

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

MARJORIE DE FREITAS SPADETO

**USO DO EFLUENTE DA SUINOCULTURA EM BANANEIRA
'TERRA'**

ALEGRE

2020

MARJORIE DE FREITAS SPADETO

**USO DO EFLUENTE DA SUINOCULTURA EM BANANEIRA
'TERRA'**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal na área de concentração de Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia.

ALEGRE, ES

2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S732u Spadeto, Marjorie de Freitas, 1989-
Uso do efluente da suinocultura em bananeira 'Terra' /
Marjorie de Freitas Spadeto. - 2020.
96 f. : il.

Orientador: Giovanni de Oliveira Garcia.

Coorientadores: Edvaldo Fialho dos Reis, Moisés Zucoloto
Zucoloto.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e
Engenharias.

1. Reuso. 2. Musa spp.. 3. Fertilização. 4. Monitoramento. I.
Garcia, Giovanni de Oliveira. II. Reis, Edvaldo Fialho dos. III.
Zucoloto, Moisés Zucoloto. IV. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V.
Título.

CDU: 63

MARJORIE DE FREITAS SPADETO

**USO DO EFLUENTE DA SUINOCULTURA EM BANANEIRA
'TERRA'**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal na área de concentração de Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

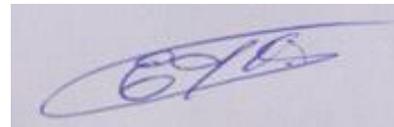
Aprovada em 29 de maio de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA

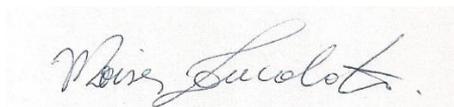


Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Dep. Engenharia Rural/CCA-UFES
SIAPÉ-3572500

Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



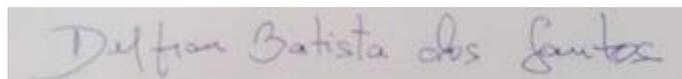
Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Moisés Zucoloto
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia



Prof. Dr. Delfran Batista dos Santos
Instituto Federal Baiano

Ao meu irmão, anjo e espírito protetor André Spadeto,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus por me fazer capaz e merecedora de chegar até aqui;

Aos meus pais José Spadeto e Marízia Garcia de Freitas Spadeto e meu irmão André de Freitas Spadeto (*in memoriam*). Pai e Mãe, obrigada por fazerem dos meus objetivos os de vocês; Irmão, obrigada por me ensinar tanto e cuidar de mim como sempre foi, sua alegria vive em nossos corações. Vocês são meus amores, minha base, meu exemplo e minha vida;

André Lorenção Meneguetti, obrigada pelo companheirismo, paciência, apoio, força, amizade, paz, conselhos e amor. A caminhada foi mais leve com você ao meu lado;

Ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do CCAUE-UFES (PPGPV), pela oportunidade de estudo;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo para cursar o doutorado e ao CNPQ e à FAPES pelo apoio financeiro para realização desta pesquisa;

Aos meus amigos/irmãos de vida que sempre me apoiaram e me ajudaram em momentos de necessidade e angústia, em especial Micheli Sossai Spadeto, Fernanda Zandonade Altoé, Rodolfo Teixeira Frias e Jearleson Andrão;

Aos amigos e colegas que ganhei ao longo do Curso de Pós-Graduação, em especial Sara Brinati, Abel Souza da Fonseca, Priscila Stinguel, Sebastião Vinícius Brinati, Lucas Rosa, Paula Mauri e Ariany Teixeira;

Aos meus familiares, em especial Tânia Garcia de Freitas, Katia Garcia, Karen Garcia, Heitor de Freitas Valle, Joyce Spadeto, Edina Spadeto e Marlucia Spadeto;

Ao Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia, pelo apoio, tempo, paciência e orientação, assim como os conselhos, ensinamentos e incentivos, que me permitiram alcançar os objetivos propostos;

Aos meus Coorientadores Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis e Prof. Dr. Moisés Zucoloto, pelos ensinamentos, disponibilidade e boa vontade de sempre me ajudar;

Aos demais Mestres, técnicos e funcionários da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação acadêmica e para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

Seja forte e corajoso.

Josué 1:9.

BIOGRAFIA

Marjorie de Freitas Spadeto, filha de José Spadeto e Marízia Garcia de Freias Spadeto e irmã de André de Freitas Spadeto (*in memoriam*), nasceu em 30 de junho de 1989, na cidade de Venda Nova do Imigrante, Estado do Espírito Santo.

Em 2008, iniciou o Curso de Agronomia, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo em Alegre, ES. Durante a graduação, participou de programas de pesquisa na área de concentração de Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas, dos quais foi bolsista de iniciação científica.

Em março de 2014, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal na área de concentração de Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas, obtendo o título de mestra em fevereiro de 2016.

Em março de 2016, iniciou o curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal na área de concentração de Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas, obtendo o título de doutora em 29 de maio de 2020.

LISTA DE ABREVIATURAS

m^2 - Metros quadrados

m - Metros

kg - Quilogramas

ha^{-1} - Hectares

cm - Centímetro

$^{\circ}C$ - Graus Celsius

mm - Milímetro

$cmol_c dm^{-3}$ - Centimol de carga por decímetro cúbico

$mg dm^{-3}$ - Miligrama por decímetro cúbico

$kg dm^{-3}$ - Quilogramas decímetro cúbico

$dS m^{-1}$ - DeciSiemens por metro

$meq L^{-1}$ - Miliequivalentes por litro

$mmol_c L^{-1}$ - Milimols de carga por litro

$mg L^{-1}$ - Miligrama por litro

g - Gramas

L - Litros

ml - Mililitro

RAS - Razão de adsorção de sódio

CE - Condutividade elétrica

K - Potássio

Ca - Cálcio

Mg - Magnésio

Na - Sódio

DES - Dose de efluente de suinocultura

LISTA DE FIGURA

CAPITULO 1	23
Características da solução do solo decorrente da aplicação do efluente da suinocultura em bananeira ‘Terra’	23
Figura 1. Localização da Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, município de Alegre, ES.....	25
Figura 2. Dados diários da evapotranspiração e precipitação obtidos no período de aplicação do efluente da suinocultura, no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) da bananeira ‘Terra’	26
Figura 3. Dados diários da temperatura média, máxima e mínima obtidos no período de aplicação do efluente da suinocultura, no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) da bananeira ‘Terra’	27
Figura 4. Representação esquemática da unidade experimental indicando a disposição dos blocos e das doses de efluente de suinocultura (200, 300, 400, 500 e 600 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ de potássio).....	30
Figura 5. Médias e erro padrão do potássio da solução do solo (mg L ⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no primeiro ciclo da bananeira ‘Terra’	38
Figura 6. Médias e erro padrão do potássio da solução do solo (mg L ⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’	39
Figura 7. Médias e erro padrão da condutividade elétrica da solução do solo (dS m ⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no primeiro ciclo da bananeira ‘Terra’	42
Figura 8. Médias e erro padrão da condutividade elétrica da solução do solo (dS m ⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’	43
Figura 9. Médias e erro padrão da razão de adsorção de sódio do solo (mmol _c L ⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no primeiro ciclo da bananeira ‘Terra’	46

Figura 10. Médias e erro padrão da razão de adsorção de sódio do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’	47
Figura 11. Médias e erro padrão do pH de sódio do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no primeiro ciclo da bananeira ‘Terra’	49
Figura 12. Médias e erro padrão do pH de sódio do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’	50
CAPITULO 2	57
Produção da bananeira ‘Terra’ e alterações químicas da solução do solo decorrentes da aplicação do efluente de suinocultura.....	57
Figura 1. Localização da Área Experimental no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, município de Alegre, ES.....	59
Figura 2. Dados diários da evapotranspiração e precipitação obtidos no período de aplicação do efluente da suinocultura, no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) da bananeira ‘Terra’	60
Figura 3. Dados diários da temperatura média, máxima e mínima obtidos no período de aplicação do efluente da suinocultura, no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) da bananeira ‘Terra’	61
Figura 4. Representação esquemática da unidade experimental indicando a disposição dos blocos e das doses de efluente de suinocultura (200, 300, 400, 500 e 600 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de potássio).....	65
Figura 5. Valores de potássio ajustados na solução do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes (A) e depois da aplicação (B), para cada faixa de profundidade.	72
Figura 6. Valores da razão de adsorção de sódio ajustados na solução do solo ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes (A) e depois da aplicação (B), para cada faixa de profundidade.	75
Figura 7. Valores da condutividade elétrica ajustadas na solução do solo (dS m^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes e depois da aplicação.	78
Figura 8. Valores do pH ajustados na solução do solo em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes e depois da aplicação.	80

Figura 9. Valores do peso do cacho (kg) da bananeira ‘Terra’ ajustados em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura.	82
Figura 10. Valores do peso do fruto (kg) da bananeira ‘Terra’ ajustados em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura.	83
Figura 11. Comparação entre os frutos das diferentes doses do efluente de suinocultura 200, 300, 400, 500 e 600 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ de potássio.	84
Figura 12. Valores da produtividade (t ha ⁻¹) da bananeira ‘Terra’ ajustados em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura.	84

LISTA DE TABELA

CAPITULO 1	23
Características da solução do solo decorrente da aplicação do efluente da suinocultura em bananeira ‘Terra’	23
Tabela 1. Caracterização química e física das amostras de solo coletadas antes da instalação do experimento	28
Tabela 2. Caracterização química do efluente da suinocultura utilizados no experimento durante o primeiro e segundo ciclo da bananeira ‘Terra’	29
Tabela 3. Aporte de potássio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e datas das aplicações nas diferentes doses de efluente de suinocultura durante o primeiro e segundo ciclo da bananeira ‘Terra’	33
CAPITULO 2	57
Produção da bananeira ‘Terra’ e alterações químicas da solução do solo decorrentes da aplicação do efluente de suinocultura.....	57
Tabela 1. Caracterização química e física das amostras de solo coletadas antes da instalação do experimento	62
Tabela 2. Caracterização química do efluente da suinocultura utilizado no experimento durante o primeiro e segundo ciclo da bananeira ‘Terra’	63
Tabela 3. Aporte de potássio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) nas diferentes doses de efluente de suinocultura durante o primeiro e segundo ciclo da bananeira ‘Terra’	67
Tabela 4. Valores médios do potássio na solução do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes (A) e depois da aplicação (B), para cada faixa de profundidade	73
Tabela 5. Valores médios da razão de adsorção de sódio na solução do solo ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes (A) e depois da aplicação (B), para cada faixa de profundidade	76
Tabela 6. Valores médios da condutividade elétrica na solução do solo (dS m^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes e depois da aplicação.....	78
Tabela 7. Valores médios do pH da solução do solo em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes e depois da aplicação	81
Tabela 8. Valores médios das variáveis de produção da bananeira ‘Terra’ em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura	85

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	15
ABSTRACT	17
INTRODUÇÃO GERAL	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPITULO 1	23
Características da solução do solo decorrente da aplicação do efluente da suinocultura em bananeira ‘Terra’	23
RESUMO	23
1. Introdução	23
2. Material e métodos	25
3. Resultado e discussão	37
4. Conclusões	51
5. Referências	51
CAPITULO 2	57
Produção da bananeira ‘Terra’ e alterações químicas da solução do solo decorrentes da aplicação do efluente de suinocultura.....	57
RESUMO	57
1. Introdução	57
2. Material e métodos	59
3. Resultado e discussão	71
4. Conclusão	86
5. Referências	86
ANEXOS	93

RESUMO GERAL

SPADETO, Marjorie de Freitas. Universidade Federal do Espírito Santo. Maio de 2020. **Uso do efluente da suinocultura em bananeira ‘Terra’**. Orientador: Dr. Sc. Giovanni de Oliveira Garcia. Coorientadores: Dr. Sc. Edvaldo Fialho dos Reis e Moisés Zucoloto.

A suinocultura é uma importante atividade econômica no cenário nacional; no entanto, este ramo da agropecuária é responsável por produzir consideráveis volumes líquidos de dejetos que podem proporcionar impactos negativos quando lançados de forma inadequada ao ambiente. Por sua vez, a presença de nutrientes nesses efluentes fazem com que os mesmos podem ser utilizados como fertilizantes em cultivos agrícolas. Mesmo apresentando potencial para uso na agricultura, é necessário que estudos sejam realizados, a fim de garantir o manejo sustentável sem riscos de contaminação ao meio ambiente e perda da produtividade. Neste sentido, objetivou-se com a realização desta pesquisa monitorar e avaliar os atributos químicos do solo, assim como a produção da bananeira ‘Terra’, decorrente da aplicação de diferentes doses de potássio advindo do efluente da suinocultura. O estudo foi desenvolvido na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de Alegre, ES (latitude 20°44’45’’S e longitude 41°29’11’’O). A espécie vegetal utilizada foi a *Musa* sp. AAB, subgrupo Terra, de propagação por mudas do tipo rizoma, plantadas no espaçamento de 2,5 m x 2,0 m em uma área total de aproximadamente 1.200 m², contendo 231 plantas. O experimento foi desenvolvido durante dois ciclos anuais da cultura. Foram utilizadas cinco doses anuais de potássio, de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo, advindo do efluente da suinocultura, sendo 200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹. A aplicação do efluente iniciou-se, em ambos os ciclos, quando as plantas atingiram o sexto mês de desenvolvimento, de forma manual. Amostras de solo foram coletadas periodicamente 24 horas após a aplicação do efluente nas faixas de profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm, as quais foram encaminhadas ao laboratório onde foi obtida a solução solo. O estudo relativo ao monitoramento da aplicação do efluente da suinocultura na fertilização do solo cultivado com bananeira ‘Terra’ mostrou que os valores de potássio, condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio e pH da solução do solo estiveram dentro dos padrões recomendados para o sistema solo-planta, não apresentando riscos quanto à salinidade, sodicidade e acidez. Já o estudo da produção da bananeira ‘Terra’ e as possíveis alterações das características químicas da solução do solo, devido à aplicação do efluente da

suinocultura na fertilização do solo, mostraram que o uso desses efluentes promove tanto o aumento dos valores das variáveis de produção como o peso do cacho, peso do fruto e produtividade, assim como o aumento dos valores das características químicas da solução do solo como o potássio, razão de adsorção de sódio, condutividade elétrica e pH da solução do solo, porém, com baixo risco de sodicidade, salinidade e acidez. Dessa forma, o uso do efluente de suinocultura apresenta-se como uma opção viável para o uso agrícola em cultivo da bananeira ‘Terra’.

Palavras-chave: Reuso. *Musa spp.* Adubação.

ABSTRACT

SPADETO, Marjorie de Freitas. Federal University of Espírito Santo. May 2020. **Use of swine effluent on banana 'Terra'**. Advisor: Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia. Co-advisors: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis and Moisés Zucoloto.

The swine culture is an important economic activity in the national scenario, however this line of agriculture is responsible for considerable waste volumes that can cause negative impacts when dumped in an inappropriate manner to the environment. In turn, the presence of nutrients in these effluents allows the using in agriculture crops as fertilizers. Even with agriculture use potential, it's necessary to develop research about the theme, in order to guarantee sustainable management without contamination risks of to the environment and productivity loss. An experiment was carried out to monitor and evaluate the soil chemical attributes and the production of banana 'Terra' due to the application of different potassium doses from swine effluent. The experiment was developed at Área Experimental of Centro de Ciências Agrárias e Engenharias from Universidade Federal do Espírito Santo, located in Alegre, ES (latitude 20°44'45''S, longitude 41°29'11''W). The plant species used was *Musa* sp. AAB, subgroup Terra, propagated by rhizome-type seedlings in the spacing of 2.5 m x 2.0 m in a total area of approximately 1.200 m², totalizing 231 plants. The experiment was developed during two annual cycles of culture. Five doses of potassium from swine effluent were applied (200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹), according Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo. The effluent was applied, in both cycles, when the plants reached the sixth month of development, manually. Soil samples were collected periodically 24 hours after the application of the effluent, in the swath at depths of 0-15, 15-30 and 30-45 cm, which were sent to the laboratory where the soil solution was obtained. The study related to the monitoring of the application of swine effluent in the fertilization of soil cultivated with banana 'Terra', show that the values of potassium, electrical conductivity, sodium adsorption ratio and pH of the soil solution were within the recommended standards for the soil-plant system, presenting no risks as to salinity, sodicity and acidity. The study of banana 'Terra' production and the possible changes in the chemical characteristics of the soil solution due to the application of swine effluent in soil fertilization, show that the use of these effluents promotes both an increase in the values of production variables such as the weight of the bunch, fruit weight and productivity, as well as an increase in the values of the chemical characteristics of the soil

solution such as potassium, sodium adsorption ratio, electrical conductivity and pH of the soil solution, however, with low risk of sodicity, salinity and acidity. Thus, the use of swine effluent presents itself as a viable option for agricultural use in cultivation of Banana 'Terra'.

Key-words: Reuse. *Musa spp.* Fertilization.

INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura é uma atividade de grande importância social e econômica no Brasil, pois além de se caracterizar como atividade de pequenos e grandes produtores rurais é uma das mais importantes fontes de emprego e renda no setor primário, estando em constante crescimento (GUIMARÃES et al., 2017).

Neste cenário, o Brasil está consolidado como o quarto maior produtor e exportador de carne suína, tendo produzido 3,67 milhões de toneladas no ano de 2018, valores esses referentes a 3% do total mundial (ABPA, 2019). Embora a maior produção se concentre na região Sul do país, a suinocultura é uma atividade presente em quase todos dos municípios do Espírito Santo, gerando empregos diretos e indiretos e, principalmente, mão-de-obra tipicamente familiar (ASES, 2018).

Em consequência dessa alta produção e consumo de carne, a suinocultura apresenta grande possibilidade de acarretar impacto ambiental decorrente ao volume de dejetos gerado (LEITÃO & SILVA, 2018), também denominado de efluente da suinocultura. Estima-se que o volume produzido nessa atividade gire em torno de cinco a dez litros por animal por dia, e que o destino final deva causar o mínimo de impacto ambiental possível.

Esses efluentes são constituídos principalmente por fezes, urina, resíduo de ração e água excedente dos bebedouros e utilizada na higienização das baias (KONZEN, 1983), apresentando grande variação na concentração de seus componentes. De maneira geral, o efluente de suinocultura contém alto teor de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre, boro e outros elementos incluídos nas dietas dos animais que são excretados ao fim do processo digestivo (OLIVEIRA, 2006).

Desta forma, a utilização desses efluentes na área agrícola, embora não seja um conceito novo, é uma opção interessante sob o ponto de vista econômico, ambiental e social, apresentando uma série de benefícios como a minimização dos impactos ambientais e o fornecimento de nutrientes para as plantas com custo reduzido, possibilitando o aumento da produtividade e qualidade dos produtos colhidos, principalmente em regiões em que essa atividade se faz presente (PIRES & MATTIAZZO, 2008; MATOS, 2007).

Estudos vêm sendo desenvolvidos mostrando os benefícios do uso do efluente da suinocultura, quando manejados adequadamente, em áreas agrícolas (BOLZANI et al., 2012). No entanto, sucessivas aplicações por longos períodos ou a disposição final de forma inadequada nem sempre resultam em melhorias no solo, podendo acarretar impactos negativos

ao meio ambiente, alterando as características físicas, químicas e biológicas do solo, alcançando níveis tóxicos às plantas e microrganismos, além da possibilidade de alguns nutrientes atingirem as águas subterrâneas ou superficiais (STEINMETZ et al., 2009 e VIEIRA, 2019).

Tendo em vista a preocupação com a poluição ambiental e com a qualidade do solo e do recurso hídrico, tornam-se necessárias pesquisas que visam o monitoramento da solução do solo, a fim de estabelecer critérios para a disposição correta e não agressiva dos efluentes de suinocultura ao meio ambiente (SILVA, 2018).

Embora a constituição desses efluentes permitam uma ampla utilização na agricultura, observa-se que seu uso se restringe às curvas de resposta de poucas variedades de cultura (SCHERER et al., 2010), sendo a pastagem, milho, soja e cana-de-açúcar as principais. Dessa forma, o cultivo da banana torna-se uma opção interessante para o uso desses efluentes, devido à quantidade elevada de nutriente que esta cultura necessita, principalmente de potássio, encontrado em alto teor no efluente.

Outro aspecto a se considerar é que o cultivo de banana apresenta grande importância social e econômica, constituindo importante fonte de renda dos pequenos e médios produtores, além de ser uma atividade chave da agricultura familiar, sendo o Brasil o terceiro maior produtor e o maior consumidor per capita com $7,68 \text{ kg}^{-1} \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, ou seja, a produção é destinada principalmente ao mercado interno (FAO, 2019; NOGUEIRA et al., 2013). Daí a relevância dessa cultura para o desenvolvimento de pesquisas que visam buscar melhorias no seu cultivo.

O objetivo desta pesquisa foi monitorar e avaliar os atributos químicos da solução do solo, assim como a produção da bananeira ‘Terra’, decorrente da aplicação de diferentes doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, em função da demanda anual de potássio da bananeira. Podendo, desta forma, elaborar propostas de manejo para a utilização do efluente de suinocultura com fins de reuso em áreas agrícolas, visando uma maior sustentabilidade ambiental, além de proporcionar aos produtores de banana uma opção viável de adubação e maior produção de frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, C. A. O. ALVES, M. V., MAFRA, A. L., CASSOL, P. C., ALBUQUERQUE, J. A.; SANTOS, J. C. P. Aplicação de Dejeito Suíno e Estrutura de Um

Latossolo Vermelho Sob Semeadura Direta. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 804-809, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório anual** 2018. São Paulo/SP. 2019. 178 p.

ASSOCIAÇÃO DE SUINOCULTORES DO ESPIRITO SANTO - ASES. **Perfil da suinocultura Capixaba**. 2017/2018. Marechal Floriano/ES. 2018. 4 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. FAO, 2019. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> >. Acesso em: 04 mai. 2020.

GUIMARÃES, D.; AMARAL, G.; MAIA, G.; LEMOS, M.; ITO, M.; CUSTODIO, S. Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **Agroindústria | BNDES Setorial** 45, p. 85-136, 2017.

KONZEN, E. A. Manejo e utilização de dejetos suínos. Concórdia: **EMBRAPA - CNPSA**, 1983. 32p. (EMBRAPA - CNPSA. Circular Técnica, 6).

LEITÃO, F.O.; SILVA, W. H. Geração de energia e renda a partir do tratamento dos resíduos da suinocultura. **Informe Gepec**. Jan 1;22 (1):116-32. 2018.

MATOS, A.T. Disposição de águas residuárias no solo. **Caderno didático**. Associação de Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

NOGUEIRA, E. M. C.; ALMEIDA, I. M. G.; FERRARI, J. T.; BERIAM, L. O. S. (Ed). Bananicultura: manejo fitossanitário e aspectos econômicos e sociais da cultura. São Paulo: Instituto Biológico, 2013.

OLIVEIRA, J. G. R.; TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C. Alterações na física do solo com a aplicação de dejetos animais. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v. 2, n. 2, Edição Especial, p. 66-80, 2016.

OLIVEIRA, W. Uso de água residuária da suinocultura em pastagens da Brachiária Decumbens e Grama Estrela Cynodom Plectostachyum. 2006, 104 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura. **Circular Técnica** 19. EMBRAPA:Jaguariúna, nov 2008. 9 p. Rio de Janeiro, v. 14, n.4, 2009.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 34, p. 1375-1383, 2010.

SILVA, J. B.; WEBER, O. L. S.; VIEIRA, C. V.; SILVA, J. B. Alterações nos atributos químicos de um latossolo fertirrigado com efluentes da atividade suinícola. **Revista Ciências Agroambiental**. v.16, n.2, 2018.

STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, V. L.; FLORES, E. M. M.; MARTINS, A. F. Study of metal distribution in raw and screened swine manure. **CLEAN – Soil, Air, Water**, v.37, n.3, p.239-244, 2009.

VIEIRA, A. S. Avaliação da disposição final de dejetos líquidos de suínos no solo. 2019. **Tese** (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, UBERLÂNDIA, Minas Gerais. 127 p. 2019.

CAPITULO 1

Características da solução do solo decorrente da aplicação do efluente da suinocultura em bananeira ‘Terra’

RESUMO: O monitoramento do uso de efluentes em área agrícola por meio da solução do solo torna-se necessário, uma vez que sua aplicação pode provocar riscos quanto à salinidade, à sodicidade e à acidez no solo, por exemplo. Dessa forma, será possível estabelecer estratégias de manejo a fim de manter e/ou melhorar a qualidade do solo e do recurso hídrico, assim como o desenvolvimento das culturas. Neste sentido, objetivou-se com a realização deste estudo monitorar as possíveis alterações nos atributos químicos da solução do solo decorrente da aplicação de diferentes doses de potássio advindo do efluente da suinocultura no cultivo da bananeira ‘Terra’. O estudo foi desenvolvido na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de Alegre, ES. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco doses de potássio aplicadas por meio do uso do efluente, correspondentes a 200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ da demanda anual da cultura em potássio. O monitoramento da solução do solo foi feito coletando-se amostras de solo nas faixas de profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm, no decorrer dos dois ciclos de cultivo da cultura. Na solução do solo, extraída nas diferentes faixas de profundidade, foram quantificados os valores da razão de adsorção de sódio, do potássio, da condutividade elétrica e do pH. Observou-se que o uso do efluente da suinocultura na fertilização do solo cultivado com bananeira ‘Terra’ mantém os valores de potássio, condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio e pH da solução do solo dentro dos padrões recomendados para o sistema solo-planta, não apresentando riscos quanto à salinidade, sodicidade e acidez durante os dois ciclos da cultura. Apresentando, desta forma, uma opção viável para o uso agrícola em cultivo da bananeira ‘Terra’.

Palavras-chave: Gestão Ambiental. *Musa spp.* Monitoramento.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é um dos setores da pecuária que gera consideráveis valores de dejetos animais de alta carga poluente, sendo a gestão ambiental uma das ferramentas que oferece oportunidades para a minimização dos impactos ambientais. Por isso, busca-se alternativas que viabilizem a utilização desses efluentes, reduzindo seu impacto sobre o ambiente, podendo, dessa forma, serem reutilizados com fins agrícolas ou ainda, depois de tratados, lançados em corpos de água, desde que seja respeitada a legislação vigente (FIA et al., 2015).

A legislação que regula o uso do efluente da suinocultura está bem estabelecida e deve ser cumprida por meio de leis, decretos e portarias que relacionam o uso dos efluentes em cultivos agrícolas e impõem limites para o lançamento destes em corpos de água (PEREIRA et

al., 2009). Como a resolução CONAMA 357/2005 e CONAMA 430/2011, que dispõem sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes para águas superficiais e para o solo, existem as resoluções CONAMA 420/2009 e CONAMA 460/2013 que dispõem sobre critérios e valores orientadores de qualidade do efluente.

Além do cumprimento dessas leis, o monitoramento periódico da qualidade do efluente utilizado e das áreas agrícolas em que se fazem uso de sua aplicação torna-se necessário para avaliar as possíveis alterações nas características físicas, químicas e hídricas do solo, no desenvolvimento das plantas e na lixiviação dos nutrientes. Entre as variáveis que apresentam possibilidade de serem monitoradas, destacam-se a condutividade elétrica, o pH e a razão de adsorção de sódio, por terem relação direta com os problemas quanto à salinidade, à sodicidade e à acidez decorrente da aplicação dos efluentes sem o correto manejo.

Neste sentido, o conhecimento da composição química da solução do solo é de extrema importância, pois permite estabelecer estratégias de manejo para corrigir essas distorções nos sistemas de produção, podendo ser monitorada periodicamente ao longo do ciclo da cultura, a fim de conhecer a disponibilidade de nutrientes e o risco de contaminação do solo e dos recursos hídricos (COSCIONE et al., 2014).

Segundo Burton (1996) o uso contínuo desses efluentes pode ocasionar alterações no solo, cuja gravidade dependerá da composição desses resíduos, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, do tipo de solo e do tempo de utilização dos efluentes.

Dessa forma, o uso do monitoramento da solução do solo pode auxiliar na tomada de decisão da maneira de se aplicar e o momento adequado do uso dos efluentes no ciclo da cultura, com auxílio das curvas de crescimento e absorção de nutrientes da cultura para cada estágio de desenvolvimento, possibilitando os ajustes necessários da aplicação, evitando perda na produtividade ou um produto final de baixa qualidade comercial (LIMA et al., 2014; ANDRADE NETO, 2009).

Outra contribuição importante do monitoramento é sobre a quantidade de nutrientes a ser aplicado por meio do efluente da suinocultura, sem que ocorra deficiência ou excesso dos mesmos, possibilitando a redução de gastos com o uso de fertilizantes e visando uma maior sustentabilidade ambiental (CONCEIÇÃO et al., 2014; SCHERER et al., 2010).

Uma vez que o monitoramento tenha sido estabelecido, a utilização desses efluentes com critérios técnicos e doses adequadas no momento correto do ciclo da cultura pode se tornar um subproduto de interesse agrônomo, apresentando reais possibilidades de uso, sendo uma

fonte alternativa para suprir a demanda nutricional de culturas com interesse agrícola, proporcionando aumento no aporte de nutrientes ao solo (SILVA 2017).

Dessa forma, devido à necessidade em levantar maiores informações para o uso do efluente da suinocultura, como forma de possibilitar a adoção correta do mesmo sem riscos de contaminação ao meio ambiente, objetivou-se com este estudo monitorar as possíveis alterações nos atributos químicos da solução do solo no cultivo da bananeira ‘Terra’ decorrente da aplicação de diferentes doses do efluente da suinocultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local do experimento

O experimento foi desenvolvido em condições de campo na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAe/UFES) em Alegre, ES, apresentando altitude de 119 m e coordenada geográfica latitude 20°44’45’’S e longitude 41°29’11’’O (Figura 1).



Figura 1. Localização da Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, município de Alegre, ES.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante da região é do tipo Cwa, caracterizado por verão quente e chuvoso e inverno frio e seco, com temperatura anual mínima, média e máxima de 15, 23 e 34°C, respectivamente, e precipitação anual em torno de 1.341 mm (INCAPER, 2020; LIMA et al., 2008).

Os dados climáticos monitorados durante os períodos de aplicação do efluente da suinocultura para os dois ciclos, ou seja, evapotranspiração e precipitação (Figura 2) e temperatura média, máxima e mínima (Figura 3) foram obtidos por meio da estação do INMET

- Instituto Nacional de Meteorologia, na Estação de Meteorologia: Alegre-A617, Código OMM: 86828 (INMET, 2019), localizado próximo ao experimento.

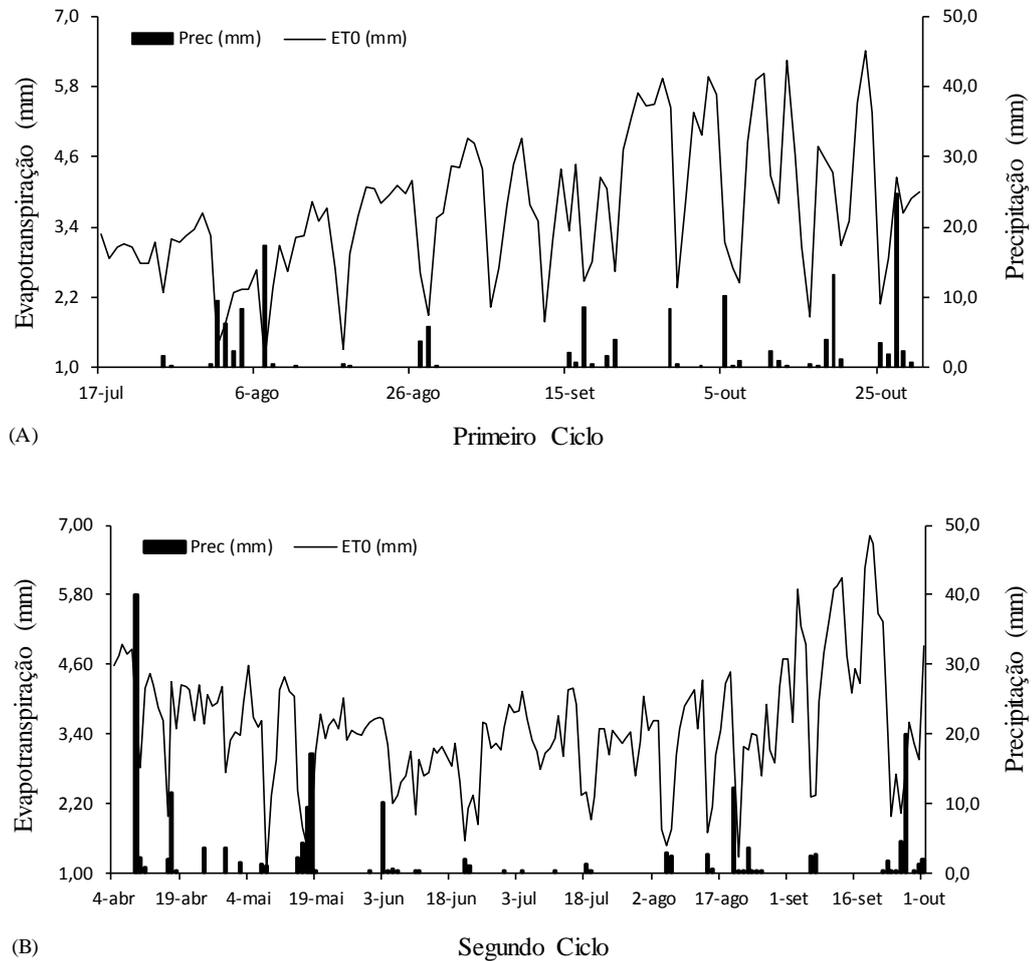


Figura 2. Dados diários da evapotranspiração e precipitação obtidos no período de aplicação do efluente da suinocultura, no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) da bananeira ‘Terra’.
Fonte: INMET (2019).

