENDONÇA, E. S. e MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: métodos e análises**. Viçosa: UFV, 107p., 2005.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Repartição e remobilização de nutrientes na bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.31, n.2, p.574-581, 2009.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1103-1110, 2004.

MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R.; FREITAS, A. R. Nitrogênio e potássio na produtividade e qualidade da bananeira cultivar Thap Maeo. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.483-491, 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. La-vras: UFLA, 2002. 625 p.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water satress. **Plant, Cell and Environment**, n.25, p.239-250, 2002.

NEVES, L. L. M.;SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; MARTINEZ, C. A.; SALOMÃO, L. C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da Bananeira-Prata, submetida a

diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.24, n.2, p.524-529, 2002.

NÓBREGA, J. P. R.; DIAS, T. J.; RAPOSO, R. W. C.; ARAÚJO, R. C.; Poda do pseudocaule e doses de nitrogênio e boro na produção de mudas de bananeira ‘Pacovan’. **Semina: Ciências Agrária**, Londrina, v.31, suplemento 1, p.1205-1218, 2010.

NYOMBI, K.; ASTEN, A. J. A. V.; CORRBELS, M. ; TAULYA, G. ; LEFFELAAR, P. A. ; GILLER, K. E. Mineral fertilizer response and nutrient use efficiencies of East African highland banana (*Musa* spp., AAA-EAHB cv. Kisansa). **Field Crops Research**, v.117, p.38-50, 2010.

OLIVEIRA, J. P.; COSTA, F. H. S.; PEREIRA, J. E. S. Crescimento de mudas micropropagadas de bananeira aclimatizadas nas condições da Amazônia Ocidental sob a influência de diferentes substratos e recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.30, n.2, p.459-465, 2008.

PEIXOTO, M. S. F. P.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L.; PEIXOTO, P. P.; SAMPAIO, L. S. V.; SAMPAIO, H. S. V. Remobilização de resíduos ligados de ¹⁴C-atrazina em ácidos fúlvicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.340-346, 2005.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, L. R. G.; MANUS, C. M. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.567-573, 2004.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular-mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v.55, p.158-161, 1970.

QUAGGIO, J.A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 111p., 2000.

RAMOS, L. A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. A.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.849-857, 2006.

RAMOS, N. P.; NOVO, M. C. S. S.; LAGO, A. A.; MARIN, G. C. Emergência de plântulas e crescimento inicial de cultivares de amendoim sob resíduo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.190-197, 2008.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 301p., 2001.

RICHARDS, L. A. (ed) **Diagnosis and improvement of saline na álcali soils**. Washington DC, US: Department of Agriculture. (USDA Agricultural Hanbooc 60), 160p., 1954.

RODELLA, A. A.; ZAMBELLO JR., E.; ORLANDO FILHO, J. O. Calibração de análises de fósforo e potássio no solo em cana-de-açúcar: 2ª aproximação. **Saccharum**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 39-42, 1983.

ROMERO, J.O. e ZAMORA, O. P. Tensión de humedaddel suelo y fertilización nitrogenada en plátano (*Musa AAA Simmonds*) cv. Gran Enano. **Agrociencia**, v.40, n.02, p. 149-162, 2006.

SAMPAIO, D.; B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos e qualidade do solo sob sistemas de cultivo convensional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v.32, n.2, p.353-359, 2008.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.27, n.2, p.443-450, 2003.

SANTOS, J. A.; SILVA, C. R. R.; CARVALHO, J. G.; NASCIMENTO, T. B. Efeito do calcário dolomítico e nitrato de potássio no desenvolvimento inicial de mudas da bananeira 'Prata anã' provenientes de cultura *in vitro*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.26, n.1, p.150-154, 2004.

SANTOS, T. M. C.; SANTOS, M. A.L.; SANTOS, C. G.; SANTOS, V. R.; PACHECO, D. S. Efeito da fertirrigação com vinhaça nos microrganismos do solo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.155-160, 2009.

SCHIAVO, J. A. e MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava L.*), inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.24, n.2, p.519-523, 2002.

SHIMAZAKI, K. I. et al. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Alto Palo, v.58, p.219-247, 2007.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**, Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 371p, 1991.

SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R. Caracterização de um Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: propriedades químicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 291-299, 1998.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Embrapa: Comunicado Técnico, Seropédica-RJ, 2007.

SILVA, F. C. de. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 370p, 1999.

SILVA, J.T.A. da; BORGES, A.L.; DIAS, M.S.C.; COSTA, E.L. da; PRUDÊNCIO, J.M. **Diagnóstico nutricional da bananeira 'Prata-Anã' para o Norte de Minas**. Belo Horizonte: Epamig, (Boletim Técnico, 70). 16p., 2002.

SILVA, L. B.; OLIVEIRA, L. F. C.; NASCIMENTO, J. L. do. Estimativa da demanda suplementar de irrigação da banana (*Musa Sp.*) para diferentes épocas de plantio em Goiânia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD ROM. 2002.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso da vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

SILVA, M. B. ; KLIEMANN, H. J. ; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influencia da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007.

SIMÕES, S. M. O.; ZILLI, J. E.; COSTA, M. C. G.; TONINI, H.; BALIEIRO, F. C. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no cerrado de Roraima. **Acta Amazonica**, v.40, n.1, p.23-30, 2010.

SIMMONDS, N.W. **Los platanos**. Barcelona: Editorial Blume, 1973. 539p.

SIQUEIRA, J. O.; NAIR, M. G.; HAMMERSCHMIDT, R.; SAFIR, G. R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Knoxville, v.10, n.1, p.63-121, 1991

SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; FERNANDES, P. D.; ALVES, A. N.; SILVA, F. V. Acúmulo, exportação e restituição de nutrientes pelas bananeiras 'Prata anã' e 'Grand naine'. **Ciência Rura**, Santa Maria, v.38, n.7, p.2054-2058, 2008.

SOFFNER, M. L. A.P. **Produção de polpa celulósica a partir do engaço de bananeira.** (DISSERTAÇÃO) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 56p., 2001.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M.; CARVALHO, RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Biosc. J.**, Uberlândia, v.26, n.4, p.502-513, 2010.

SOUZA, L. S. e VIEIRA NETO, R. D. **Cultivo da banana para o ecossistema dos Tabuleiros Costeiros**, Embrapa Mandioca e Fruticultura: Sistema de produção, 4, Cruz das Almas – Ba, 2003.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Aust. J. Soil Res.**, v.30, p.195-207, 1992.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutriente cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Eds.). **Biological Indicators of Soil Health**. Cambridge: CAB International, p.97-120, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 3rd ed. California: Sinauer Associates, Inc., 690p, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 719p., 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**, 2. Edição ampliada e revisada, Boletim Técnico/UFRGS-Departamento de Solos, Porto Alegre, 174p., 1995.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: SBCS, v.2, p.195-276, 2002.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba-CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.247-258, 2006.

YAMANISHI, O.K. et al. Efeito de diferentes substratos e duas formas de adubação na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 1, n. 2, p. 276-279, 2004.