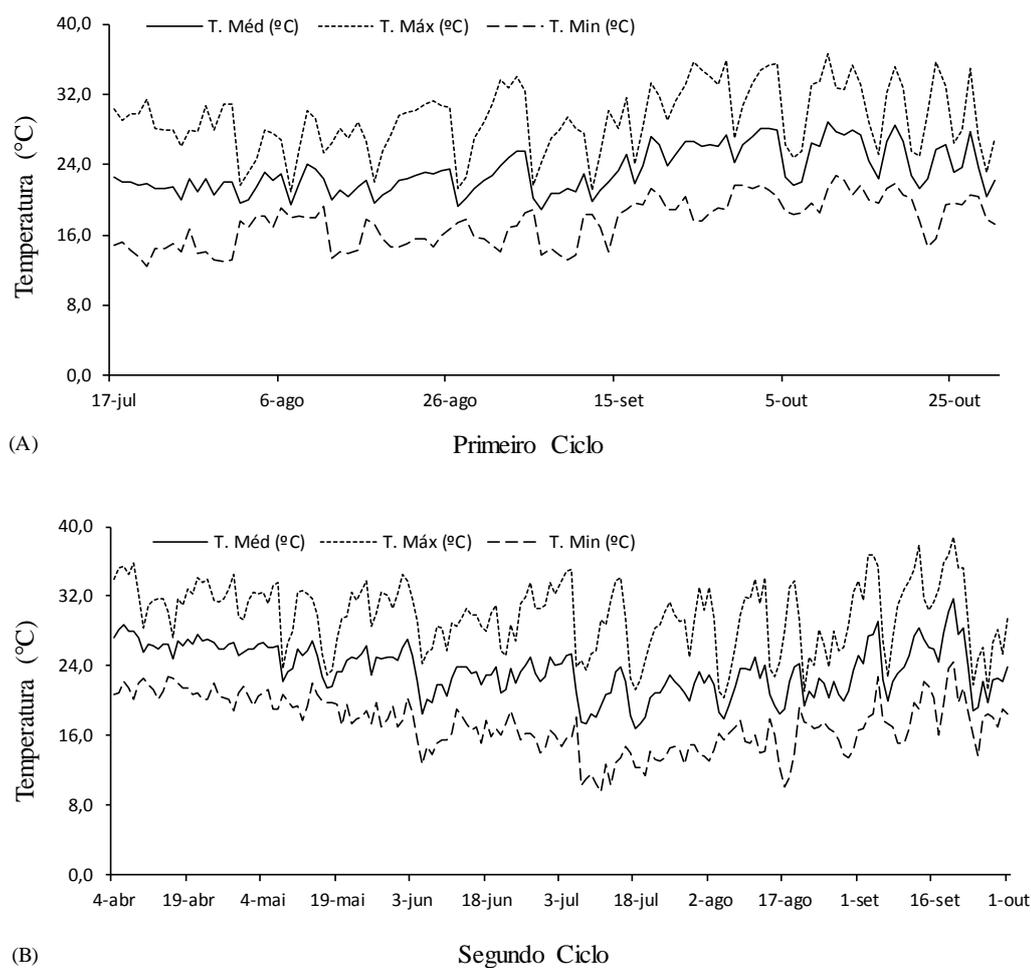


Figura 3. Dados diários da temperatura média, máxima e mínima obtidos no período de aplicação do efluente da suinocultura, no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) da bananeira ‘Terra’.

Fonte: INMET (2019).

2.2 Caracterização do solo e do efluente utilizado no experimento

O solo em que o experimento foi implantado é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. Nesse solo foram coletadas amostras nas faixas de profundidade de 0-20 e 20-40 cm antes da implantação do experimento e encaminhadas ao laboratório para caracterização química e física (Tabela 1) conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (2009).

Tabela 1. Caracterização química e física das amostras de solo coletadas antes da instalação do experimento

Atributos químicos	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
¹ pH H ₂ O	6,01	5,98
² Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	1,48	4,10
² Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	2,46	2,17
² Alumínio (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00
³ Fósforo (mg dm ⁻³)	95,62	42,35
³ Potássio (mg dm ⁻³)	329,00	263,00
³ Sódio (mg dm ⁻³)	31,00	35,00
³ Ferro (mg dm ⁻³)	197,00	197,00
³ Zinco (mg dm ⁻³)	1,00	0,70
³ Cobre (mg dm ⁻³)	1,50	0,80
⁴ Enxofre (mg dm ⁻³)	13,00	9,00
⁵ Boro (mg dm ⁻³)	0,22	0,19
Soma de Bases (cmol _c dm ⁻³)	4,97	7,09
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,87	8,66
Saturação por bases (%)	72,37	81,89

Atributos físicos	Profundidade (cm)	
	0-40	
Areia (%)	66,00	
Silte (%)	11,00	
Argila (%)	23,00	
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,258	
Capacidade Campo (kg dm ⁻³)	0,227	
Ponto de Murcha (kg dm ⁻³)	0,109	

1. Água - Relação 1:2,5; 2. Cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria; 3. Mehlich¹; 4. Fosfato monocálcico ác. acético; 5. Água quente.

O efluente de suinocultura utilizado no experimento foi proveniente da unidade de criação de suínos existente próxima ao local do experimento. Na Tabela 2, encontra-se a caracterização química do efluente.

Tabela 2. Caracterização química do efluente da suinocultura utilizados no experimento durante o primeiro e segundo ciclo da bananeira ‘Terra’

Atributos Químicos	Primeiro Ciclo	Segundo Ciclo
pH H ₂ O	7,80	6,70
CE (dS m ⁻¹)	2,90	2,64
Razão de adsorção de sódio	1,69	1,42
Cálcio (meq L ⁻¹)	4,44	3,27
Magnésio (meq L ⁻¹)	3,48	2,26
Fósforo (mg L ⁻¹)	22,48	26,33
Potássio (mg L ⁻¹)	262,00	235,67
Nitrogênio (Nitrato) (mg L ⁻¹)	390,00	365,00
Sódio (meq L ⁻¹)	3,36	2,36
Ferro (mg L ⁻¹)	0,26	0,30
Zinco (mg L ⁻¹)	0,03	0,02
Manganês (mg L ⁻¹)	0,20	0,10
Cobre (mg L ⁻¹)	0,03	0,02
Boro (mg L ⁻¹)	0,67	0,17
Cloro (meq L ⁻¹)	0,80	0,20
Alumínio (meq L ⁻¹)	0,00	0,00
Sulfato (meq L ⁻¹)	0,97	1,02
Bicarbonato (meq L ⁻¹)	0,32	0,10
Dureza (CaCO ₃) (mg L ⁻¹)	189,45	276,38

O efluente bruto da suinocultura passou por um sistema de tratamento preliminar, constituído por gradeamento para retenção dos sólidos mais grosseiros, um decantador e uma lagoa de estabilização. Após tratado, o efluente foi coletado, transportado e armazenado em um reservatório de 5.000 litros próximo à área do experimento para o seu uso.

2.3 Delineamento experimental

Os tratamentos foram compostos por cinco doses de potássio advindo do efluente de suinocultura, correspondentes a 200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ da demanda anual de potássio da bananeira. Para o primeiro ano de cultivo, foram feitas seis coletas de solo, e no segundo ano foram realizadas 13 coletas de solo, nas faixas de profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm.

2.4 Condução do experimento

O preparo do solo constou de uma aração a 40 cm de profundidade e uma sulcagem para o plantio das mudas, nas dimensões de 40 cm de largura x 40 cm de profundidade. Utilizou-se no experimento mudas constituídas por rizomas do tipo chifre do grupo 'Terra' (*Musa* sp. AAB, subgrupo Terra).

O plantio foi realizado no dia 26 de dezembro de 2017, com espaçamento 2,5 metros entre fileiras e 2,0 metros entre plantas, em uma área total de aproximadamente 1.200 m², contendo 231 plantas. Foram utilizadas 25 parcelas experimentais, sendo a parcela constituída por três plantas úteis. Na Figura 4 é possível observar a ilustração da área experimental indicando a disposição dos blocos e das diferentes doses do efluente de suinocultura.

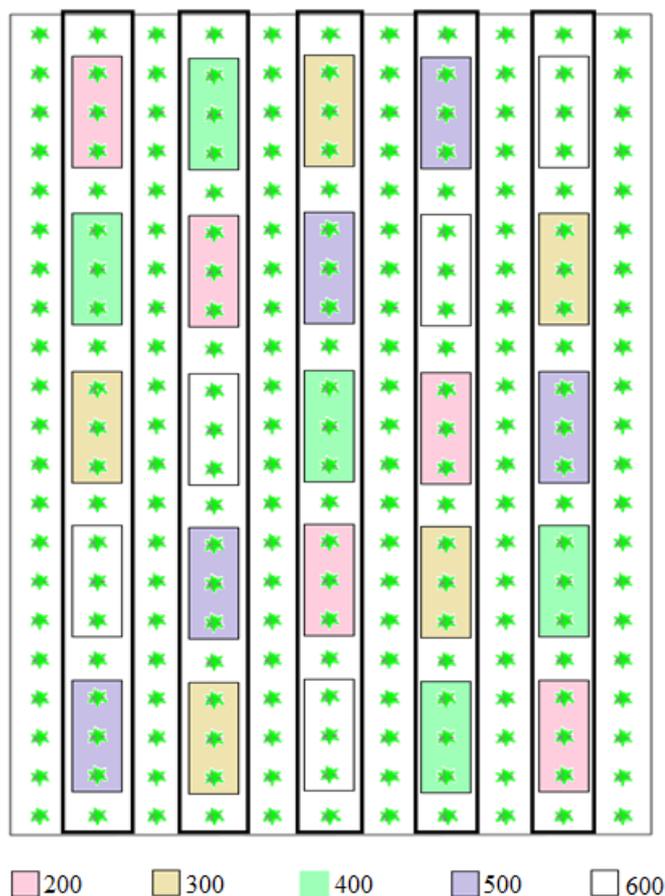


Figura 4. Representação esquemática da unidade experimental indicando a disposição dos blocos e das doses de efluente de suinocultura (200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio).

O bananal foi conduzido no sistema família, por meio de desbaste, deixando-se apenas um segmento por geração. As plantas de bananeiras foram irrigadas através de um sistema de irrigação localizada por microaspersão.

O primeiro ciclo compreendeu o período de dezembro de 2017 a outubro de 2018, sendo interrompido por um temporal no dia 27/10/18, impedindo, dessa forma, a conclusão de algumas atividades preestabelecidas no cronograma, como parte da aplicação do potássio advindo do efluente (22,3; 87,50; 152,7; 217,9 e 283,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ nas doses de 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente) e colheita dos frutos. A partir dessa data, iniciou-se o segundo ciclo, que durou até novembro de 2019.

As adubações foram feitas de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007). No primeiro ciclo foi feita a adubação de plantio, aplicando-se 200,0 kg de superfosfato simples por hectare, e duas adubações de cobertura (02/02/18 e 13/13/18), totalizando 140,0 kg de sulfato de amônia e 120,0 kg de cloreto de potássio por hectare, distribuídas de forma manual a uma distância de 40 cm do pseudocaule da planta.

Da mesma forma, no segundo ciclo foram feitas as duas adubações de cobertura (28/11/18 e 12/02/19), totalizando 140,0 kg de sulfato de amônia e 120,0 kg de cloreto de potássio por hectare. Além da adubação de plantio e cobertura, foi feita a aplicação de 20 g de ácido bórico e sulfato de zinco por planta, no dia 22/09/18.

Os demais tratos culturais recomendados para a cultura foram realizados ao longo do período experimental, como: capinas e roçadas, para o controle de plantas daninhas; desbrota; desfolhas, retirando-se as folhas secas; escoramento; corte do coração a 20 cm de distância da última penca.

2.5 Aplicação do efluente de suinocultura

A aplicação do efluente iniciou-se quando as plantas atingiram o sexto mês de desenvolvimento, período no qual inicia-se a maior demanda de potássio pela cultura. O fornecimento foi feito manualmente por meio de uma mangueira conectada a um hidrômetro, para a correta dosagem em cada planta para cada tratamento.

O volume aplicado em cada tratamento foi determinado levando-se em consideração o teor de potássio no efluente, a fim de totalizar 200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ da demanda anual de potássio, segundo o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado

do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007). Desta forma, os níveis das doses de potássio consistiram em:

- Primeiro ciclo: 108,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio aplicado via adubação química (adubação de plantio e cobertura) e o restante aplicado via efluente da suinocultura, até atingir o total de potássio correspondente a cada tratamento. As aplicações foram realizadas com intervalo de 20 dias, totalizando seis aplicações;

- Segundo ciclo: 72,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio aplicado via adubação química (adubação de plantio e cobertura) e o restante aplicado via efluente da suinocultura, até atingir o total de potássio correspondente a cada tratamento. As aplicações foram realizadas com intervalo de 15 dias, totalizando 13 aplicações.

As datas das aplicações, assim como a quantidade de potássio aplicado durante a condução do experimento, estão descritas na Tabelas 3.

Tabela 3. Aporte de potássio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e datas das aplicações nas diferentes doses de efluente de suinocultura durante o primeiro e segundo ciclo da bananeira ‘Terra’

Primeiro Ciclo						
Datas das Aplicações	K no Efluente (kg L^{-1})	Doses de K advindo do Efluente ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)				
		200	300	400	500	600
17/07/2018	0,000276	11,04	16,56	22,08	27,60	33,12
06/08/2018	0,000279	11,16	16,74	22,32	27,90	33,48
26/08/2018	0,000276	11,04	16,56	22,08	27,60	33,12
15/09/2018	0,000280	11,20	16,80	22,40	28,00	33,60
05/10/2018	0,000320	12,80	19,2	25,60	32,00	38,40
25/10/2018	0,000310	12,40	18,60	24,80	31,00	37,20
Total		69,64	104,46	139,28	174,10	208,92
Segundo Ciclo						
Datas das Aplicações	K no Efluente (kg L^{-1})	Doses de K advindo do Efluente ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)				
		200	300	400	500	600
04/04/2019	0,000198	7,92	13,86	19,86	25,75	31,68
19/04/2019	0,000170	8,50	13,60	18,70	23,80	28,90
04/05/2019	0,000143	7,15	12,87	18,59	24,31	28,60
19/05/2019	0,000174	8,70	15,66	22,62	29,58	34,80
03/06/2019	0,000178	8,90	16,02	23,14	30,26	35,60
18/06/2019	0,000203	10,15	18,27	26,39	34,51	40,60
03/07/2019	0,000237	11,85	21,33	30,81	40,29	47,40
18/07/2019	0,000225	11,25	20,25	29,25	38,25	45,00
02/08/2019	0,000247	12,35	22,23	32,11	41,99	49,40
17/08/2019	0,000228	11,40	20,52	29,64	38,76	45,60
01/09/2019	0,000190	9,50	17,10	24,70	32,30	38,00
16/09/2019	0,000238	11,90	21,42	30,94	40,46	47,60
01/10/2019	0,000250	12,50	22,50	32,50	42,50	50,00
Total		132,07	235,63	339,19	442,75	523,18

As tabelas referentes aos valores do pH, condutividade elétrica, potássio e razão de adsorção de sódio presentes no efluente da suinocultura em cada aplicação do primeiro e segundo ciclo do experimento estão apresentadas nos Anexos C e D.

Da mesma forma, o aporte dos outros nutrientes aplicados durante os dois ciclos da bananeira ‘Terra’ nas diferentes doses de efluente de suinocultura, como cálcio, magnésio, fósforo, potássio, nitrato, sódio, ferro, zinco, manganês, cobre, boro, cloro, sulfato e bicarbonato, está apresentado nos Anexos E e F.

2.6 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi realizado via clima, de acordo com a demanda da evapotranspiração cultura, com o turno de rega diário. Para isso, foi calculada a evapotranspiração de referência diária (ET_0), a partir da equação de Penman-Monteith-FAO 56 proposta por Allen et al., (1998), conforme apresentado na Equação 1:

$$ET_0 = \frac{0,408 * \Delta * (R_n - G) - \gamma * \frac{37}{(T_{Med} + 273)} U_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET_0 : Evapotranspiração de referência, em mm/dia;

R_n : Radiação líquida à superfície da cultura, MJ/m²/dia;

G : Densidade do fluxo de calor do solo, MJ/m²/dia;

T : Temperatura do ar a 2,0 m de altura, °C;

U_2 : Velocidade de vento a 2,0 m de altura, m/s;

e_s : Pressão de saturação de vapor, kPa;

e_a : Pressão atual de vapor, kPa;

$e_s - e_a$: Déficit de pressão de saturação de vapor, kPa;

Δ - Declividade da curva de pressão de saturação de vapor x temperatura, kPa/°C;

γ : Constante psicrométrica, kPa/°C.

O coeficiente da cultura (K_c) foi utilizado para ajustar os valores da ET_0 para se obter a demanda hídrica da cultura. Os valores de K_c para a bananeira podem variar de acordo com o seu estágio de desenvolvimento, sendo utilizados os valores iguais a 0,90; 1,00; 1,05 e 0,90 na

fase inicial, vegetativo, frutificação e maturação, respectivamente, segundo Coelho et al., (2003) e Coelho et al., (2013). Dessa forma, a ET_c foi calculada pela Equação 2:

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (2)$$

Em que:

ET_c : Evapotranspiração da cultura (mm);

ET_0 : Evapotranspiração de referência (mm);

K_c : Coeficiente da cultura;

A partir dos valores obtidos para ET_c , foi possível calcular as lâminas de irrigação necessárias para satisfazer a demanda da evapotranspiração da cultura. Com isso, as lâminas de irrigação totais necessárias (ITN), em mm, foram calculadas, para cada tratamento, pela Equação 3:

$$ITN = \frac{IRN}{E_a} \quad (3)$$

Em que:

IRN: irrigação real necessária corresponde ao valor de ET_c , mm;

E_a : eficiência da irrigação.

Por fim, o tempo total de irrigação foi determinado por meio da Equação 4:

$$T_i = ITN * \frac{A_t}{n * q} \quad (4)$$

T_i : tempo total de irrigação, h;

A_t : área ocupada pela planta, m²;

n: número de microaspersores por planta;

q: vazão dos emissores, L h⁻¹.

Foi utilizado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), como indicador de uniformidade de distribuição de água, empregando-se a Equação 5:

$$CUC = 100 * \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |L_i - L_m|}{n * L_m}\right) \quad (5)$$

Em que:

CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %;

L_i : Lâmina coletada em cada emissor, mm;

L_m : Lâmina média coletada, mm;

n: Número de emissores avaliados.

Para a coleta de dados para o cálculo do CUC, foi utilizada a metodologia de Keller & Karmeli (1975), que consiste na coleta de vazões de quatro linhas laterais, ou seja, a primeira, a linha lateral situada a 1/3 da origem, a situada a 2/3 e a última linha lateral de cada unidade operacional do projeto de irrigação em estudo. Da mesma forma, em cada uma das linhas laterais, foram selecionados quatro emissores, o primeiro emissor, o situado a 1/3, 2/3 do comprimento da linha lateral e o último emissor. Com o auxílio de um balde, utilizado como coletor, um cronômetro digital e uma proveta graduada de 500 mL efetuou-se a medição da vazão dos emissores.

2.7 Monitoramento da solução do solo

O monitoramento da solução do solo foi feito durante o período da aplicação do efluente da suinocultura. O primeiro ciclo teve início no dia 17/07/2018 e finalizou no dia 25/10/2018, tendo duração de 100 dias. Já o segundo ciclo iniciou-se no dia 04/04/2019 e finalizou no dia 01/10/2019, com 180 dias de duração.

Amostras de solo foram coletadas do local onde se aplicava o efluente, após 24h de cada aplicação, aproximadamente a 30 cm de distância das bananeiras, nas faixas de profundidade de 0-15, 15-30 e 30-45 cm. Essas amostras foram identificadas, secas ao ar, peneiradas em malha de 4 mm e encaminhadas ao laboratório para realizar a extração da solução do solo, segundo a metodologia solo:água (massa:volume), conforme preconizada por Sousa et al. (2013).

Foram pesados 100 g de TFSA em tubos apropriados e adicionados 100 ml de água destilada para manter a proporção de 1:1. Os conjuntos tubo-solo-água foram agitados em agitador Tipo Wagner, a 50 rpm, durante 10 min. Após a agitação, as amostras foram filtradas em papel de filtro qualitativo. Após a filtragem, foram encaminhadas ao laboratório para determinar os teores de K, Ca, Mg, Na, CE e pH (EMBRAPA, 1999).

As análises de pH e condutividade elétrica foram realizadas com o auxílio de peagâmetro e condutivímetro de bancada, respectivamente. Para a determinação dos valores das concentrações de sódio e potássio, foi utilizado o fotômetro de chama. Já as análises de cálcio e magnésio foram obtidas por meio da espectrofotometria de absorção atômica. Os valores de RAS foram calculados por meio da Equação 8, descrita abaixo.

$$RAS = \frac{Na^+}{\left[\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}\right]^{0,5}} \quad (6)$$

Em que:

Na⁺: concentração de sódio, mmol_c L⁻¹;

Ca⁺⁺: concentração de cálcio, mmol_c L⁻¹;

Mg⁺⁺: concentração de magnésio, mmol_c L⁻¹.

2.8 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram tabulados e analisados por meio de estatística descritiva, utilizando o programa Microsoft Excel 2006. Foram plotadas as médias e o erro padrão de cada variável submetidos as diferentes doses, em cada faixa de profundidade e em função do período monitorado.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

As médias do potássio da solução do solo (mg L⁻¹), em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura para cada período de monitoramento e cada faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, estão apresentadas nas Figuras 5 e 6, para o primeiro e segundo ciclo da bananeira ‘Terra’, respectivamente.

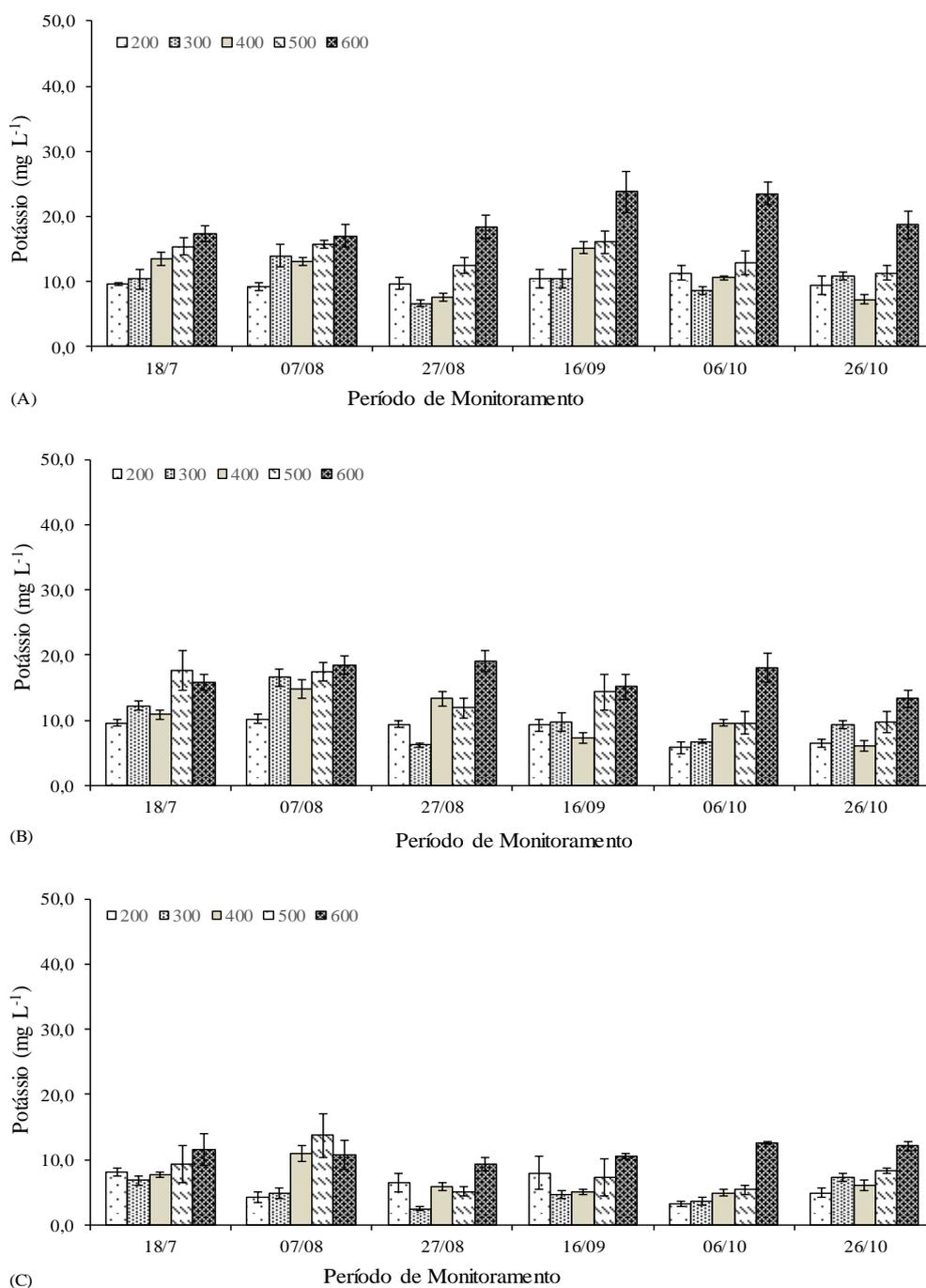


Figura 5. Médias e erro padrão do potássio da solução do solo (mg L⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no primeiro ciclo da bananeira ‘Terra’.

É possível observar que a concentração de potássio na solução do solo aumentou nas doses aplicadas correspondentes a 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, para as três faixas de profundidades.

Apesar de o segundo ciclo apresentar maiores valores de potássio em comparação ao primeiro ciclo, não foi observado acúmulo deste nutriente durante os períodos de monitoramento (Figura 6).

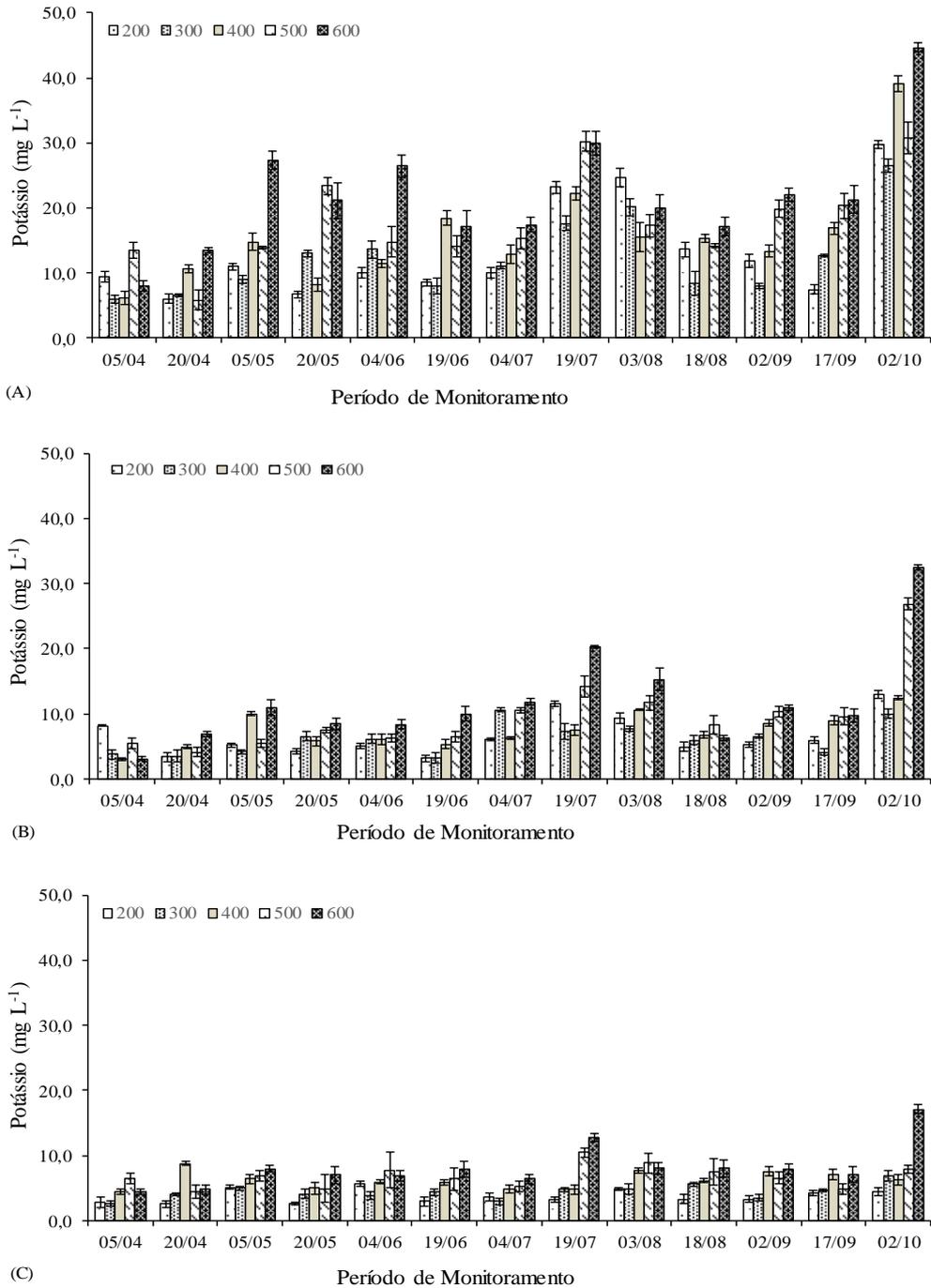


Figura 6. Médias e erro padrão do potássio da solução do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’.

Assim como o primeiro ciclo da bananeira 'Terra', os valores de potássio na solução do solo aumentaram com o aumento das doses nas três faixas de profundidades, sendo encontrados valores médios de 13,23; 12,36; 15,76; 17,96 e 22,00 mg L⁻¹ na faixa de profundidade de 0-15; 6,54; 6,10; 7,40; 9,74 e 11,88 mg L⁻¹ na faixa de profundidade de 15-30; e 3,73; 4,38; 6,22, 6,79 e 8,17 mg L⁻¹ na faixa de profundidade 30-45 cm, nas doses correspondentes a 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio, respectivamente.

Durante os períodos de monitoramento e entre as doses, houve uma diminuição nos valores médios de potássio na solução do solo em comparação ao efluente aplicado. Esse fato pode ser atribuído especialmente à absorção de nutrientes pelas plantas. Por se tratar de uma cultura que requer grandes quantidades de nutrientes disponíveis para sua absorção, não só por produzir grande massa vegetativa, mas por apresentar elevadas quantidades de elementos absorvidos pela planta e exportados nos frutos, principalmente em relação ao potássio (SILVA et al., 1999), possivelmente as aplicações deste nutriente foram suficientes para suprir a necessidade nutricional da bananeira.

Embora a absorção de nutrientes seja afetada pelo clima, cultivares e sistemas de cultivos, de modo geral, pode-se dizer que eles são absorvidos em função do ciclo (COELHO 2004). Buscando um correto manejo no uso desses efluentes, deve-se seguir as curvas de crescimento e absorção de nutrientes da cultura para cada estágio de desenvolvimento, visto que elas permitem saber a quantidade e o momento necessário de se aplicar o nutriente (LIMA et al., 2014). Desse modo, a aplicação do efluente de suinocultura teve início, em ambos os ciclos, próximo ao estágio de inflorescência e formação do cacho, ou seja, fase fenológica em que a necessidade de absorção do potássio é alta.

Ballester (2014) apresentou a curva de absorção de nutrientes da bananeira, mostrando que a partir dos 195 dias após o plantio a absorção apresenta um crescimento exponencial até a colheita, em que o potássio é o nutriente mais exportado pela cultura. Da mesma forma, Martin-Prével (1984) observou que o nitrogênio é necessário no início do desenvolvimento das folhas até a emissão da inflorescência, com redução na sua absorção até a colheita. Já o potássio, 2/3 é absorvido da fase de indução floral até colheita.

No período de monitoramento correspondente ao dia 02/10, na faixa de profundidade de 0-15 cm, foram medidos os maiores valores de potássio na solução do solo, totalizando 29,7; 26,5; 39,0; 30,7 e 44,6 mg L⁻¹ nas doses de 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, respectivamente. Conjuntamente a esse período, deu-se início à colheita dos frutos, reduzindo,

dessa forma, a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, obtendo-se maiores valores do potássio no solo.

Em relação ao estudo entre as faixas de profundidades, nota-se que os maiores valores de potássio foram encontrados na faixa de profundidade de 0-15 cm, com tendência de decréscimo em profundidade. Desta forma, a utilização da cultura da bananeira ‘Terra’ torna-se uma opção excelente, pois além de requerer altas doses de potássio, cerca de 60% a 70% do sistema radicular, está disposta horizontalmente junto ao rizoma nas camadas superficiais do solo (LACERDA FILHO et al. 2004; GARCIA, 2000), ou seja, onde se acumulou os maiores valores deste nutriente.

Segundo Neves et al., (2009) a concentração de potássio próximo da região de aplicação do nutriente, independente da fonte, é alta; assim, a água volumétrica é o atributo que controla a mobilidade deste íon, independentemente do mecanismo (fluxo de massa ou difusão).

Os resultados deste trabalho corroboram com os resultados apresentados por Scherer et al. (2010) e Rosa et al. (2017), que ao avaliarem os atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de efluente da suinocultura, verificaram que houve um acúmulo do potássio nas camadas superficiais do solo, relacionando este fato ao alto teor de potássio na constituição deste efluente.

Ao avaliar os valores médios da condutividade elétrica da solução do solo (dS m^{-1}) no primeiro ciclo (Figura 7), nota-se que nos períodos de monitoramento, os valores aumentaram à medida em que as doses de potássio advindo do efluente de suinocultura também aumentaram, principalmente na dose correspondente a $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de potássio.

É possível observar que houve uma pequena diminuição dos valores dessa variável entre as faixas de profundidades estudadas, ou seja, na faixa de profundidade de 0-15 cm foram encontrados os maiores valores de condutividade elétrica.

Segundo Oliveira (2012), os maiores valores de condutividade elétrica encontrados em superfície podem estar associados à evapotranspiração ocorrer na camada superior, a qual remove a água e deixa a maior parte dos sais na superfície e em todo o perfil do solo, aliada ao fato de a aplicação do efluente ser realizada na superfície do solo. Conceição et al. (2014), ao avaliar a condutividade elétrica da solução do solo em resposta a diferentes fertirrigações, em cultivo de banana, encontraram os maiores valores dessa variável nas camadas mais superficiais.

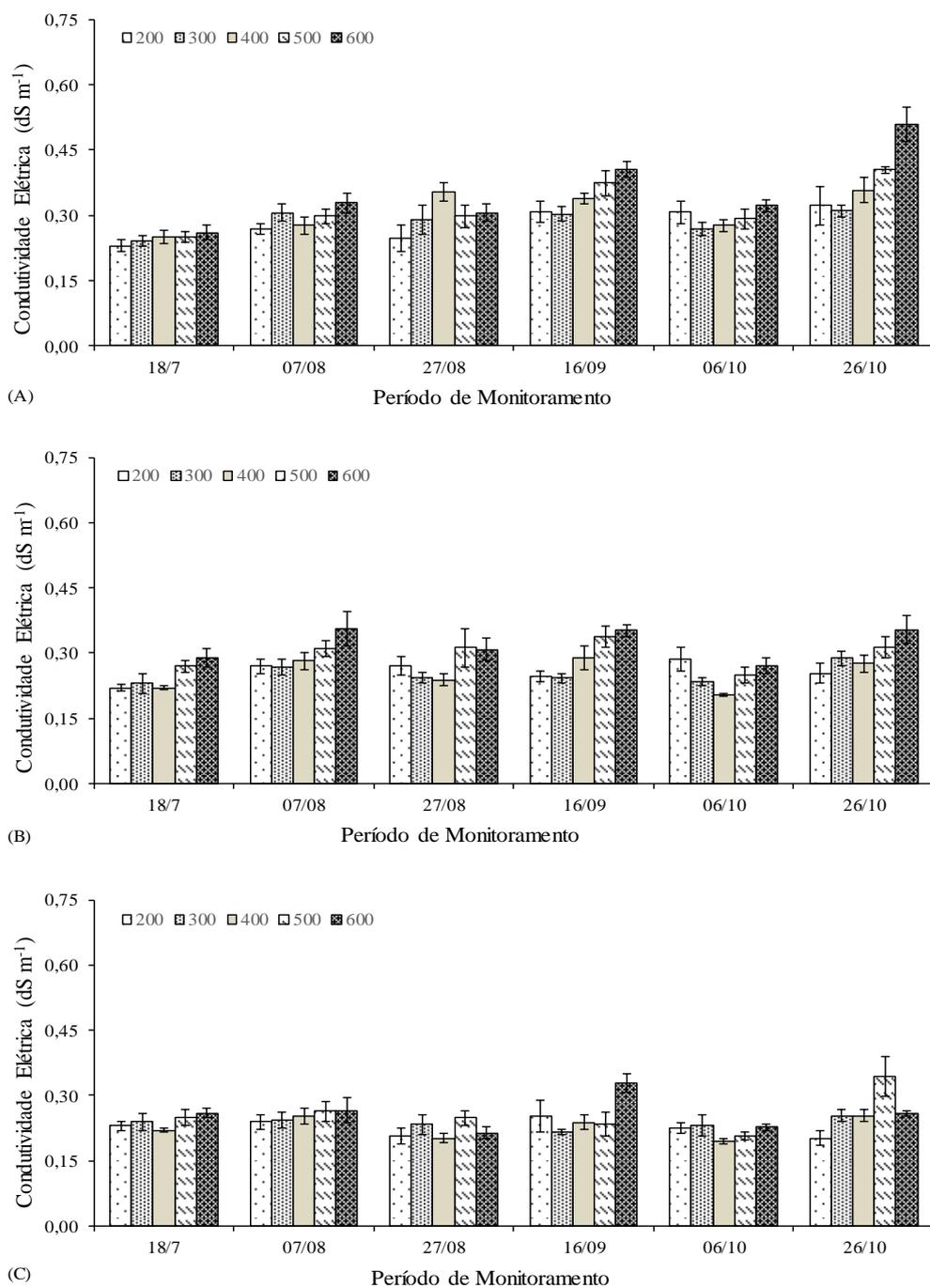


Figura 7. Médias e erro padrão da condutividade elétrica da solução do solo (dS m^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no primeiro ciclo da bananeira ‘Terra’.

É possível observar na Figura 8, assim como no primeiro ciclo, o aumento das doses de potássio advindo do efluente também promoveu o aumento dos valores da condutividade elétrica na solução do solo no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’.

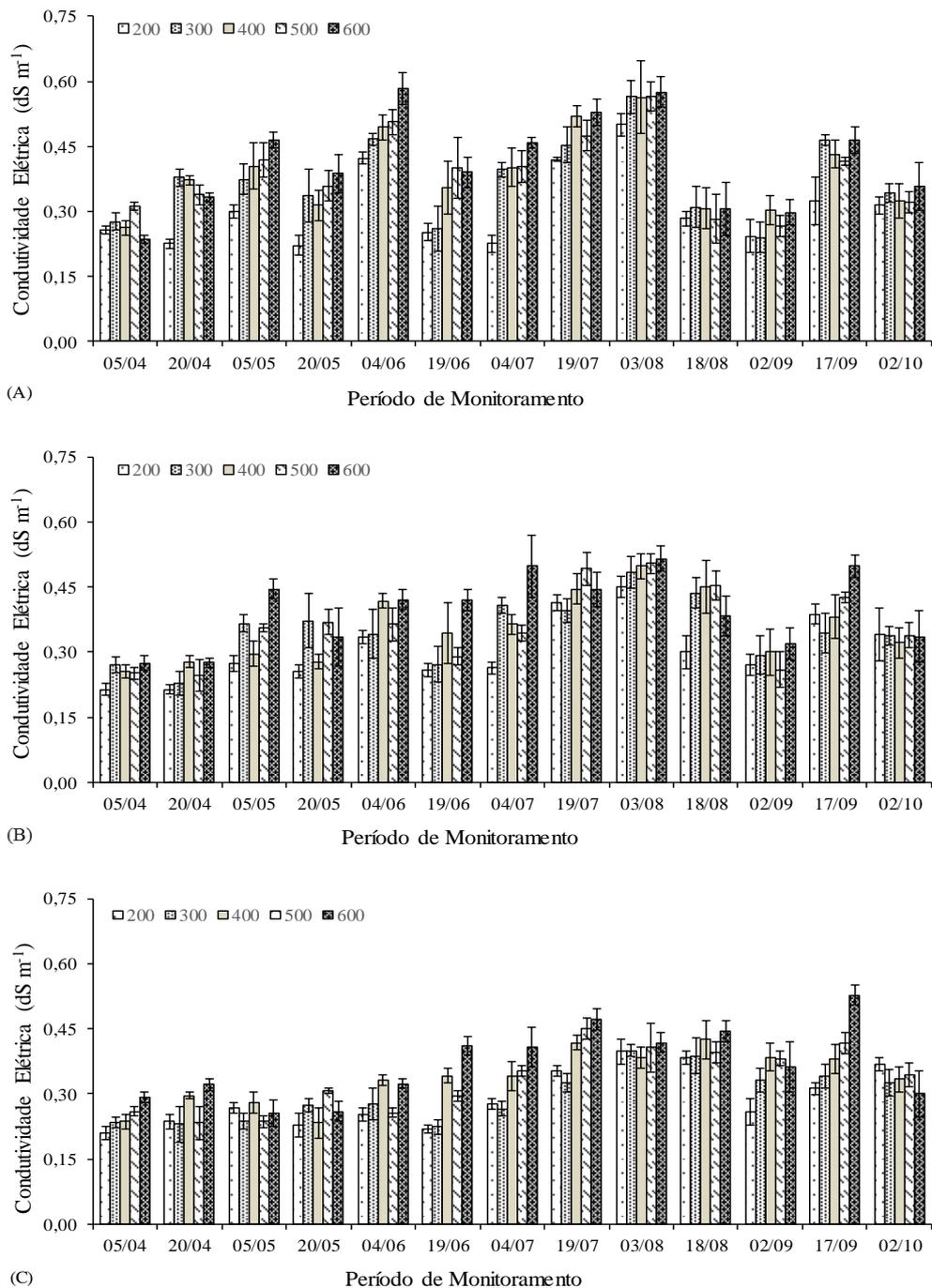


Figura 8. Médias e erro padrão da condutividade elétrica da solução do solo (dS m⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’.

O aumento dos valores da condutividade elétrica está associado ao aporte de nutrientes advindos do efluente de suinocultura, reforçando que o uso do mesmo nas diferentes doses podem refletir em incrementos da concentração de sais à medida que ocorre o aumento das

doses. Barros et al. (2005), ao estudar os efeitos da aplicação do efluente de suinocultura nas características químicas do solo, observaram que as maiores doses do efluente resultaram em maiores valores da condutividade elétrica do solo.

A diferença mais pronunciada entre as doses de aplicação ocorreu no período de monitoramento correspondente aos dias 04/06, 19/07 e 03/08, na faixa de profundidade de 0-15 cm. Esse aumento pode estar relacionado com as temperaturas médias mais baixas observadas nesses períodos em comparação aos demais, ou seja, 20,6; 17,3 e 20,3°C, respectivamente (Figura 3). Segundo Tasca et al. (2011), baixas temperaturas favorecem a diminuição da volatilização, evitando perdas nos valores de nitrogênio, e, por consequência, aumento nos valores de condutividade elétrica.

Deve-se ressaltar que a faixa de temperatura tolerável para o cultivo da banana é entre 15 e 35°C, porém, alguns autores citam que a faixa ideal é entre 26 e 28°C (MORENO et al. 2016; BARBOSA 2012). Sendo verificado que as temperaturas no período de monitoramento correspondente aos dias 04/06, 19/07 e 03/08 estavam abaixo da faixa ideal, podendo comprometer as atividades de crescimento da planta e afetar a absorção dos nutrientes.

Porém, houve pouca alteração nos valores da condutividade elétrica na solução do solo entre as faixas de profundidades (Figura 8A, B e C), sendo encontrados valores médios de 0,31; 0,37; 0,39; 0,39 e 0,41 dS m⁻¹ na faixa de profundidade de 0-15; 0,31; 0,35; 0,36; 0,36 e 0,40 dS m⁻¹ na faixa de profundidade de 15-30; e 0,29; 0,30; 0,34, 0,33 e 0,37 dS m⁻¹ na faixa de profundidade 30-45 cm, nas doses correspondentes a 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio, respectivamente.

Silva et al. (2012), ao avaliar os valores de condutividade elétrica na solução do solo quando aplicado diferentes doses água residuária de bovinocultura de leite, também observaram que não houve diferença entre as profundidades. Os autores atribuíram esse resultado às frequentes irrigações, que podem ter favorecido para a solubilização dos sais da camada superior e posterior mobilidade para as camadas inferiores do solo, propiciando uma distribuição mais uniforme dos sais ao longo do perfil, principalmente por se tratar de nutrientes de fácil mobilidade, sem causar riscos de salinização.

Medidas da condutividade elétrica são frequentemente utilizadas para avaliar a concentração de sais dissolvidos em um meio e conseqüentemente a disponibilidade dos nutrientes para as culturas, além das alterações nos atributos químicos do solo (CONCEIÇÃO et al., 2010). Por isso, o monitoramento da solução do solo se faz importante, uma vez que a aplicação desses efluentes for realizada de forma indiscriminada, a alta concentração de

nutrientes pode resultar em aumento da salinidade da solução do solo, alcançando níveis nos quais sejam maiores aos tolerados pelas culturas (FRANCISCO et al., 2015).

Nota-se que a condutividade elétrica média encontrada na solução do solo (0,27 dS m⁻¹ no primeiro ciclo e 0,35 dS m⁻¹ no segundo ciclo) apresentou valores médios inferiores aos aplicados via efluente de suinocultura (3,83 dS m⁻¹). Ou seja, durante os períodos monitorados, independente da profundidade ou do ciclo, nos resultados obtidos para a condutividade elétrica da solução do solo não houve tendência de aumento dos valores, estando abaixo do tolerável pela bananeira, ou seja, 1,10 dS m⁻¹ conforme apresentado por Holanda et al. (2010) e Lima Junior & Silva (2010).

Segundo Dantas et al. (2018), as alterações químicas na solução do solo podem variar devido às características do efluente utilizado. Dessa forma, os valores do efluente de suinocultura utilizado neste trabalho (Tabela 2) apresentaram-se como média 3,35 dS m⁻¹, sendo classificado segundo Richards (1970) como C2, ou seja, água de salinidade média. Já segundo a metodologia proposta por Ayers e Westcot (1999), voltada para classificação das fontes de água utilizadas na irrigação, o efluente da suinocultura apresenta-se como moderado risco de salinidade.

Na Figura 9 estão apresentados os valores médios da razão de adsorção de sódio na solução do solo (mmol_c L⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, durante os períodos de monitoramento, para o primeiro ciclo da bananeira ‘Terra’.

Foram encontrados valores médios dessa variável em um total de 0,9434; 0,9455; 0,9687; 0,9594 e 1,1117 mmol_c L⁻¹ nas doses de 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio via efluente de suinocultura, respectivamente, mostrando que na dose correspondente a 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio foram encontrados os maiores valores.

Nota-se que nos períodos de monitoramento correspondentes aos dias 07/08 e 27/08, houve um pequeno aumento dos valores entre as faixas de profundidades estudadas. Segundo Pessoa et al. (2010), a elevação na razão de adsorção de sódio pode promover problemas de desestruturação do solo, devido à dispersão da argila; e desequilíbrios nutricionais, causados pela dificuldade de absorção de cálcio, magnésio e potássio, elementos essenciais às plantas.

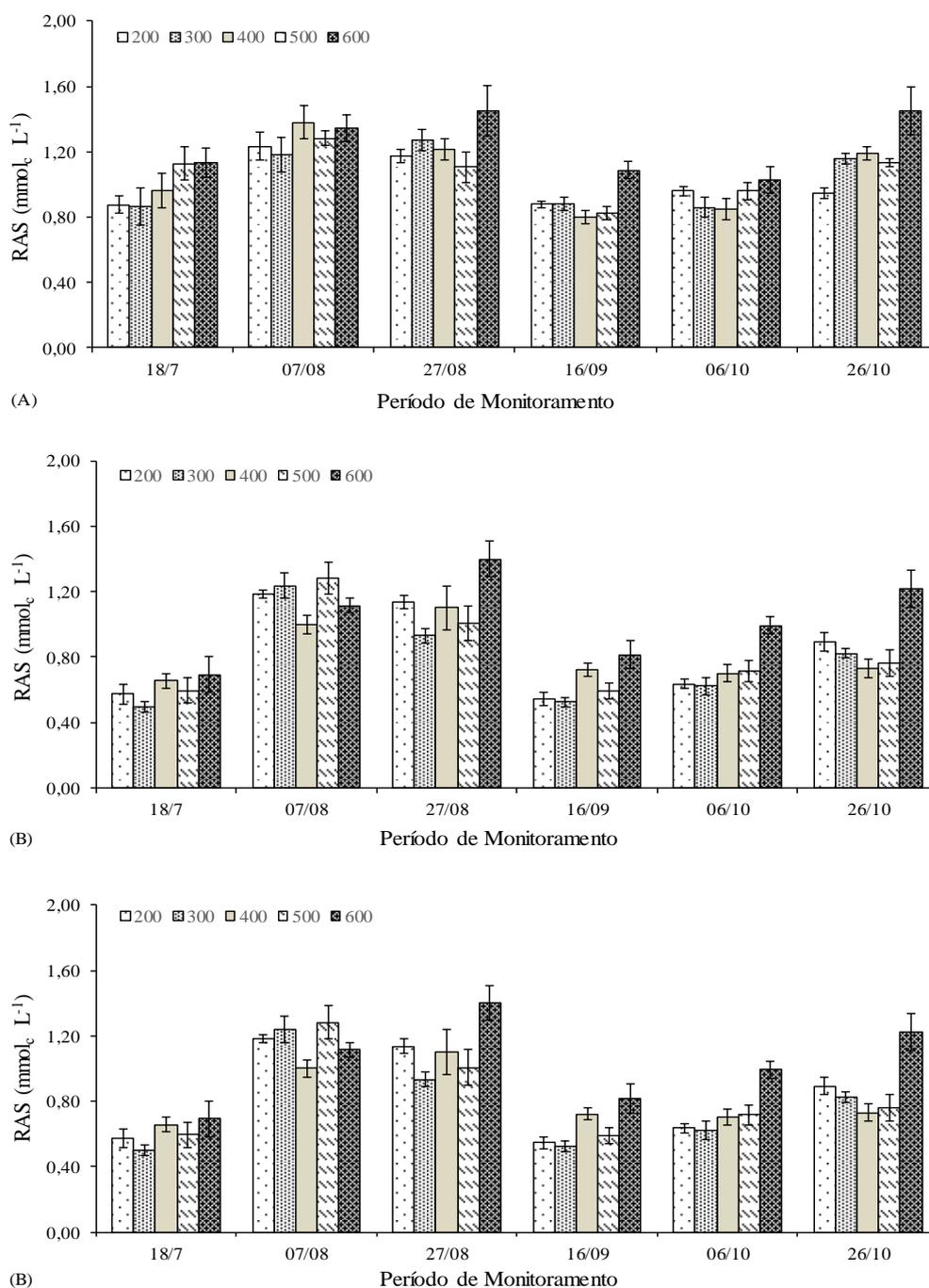


Figura 9. Médias e erro padrão da razão de adsorção de sódio do solo ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no primeiro ciclo da bananeira ‘Terra’.

Em relação aos valores da razão de adsorção de sódio na solução do solo ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) no segundo ciclo (Figura 10), é possível verificar que os resultados encontrados não apresentaram

relação de dependência com o aumento das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura.

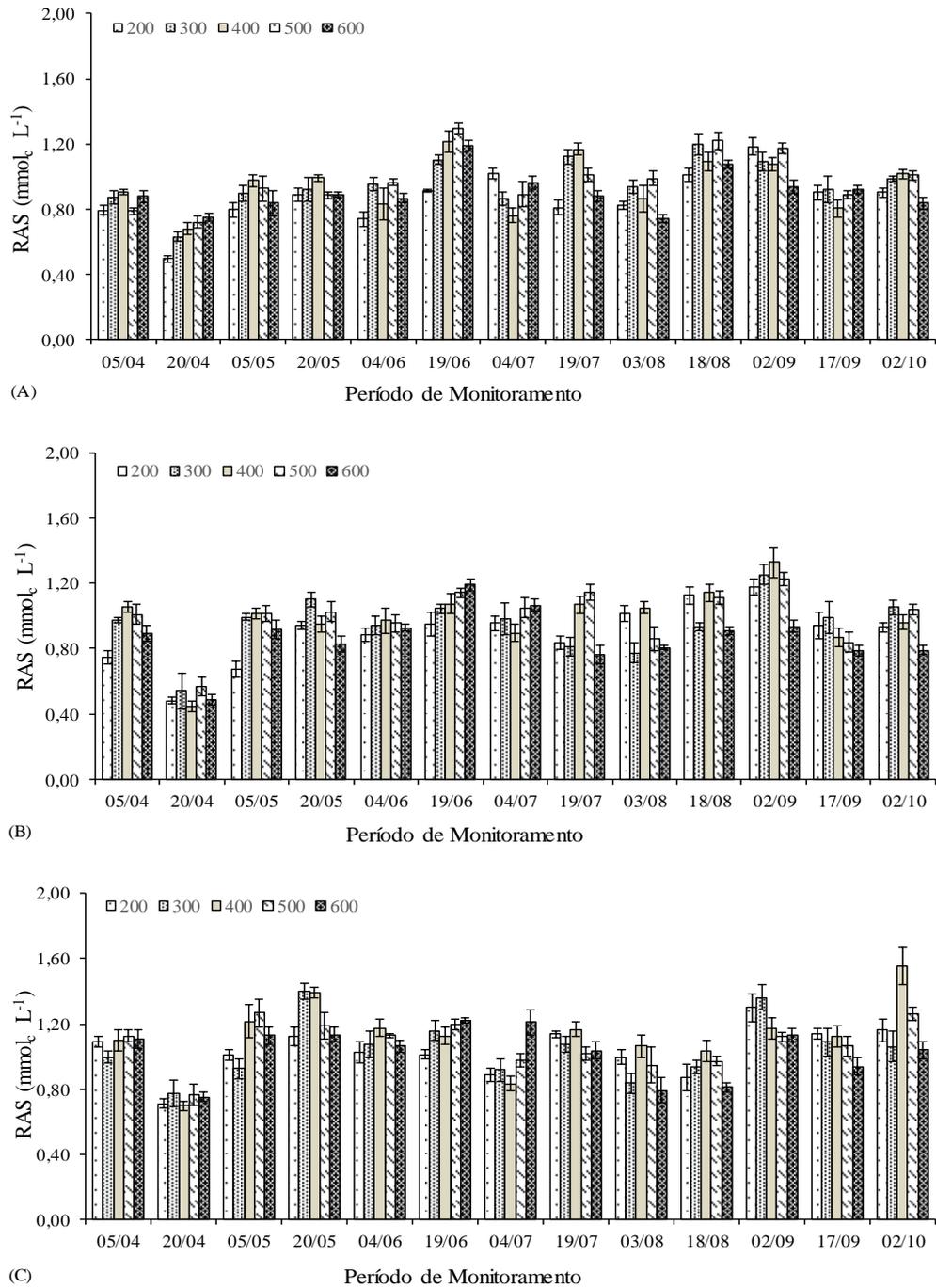


Figura 10. Médias e erro padrão da razão de adsorção de sódio do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’.

Observa-se que não houve acúmulo de sódio devido às sucessivas aplicações do efluente, e conseqüentemente, problemas de sodificação ao longo do período monitorado. Deve-se ressaltar que os valores de RAS, tanto para o efluente usado como nos valores encontrados na solução do solo (Anexos C e D, Figuras 9 e 10), eram baixos, sendo menores que os valores médios, os quais podem afetar o desenvolvimento e rendimento das culturas, ou seja, $3,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (AZEVEDO et al., 2017).

Para que a prática da utilização desses efluentes seja sustentável, torna-se necessário o monitoramento das possíveis alterações nas características químicas do solo ao longo do tempo (URBANO et al., 2017), uma vez que estas alterações podem ser decorrentes da dose, frequência de aplicação e da demanda nutricional da cultura explorada (MARQUES et al., 2018). Neste sentido, o parcelamento e o fornecimento do efluente de suinocultura no momento em que a cultura necessitava dos nutrientes fez com que os resultados encontrados fossem satisfatórios em relação aos problemas que o uso desses efluentes pode ocasionar.

Tendo em vista que a razão de adsorção de sódio encontra-se diretamente relacionada com a concentração do sódio, quanto menor for sua concentração em relação às de cálcio e magnésio, menor será o valor desta variável (SMANHOTTO et al., 2009). Isso justifica os baixos valores reportados neste trabalho, uma vez que as concentrações médias encontradas na solução do solo foram de 0,40 a 1,2; 0,43 a 1,8 e 0,26 a 1,2 $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ para o sódio, cálcio e magnésio, respectivamente.

Nas Figuras 11 e 12 estão apresentados os valores médios do pH na solução do solo, para primeiro e segundo ciclo da bananeira 'Terra', respectivamente. Nota-se que houve uma similaridade, sem alterações expressivas dessa variável nas diferentes doses e entre as profundidades estudadas, independente do período de monitoramento.

Os valores médios encontrados no primeiro ciclo foram de 6,46; 6,47; 6,42; 6,50 e 6,42 na faixa de profundidade de 0-15; 6,43; 6,52; 6,54; 6,55 e 6,50 na faixa de profundidade de 15-30; e 6,46; 6,53; 6,55; 6,61 e 6,51 na faixa de profundidade 30-45 cm, nas doses correspondentes a 200; 300; 400; 500 e 600 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de potássio, respectivamente. Os resultados encontrados estão de acordo com avaliações de outros trabalhos, como Cabral et al. (2011) e Silva (2018) em cultivo com capim elefante e sistema agroflorestal, respectivamente, em que observaram não haver relação de dependência entre o pH do solo e as diferentes doses de efluente da suinocultura.

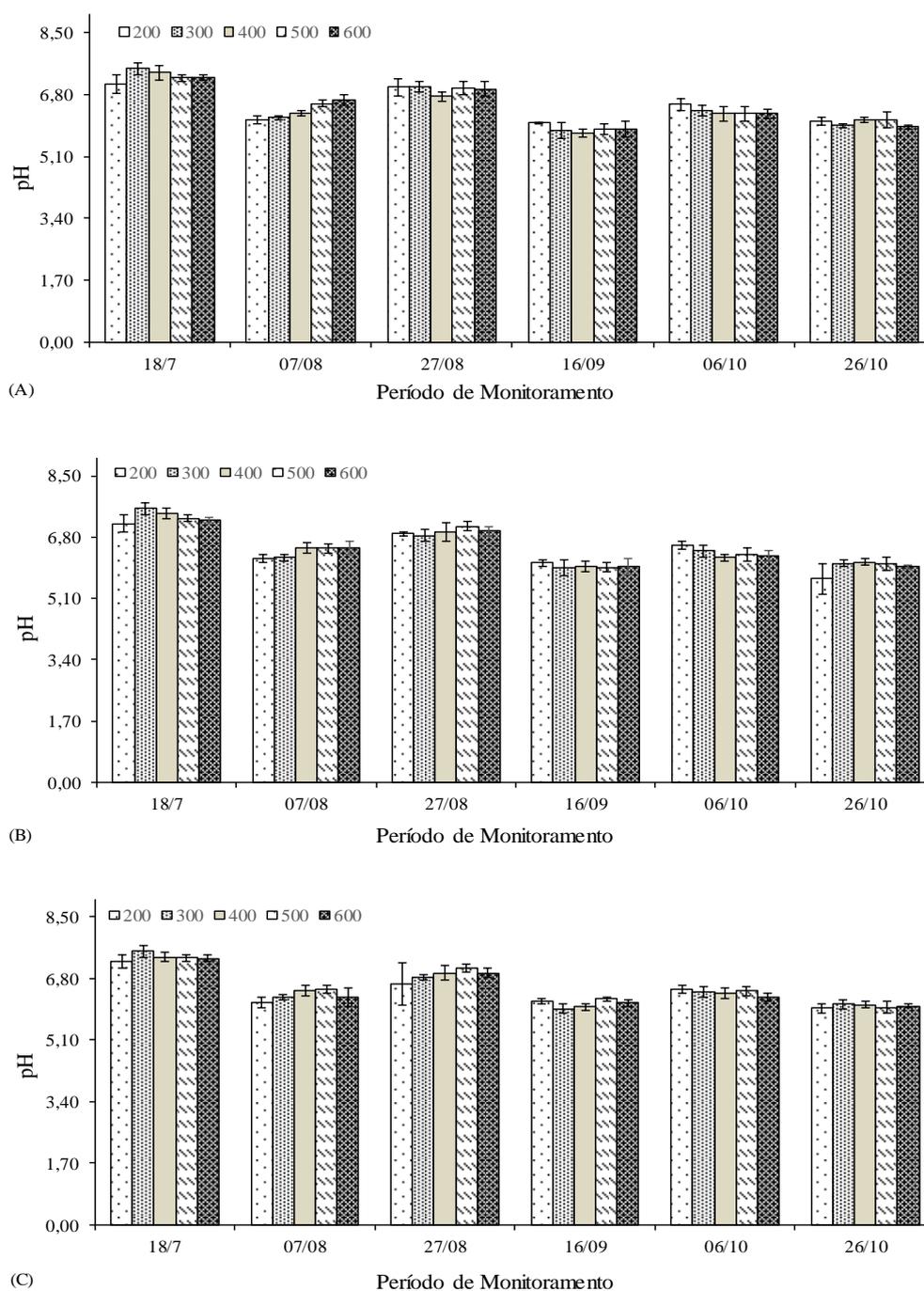


Figura 11. Médias e erro padrão do pH de sódio do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no primeiro ciclo da bananeira ‘Terra’.

Porém, no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’ (Figura 12), houve uma pequena diminuição dos valores de pH na dose de $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K do efluente de suinocultura, com exceção dos períodos de monitoramento correspondentes aos dias 05/04 e 02/10. Da mesma forma, Bolzani et al. (2012), ao avaliar a aplicação do efluente de suinocultura quanto

aos seus efeitos no solo de textura arenosa e na qualidade dos seus lixiviados, observaram que os valores de pH decresceram em função do aumento da dose do efluente, podendo ocorrer um efeito residual ácido em função da reação de nitrificação.

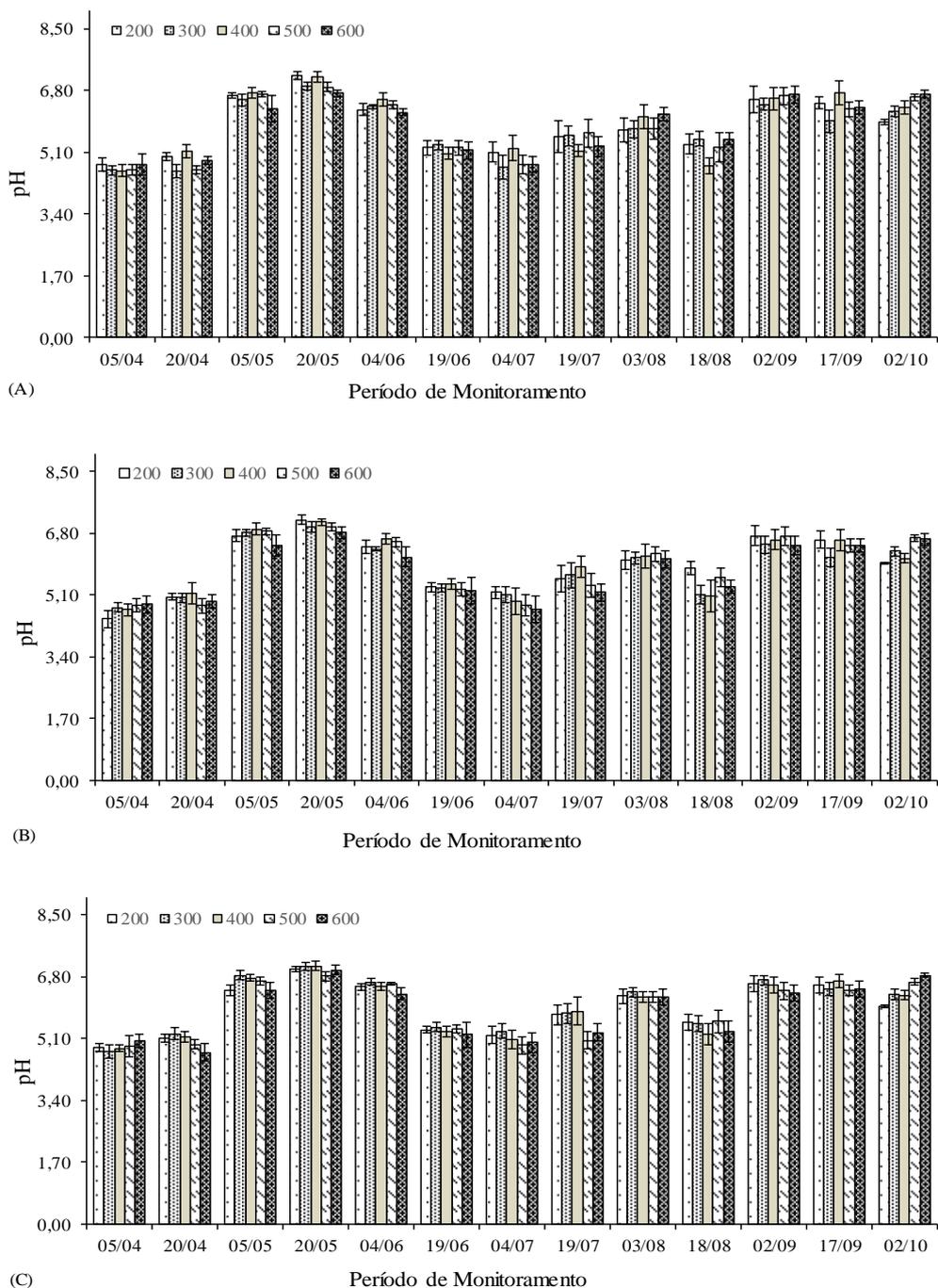


Figura 12. Médias e erro padrão do pH de sódio do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente da suinocultura, para cada período de monitoramento e faixa de profundidade 0-15 (A), 15-30 (B) e 30-45 (C) cm, no segundo ciclo da bananeira ‘Terra’.

Segundo Cassol et al. (2012), altos valores de nitrogênio nesses efluentes, e consequentemente as reações de nitrificação, ou seja, o processo de transformação de amônia (NH_3^+) em nitrito (NO_2^-) e depois em nitrato (NO_3^-), por processo microbiano que ocorre após a sua aplicação, tendem a reduzir os valores de pH na solução do solo, podendo levar à acidificação do solo. Para Caovilla et al. (2010), a diminuição dos valores do pH pode estar associada à lixiviação de bases, como o cálcio e magnésio, sendo substituídos, no complexo de troca, por elementos acidificantes, como os hidrogênio, manganês e alumínio, promovendo grau elevado de acidez.

Tomando os valores de pH entre 4,5 a 7,0 como faixa ideal para o desenvolvimento da bananeira, uma vez que não há risco de toxicidade para o alumínio e hidrogênio, e onde todos os nutrientes essenciais às plantas estão com disponibilidade intermediária (MENEZES & GALVÃO, 2004), o monitoramento desta variável deve ser realizado. Dessa forma, a maioria dos valores encontrados neste trabalho encontram-se dentro dos limites considerados como ideais, sem causar problemas de alcalinização ou acidificação da solução do solo.

Deste modo, o uso do efluente de suinocultura, quando utilizado com critérios técnicos, em doses adequadas e de acordo com a curva de crescimento e absorção de nutrientes da cultura, apresenta possibilidade para suprir a demanda nutricional das culturas com interesse agrícola, sem provocar riscos ao meio ambiente.

4. CONCLUSÕES

O uso de efluente da suinocultura na fertilização do solo cultivado com bananeira 'Terra' mantém os valores de potássio, condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio e pH da solução do solo dentro dos padrões recomendados para o sistema solo-planta, não apresentando riscos quanto à salinidade, sodicidade e acidez no solo. Retratando, desta forma, uma opção viável para o uso agrícola em cultivo da bananeira 'Terra'.

5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 1-22, 2006.

ANDRADE NETO, T. M. Monitoramento de íons na solução e no extrato de saturação do solo sob aplicação de diferentes concentrações de sais fertilizantes na água de irrigação em bananeira da terra. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz Das Almas/Bahia. 78 p. 2009.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO, 1999,153p. (Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

AZEVEDO, P. R.; BEZERRA, D. L.; SOUTO, F. M.; BITU, S. G.; PEREIRA JUNIOR, E. B. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. **Revista de Agroecologia no Semiárido**. v. 1, n.1, p.01-12. 2017.

BALLESTERO, M. S. Bananos: Técnicas de Producción, Manejo Poscosecha y Comercialización. 3. ed. San José, Costa Rica. **Litografía e Imprenta LIL**. 2014. P. 553-733.

BARBOSA, F. E. L. Crescimento, fisiologia e produção da bananeira prata anã associada a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza/Ceará. 92 p. 2012.

BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. Características químicas do solo influenciadas Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.47-51, 2005.

BOLZANI, H. R.; OLIVEIRA, D. L. A.; LAUTENSCHLAGER, S. R. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados. **Eng Sanit Ambient**. v.17, n.4, 2012.

BURTON, C. H. Processing strategies for farm livestock slurries – na EU collaboration. **Ingénieries**, Cachan, p.5-10, 1996.

CABRAL, J. R.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A. S.; BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 8, p. 828-831, 2011.

CAOVILLA; F. A.; SAMPAIO, S. C.; SMANHOTTO, A.; NÓBREGA, L. H. P.; QUEIROZ, M. M. F.; GOMES, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.692-697, 2010.

CASSOL, P. C. et al. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1911-1923, 2012.

COELHO, A. M. Fertirrigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed). **Quimigação**. Brasília: EMBRAPA, Serviço de Produção de Informação, p.201-228, 2004.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, R. C.; PAMPONET, A. J. M. Necessidades hídricas de bananeira tipo Terra em condições de tabuleiros costeiros. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.9, p.1260-1268, 2013.

COELHO, E.F.; COSTA, E.L.; TEIXEIRA, A. H. C.; OLIVEIRA, S.L. **Irrigação da Bananeira**. Cruz das Almas,BA.; Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 53).

CONCEIÇÃO, B. S.; COELHO, E. F.; ANDRADE NETO, T. M.; BARROS, D. L.; PORTO, G. G. Condutividade elétrica e ph da solução do solo sob fertirrigação com diferentes fontes de nitrogênio e de potássio. **XXXIII Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo**. Uberlândia-MG. 2014.

COSCIONE, A. R.; SILVA, L. F. M.; DE MARIA, I. C.; ANDRADE, C. A.; FERRACINI, VERA. L. Solução do solo e análise de componentes principais para monitoramento da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38: 1654-1662, 2014.

DANTAS; D. C.; SILVA, E. F. F.; DANTAS, M. S. M.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Cultivation of sunflower irrigated with domestic sewage treated in Quartzarenic Neosol. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v.13, n.2, 5520, 2018.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 627p. 2009.

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, 412 p. il. 1999.

FIA, F. R. L.; MATOS, A. T.; FIA, R.; BORGES, A. C.; ABREU, E. C. Influência da carga de nutrientes e da espécie cultivada na remoção de K, Na, Cu e Zn da água residuária da suinocultura tratada em sistemas alagados construídos. **Revista Ambiente e Água**. v. 10, 2015.

FRANCISCO, J. P.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, L. B. D.; SILVA, J. G. B. Monitoramento da condutividade elétrica e ph da solução do solo sob diferentes doses de aplicação de vinhaça. **Engenharia na agricultura**, Viçosa/MG. v.23, n.6, 2015.

GARCIA, R. V. Sistema radicular de bananeira irrigada por aspersão convencional e microaspersão no Projeto Jaíba–MG. 2000. 47 f. **Dissertação** (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

HOLANDA, J.S; AMORIM, J.R.A; FERREIRA NETO, M. HOLANDA, A.C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. Org (s). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT SAL, p. 43-61. 2010.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. 2020. Disponível em: <<https://meteorologia.incaper.es.gov.br/graficos-da-serie-historica-alegre>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, California: Rain Bird Sprinkler. 133p. 1975.

LACERDA FILHO, R. et al. Densidade do sistema radicular da bananeira „Pacovan“ sob irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 538-539, 2004.

LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 6, n. 11; 2010.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre-ES. **Cienc. Agron**. v. 54; n. 39, p. 327-332, 2008.

LIMA, L. A.; OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; DIAS, N. S. Monitoramento da concentração iônica na solução do solo cultivado com pimentão sob manejos de fertirrigação. **II INOVAGRI International Meeting**, 2014.

MARTIN-PRÉVEL, P. Exigências nutricionais da bananicultura. In: **Simpósio brasileiro sobre bananicultura**. Jaboticabal, 1984. Anais. Jaboticabal, FCAV/ UNESP, p.118-34, 1984.

MARQUES, M. V. A.; MATOS, A. T.; SILVA, D. A. P.; SILVÉRIO, T. H. R. Sodicidade e salinidade de solo submetido à fertirrigação com esgoto bruto aplicado em sulcos fechados. **Engenharia na Agricultura**, v.26, n.5, p. 464-472, 2018.

MENEZES, A. J. E. A.; GALVÃO, E. U. P. Bananeira: Recomendações de Cultivo. **Comunicado Técnico, 113**. Belém, PA. 2004.

MORENO, N. B. C.; SILVA, A. A.; SILVA, D. F. Análise de variáveis meteorológicas para indicação de áreas agrícolas aptas para banana e caju no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 09, n. 01, 2016.

NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 25-32, 2009.

OLIVEIRA, F.A. Cultivo de pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação. 2012. 222p. **Tese** (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

PEREIRA, E. R.; DEMARCHI, J. J. A. A.; BUDIÑO, F. E. L. A questão ambiental e os impactos causados pelos efluentes da suinocultura. 2009. **Artigo em Hypertexto**. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/QAmbiental/index.htm>. Acesso em: 29 jan. 2020.

PESSOA, L.G. M., OLIVEIRA, E. E. M., FREIRE M. B. G. dos S.; FREIRE, F. J., MIRANDA, M. A.; SANTOS, R. L. Composição química e salinidade do lixiviado em dois solos cultivados com cebola irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE. v. 5, n. 3, p. 406-412, 2010.

PREZOTTI L. C; GOMES. J. A.; DADALTO. G. G; OLIVEIRA. J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª aproximação**. Vitória, ES. SEEA/INCAPER/CEDAGRO. 305p. 2007.

RICHARDS, L. A. (Ed.). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sodicos. 5. ed. México: Centro Regional de Ayuda Técnica (Centro Regional de Ayuda Técnica. **Manual de Agricultor**, 60). 172p, 1970.

ROSA, D. R.; SAMPAIO, S.C; PEREIRA, P. A. M.; MAULI, M. M.; REIS, R. R. Swine wastewater: impacts on soil, plant, and leachate. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 5, p. 928-939, 2017.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1375-1383, 2010.

SILVA, J. B. G.; MARTINEZ, M. A.; PIRES, C. S.; ANDRADE, I. P. S.; SILVA, G. T. Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 250-263, 2012.

SILVA, M. A. A. P. A. Aplicação de água residuária de suinocultura após dois anos sucessivos em sistema agroflorestal. 2018. 64p. **Mestrado** (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

SILVA, S. F. Uso da vinhaça na cultura do milho: efeitos no solo, nos teores nutricionais do tecido foliar e na produção durante três safras. 2017. 92p. **Tese**. (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2017.

SILVA, S. O.; ALVES, E. J.; SHEPHERD, K.; DANTAS, J. L. L. Cultivares. In: ALVES, E. J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, sioeconômicos e agroindustriais**. 2. Ed. Brasília: EMBRAPA, SPI. p. 85-106, 1999.

SMANHOTTO, A.; SOUSA, A. P.; SAMPAIO, S. S.; NÓBREGA, L. H. P.; PRIOR, P. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 347-357, 2010.

SOUZA, E. R.; MELO, H. F. M.; ALMEIDA, B. G. A.; MELO, D. V. M. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.510-517, 2013.

TASCA, F. A. Et al. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35, n. 2, p. 493-502, 2011.

URBANO, V.R.; MENDONÇA, T.G.; BASTOS, R.G.; SOUZA, C.F. Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. **Agricultural Water Management**, v.181, p.108- 115, 2017.

CAPITULO 2

Produção da bananeira ‘Terra’ e alterações químicas da solução do solo decorrentes da aplicação do efluente de suinocultura

RESUMO: O correto uso do efluente da suinocultura em cultivos agrícolas pode vir a contribuir no fornecimento de nutrientes às plantas sem comprometer a qualidade do solo e apresentar melhorias na produção. Neste sentido, objetivou-se com a realização deste estudo avaliar a produção da bananeira ‘Terra’ e as possíveis alterações das características químicas da solução do solo decorrente da aplicação de diferentes doses de potássio advindo do efluente da suinocultura. O estudo foi desenvolvido na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de Alegre, ES. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. Para a avaliação das características químicas da solução do solo, o arranjo experimental foi em parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas as doses de potássio advindo do efluente de suinocultura em cinco níveis (200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ da demanda anual de potássio da bananeira ‘Terra’); nas subparcelas faixas de profundidades de coleta do solo em três níveis (0-15, 15-30 e 30-45 cm) e nas subsubparcelas períodos amostrais em dois níveis (antes e depois das aplicações), sendo avaliada a razão de adsorção de sódio, potássio, condutividade elétrica e pH. Já para as avaliações de produção, o experimento foi considerado em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo os tratamentos compostos pelas cinco doses de potássio advindo do efluente de suinocultura (200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ da demanda anual de potássio), avaliando o peso do cacho, peso do fruto e produtividade. A partir dos resultados, verificou-se que o uso de efluente da suinocultura na fertilização do solo cultivado com bananeira ‘Terra’ promove tanto o aumento dos valores das variáveis de produção, como nos valores características químicas da solução do solo, porém, com baixo risco de sodicidade, salinidade e acidez.

Palavras-chave: Reuso. Fruticultura. Produtividade.

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é responsável pela diversificação agrícola de vários municípios do Espírito Santo; além de gerar renda, vem contribuindo diretamente para a redução do êxodo rural, devido ao aumento da oferta de empregos no campo. Possui grande importância por caracterizar-se como uma atividade exercida não apenas por grandes e médios produtores, mas principalmente/predominantemente pela agricultura familiar (SILVA et al., 2014).

Segundo o Boletim da Conjuntura Agropecuária Capixaba (2018), dentre as frutas cultivadas de maior importância para o Estado, tanto em termos econômicos como sociais, a banana destaca-se, sendo a mais produzida, com cerca de 408 mil toneladas, apresentando 37% da produção em comparação com as demais frutas. Considerada uma atividade expressivamente

desenvolvida por produtores familiares, gera cerca de 30 mil postos de empregos e cerca de 28 mil hectares de área plantada (COSTA et al., 2018; CHIODI et al., 2020).

Uma vez que a exigência nutricional da bananeira é extremamente alta, Prezotti et al. (2007) estimaram que a quantidade de nutrientes necessários para a produção de frutas com qualidade superior pode chegar a 700; 500 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio, nitrogênio e fósforo, respectivamente, para as condições do Estado do Espírito Santo, fazendo com que, a adubação química seja responsável por 30 a 60% do custo de produção (SANTANA et al., 2004; PACHECO et al., 2016).

Nesse contexto, a utilização de meios alternativos para o fornecimento de nutrientes para as plantas, com custo reduzido e que promova a sustentabilidade ambiental, torna-se necessário, principalmente por se tratar de uma atividade recorrente na agricultura familiar que busca otimização de gastos, promovendo incremento da rentabilidade pela economia com fertilizantes químicos.

Dentre as possibilidades de reuso, o efluente de suinocultura pode se tornar uma opção economicamente viável no cultivo da banana nas propriedades rurais do Espírito Santo, pois constitui fonte de nutrientes essenciais, os quais são necessários à nutrição vegetal (GARCIA et al., 2019; NASCIMENTO et al., 2017). Em trabalho desenvolvido por Maggi et al. (2011) foi encontrado um total de 462,0; 887,0 e 108,0 mg L⁻¹ de potássio; nitrogênio e fósforo, respectivamente. Prior et al. (2015) observaram que a constituição do efluente de suinocultura foi de 150,0; 1.073,0 e 170,0 mg L⁻¹ de potássio, nitrogênio e fósforo, respectivamente. Já Brumati (2018) encontrou em sua constituição 242,0 e 1,95 mg L⁻¹ de potássio e fósforo, respectivamente.

Estudos vêm sendo amplamente desenvolvidos, demonstrando os benefícios em áreas agrícolas em que se utiliza o efluente da suinocultura, tanto na melhoria nos atributos físicos, físico-químicos, químicos e biológicos do solo, bem como na produtividade das culturas (BOLZANI et al., 2012). Schlegela, et al. (2017), Manso et al. (2016), Bosco et al. (2008), Alves Neto et al. (2016), entre outros, obtiveram resultados satisfatórios no aumento da produtividade de diferentes culturas, melhorias físicas e químicas no solo com o uso desses efluentes como complementação ou fonte de adubação.

Porém o uso contínuo desses efluentes requer a adoção de critérios, pois o manejo inadequado e a disposição final sem gestão ambiental, em doses e frequências elevadas, acima da capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas, podem provocar incrementos desproporcionais na disponibilidade dos nutrientes na solução do solo, resultando no

desequilíbrio químico, alterações nas propriedades físicas do solo e fitotoxicidade devido aos sais dissolvidos (CASSOL et al., 2011; DA ROS et al., 2017). Podendo, dessa forma, aumentar o risco de salinização, sodicidade e acidez do solo, entre outros problemas.

Diante do exposto, é imprescindível o estudo que auxilie os produtores familiares a adotarem formas de manejo que priorizem a diminuição do uso de fertilizantes químicos, sem comprometer a qualidade do solo e que busquem a maximização da produção com custo reduzido.

Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a produção da banana ‘Terra’ e as possíveis alterações nas características químicas da solução do solo em diferentes faixas de profundidades, decorrentes de aplicações sucessivas do efluente da suinocultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local do experimento

O experimento foi desenvolvido em condições de campo na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUEFES) em Alegre, ES, apresentando altitude de 119 m e coordenada geográfica latitude 20°44’45’’S e longitude 41°29’11’’O (Figura 1).



Figura 1. Localização da Área Experimental no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, município de Alegre, ES.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante da região é do tipo Cwa, caracterizado por verão quente e chuvoso e inverno frio e seco, com temperatura anual mínima, média e máxima de 15, 23 e 34°C, respectivamente, e precipitação anual em torno de 1.341 mm (INCAPER, 2020; LIMA et al., 2008).

Os dados climáticos monitorados durante os períodos de aplicação do efluente da suinocultura para os dois ciclos, ou seja, evapotranspiração e precipitação (Figura 2) e temperatura média, máxima e mínima (Figura 3) foram obtidos por meio da estação do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, na Estação de Meteorologia: Alegre-A617, Código OMM: 86828 (INMET, 2019), localizado próximo ao experimento.

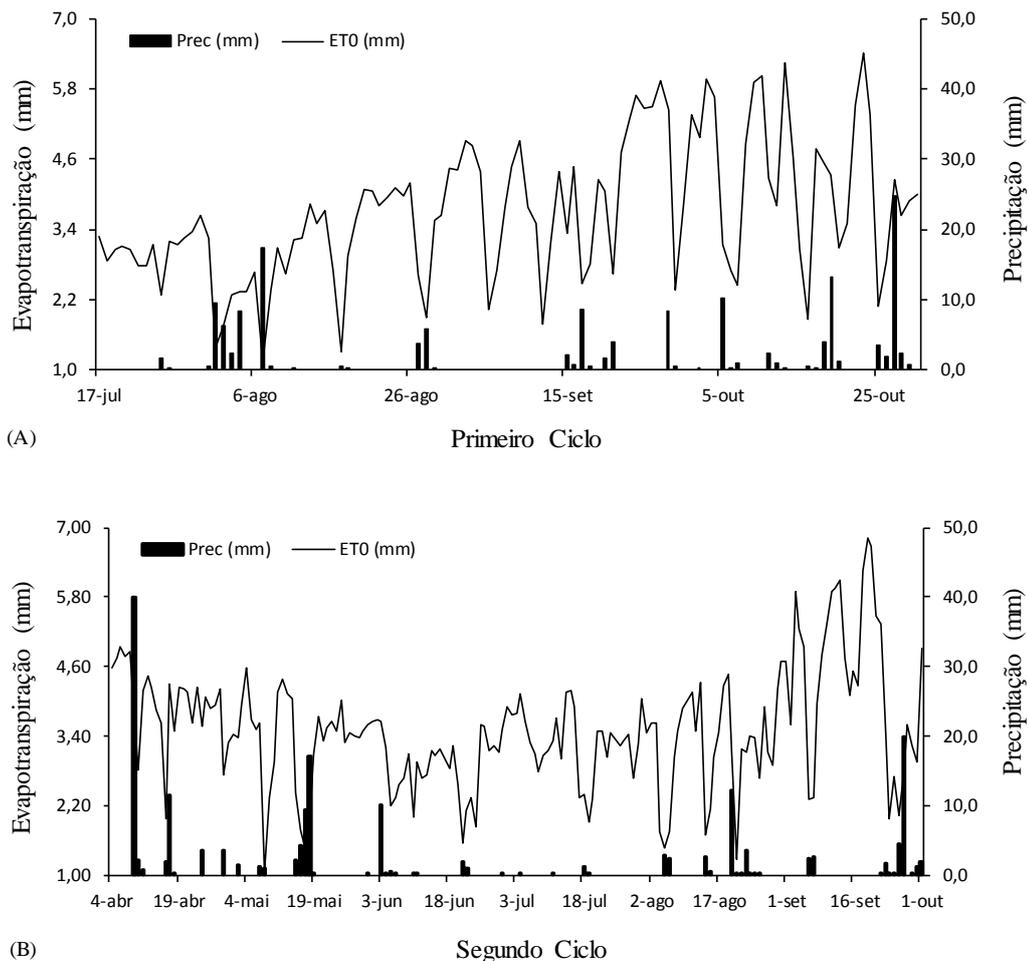


Figura 2. Dados diários da evapotranspiração e precipitação obtidos no período de aplicação do efluente da suinocultura, no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) da bananeira ‘Terra’.
Fonte: INMET (2019).

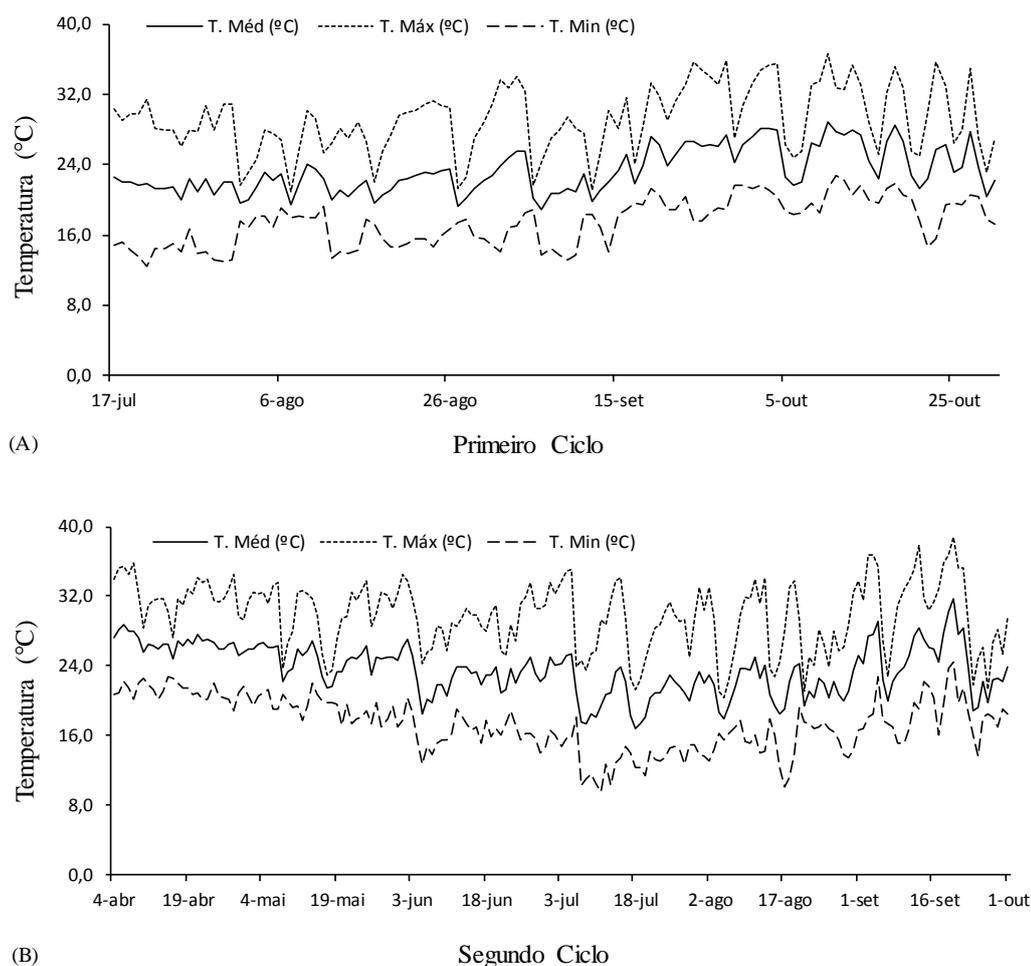


Figura 3. Dados diários da temperatura média, máxima e mínima obtidos no período de aplicação do efluente da suinocultura, no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) da bananeira ‘Terra’.

Fonte: INMET (2019).

2.2 Caracterização do solo e do efluente utilizado no experimento

O solo em que o experimento foi implantado é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. Nesse solo foram coletadas amostras nas faixas de profundidade de 0-20 e 20-40 cm antes da implantação do experimento e encaminhadas ao laboratório para caracterização química e física (Tabela 1) conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (2009).

Tabela 1. Caracterização química e física das amostras de solo coletadas antes da instalação do experimento

Atributos químicos	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
¹ pH H ₂ O	6,01	5,98
² Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	1,48	4,10
² Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	2,46	2,17
² Alumínio (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00
³ Fósforo (mg dm ⁻³)	95,62	42,35
³ Potássio (mg dm ⁻³)	329,00	263,00
³ Sódio (mg dm ⁻³)	31,00	35,00
³ Ferro (mg dm ⁻³)	197,00	197,00
³ Zinco (mg dm ⁻³)	1,00	0,70
³ Cobre (mg dm ⁻³)	1,50	0,80
⁴ Enxofre (mg dm ⁻³)	13,00	9,00
⁵ Boro (mg dm ⁻³)	0,22	0,19
Soma de Bases (cmol _c dm ⁻³)	4,97	7,09
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,87	8,66
Saturação por bases (%)	72,37	81,89

Atributos físicos	Profundidade (cm)	
	0-40	
Areia (%)	66,00	
Silte (%)	11,00	
Argila (%)	23,00	
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,258	
Capacidade Campo (kg dm ⁻³)	0,227	
Ponto de Murcha (kg dm ⁻³)	0,109	

1. Água - Relação 1:2,5; 2. Cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria; 3. Mehlich¹; 4. Fosfato monocálcico ác. acético; 5. Água quente.

O efluente de suinocultura utilizado no experimento foi proveniente da unidade de criação de suínos existente próxima ao local do experimento. Na Tabela 2, encontra-se a caracterização química do efluente.

Tabela 2. Caracterização química do efluente da suinocultura utilizado no experimento durante o primeiro e segundo ciclo da bananeira ‘Terra’

Atributos Químicos	Primeiro Ciclo	Segundo Ciclo
pH H ₂ O	7,80	6,70
CE (dS m ⁻¹)	2,90	2,64
Razão de adsorção de sódio	1,69	1,42
Cálcio (meq L ⁻¹)	4,44	3,27
Magnésio (meq L ⁻¹)	3,48	2,26
Fósforo (mg L ⁻¹)	22,48	26,33
Potássio (mg L ⁻¹)	262,00	235,67
Nitrogênio (Nitrato) (mg L ⁻¹)	390,00	365,00
Sódio (meq L ⁻¹)	3,36	2,36
Ferro (mg L ⁻¹)	0,26	0,30
Zinco (mg L ⁻¹)	0,03	0,02
Manganês (mg L ⁻¹)	0,20	0,10
Cobre (mg L ⁻¹)	0,03	0,02
Boro (mg L ⁻¹)	0,67	0,17
Cloro (meq L ⁻¹)	0,80	0,20
Alumínio (meq L ⁻¹)	0,00	0,00
Sulfato (meq L ⁻¹)	0,97	1,02
Bicarbonato (meq L ⁻¹)	0,32	0,10
Dureza (CaCO ₃) (mg L ⁻¹)	189,45	276,38

O efluente bruto da suinocultura passou por um sistema de tratamento preliminar, constituído por gradeamento para retenção dos sólidos mais grosseiros, um decantador e uma lagoa de estabilização. Após tratado, o efluente foi coletado, transportado e armazenado em um reservatório de 5.000 litros próximo à área do experimento para o seu uso.

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. Para a avaliação das características químicas da solução do solo, o esquema experimental foi em parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas doses de potássio, em cinco níveis, advindo do efluente de suinocultura (200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ da demanda anual

de potássio da bananeira ‘Terra’); e nas subparcelas faixas de profundidades de coleta ode solo em três níveis (0-15, 15-30 e 30-45 cm) e nas subsubparcelas períodos amostrais em dois níveis (antes e depois das aplicações).

Para as avaliações de produção, o experimento foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo os tratamentos as cinco doses de potássio advindo do efluente de suinocultura (200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ da demanda anual de potássio).

2.4 Condução do experimento

O preparo do solo constou de uma aração a 40 cm de profundidade e uma sulcagem para o plantio das mudas, nas dimensões de 40 cm de largura x 40 cm de profundidade. Utilizou-se no experimento mudas constituídas por rizomas do tipo chifre do grupo ‘Terra’ (*Musa* sp. AAB, subgrupo Terra).

O plantio foi realizado no dia 26 de dezembro de 2017, com espaçamento 2,5 metros entre fileiras e 2,0 metros entre plantas, em uma área total de aproximadamente 1.200 m², contendo 231 plantas. Foram utilizadas 25 parcelas experimentais, sendo a parcela constituída por três plantas úteis. Na Figura 3 é possível observar a ilustração da área experimental indicando a disposição dos blocos e das diferentes doses do efluente de suinocultura.

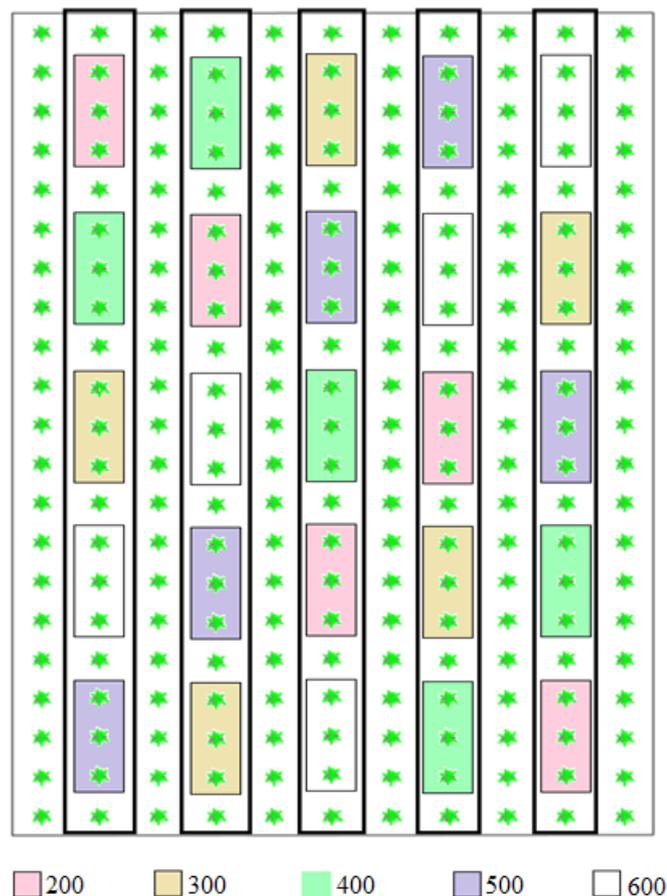


Figura 4. Representação esquemática da unidade experimental indicando a disposição dos blocos e das doses de efluente de suinocultura (200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio).

O bananal foi conduzido no sistema família, por meio de desbaste, deixando-se apenas um segmento por geração. As bananeiras foram irrigadas através de um sistema de irrigação localizada por microaspersão.

O primeiro ciclo compreendeu o período de dezembro de 2017 a outubro de 2018, sendo interrompido por um temporal no dia 27/10/18, impedindo, dessa forma, a conclusão de algumas atividades preestabelecidas no cronograma, como parte da aplicação do potássio advindo do efluente (22,3; 87,50; 152,7; 217,9 e 283,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ nas doses de 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente) e colheita dos frutos. A partir dessa data, iniciou-se o segundo ciclo, que durou até novembro de 2019.

As adubações foram feitas de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007). No primeiro ciclo foi feita a adubação de plantio, aplicando 200,0 kg de superfosfato simples por hectare, e duas adubações de cobertura (02/02/18 e 13/13/18), totalizando 140,0 kg de sulfato de amônia e

120,0 kg de cloreto de potássio por hectare, distribuídas de forma manual a uma distância de 40 cm do pseudocaule da planta.

Da mesma forma, no segundo ciclo foram feitas as duas adubações de cobertura (28/11/18 e 12/02/19), totalizando 140,0 kg de sulfato de amônia e 120,0 kg de cloreto de potássio por hectare. Além da adubação de plantio e cobertura, foi feita a aplicação de 20 g de ácido bórico e sulfato de zinco por planta, no dia 22/09/18.

Os demais tratos culturais recomendados para a cultura foram realizados ao longo do período experimental, como: capinas e roçadas, para o controle de plantas daninhas; desbrota; desfolhas, retirando-se as folhas secas; escoramento; corte do coração a 20 cm de distância da última penca.

2.5 Aplicação do efluente de suinocultura

A aplicação do efluente iniciou-se quando as plantas atingiram o sexto mês de desenvolvimento, período no qual inicia-se a maior demanda de potássio pela cultura. O fornecimento foi feito manualmente por meio de uma mangueira conectada a um hidrômetro, para a correta dosagem em cada planta para cada tratamento.

O volume aplicado em cada tratamento foi determinado levando-se em consideração o teor de potássio no efluente, a fim de totalizar 200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ da demanda anual de potássio segundo o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007). Desta forma, os níveis das doses de potássio consistiram em:

- Primeiro ciclo: 108,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio aplicado via adubação química (adubação de plantio e cobertura) e o restante aplicado via efluente da suinocultura, até atingir o total de potássio correspondente a cada tratamento. As aplicações foram realizadas com intervalo de 20 dias, totalizando seis aplicações;

- Segundo ciclo: 72,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio aplicado via adubação química (adubação de plantio e cobertura) e o restante aplicado via efluente da suinocultura, até atingir o total de potássio correspondente a cada tratamento. As aplicações foram realizadas com intervalo de 15 dias, totalizando 13 aplicações.

A quantidade de potássio aplicado durante a condução do experimento, por meio das diferentes doses de efluente suinocultura durante o primeiro e segundo ciclo, está descrita na Tabela 3.

Tabela 3. Aporte de potássio (kg ha⁻¹ ano⁻¹) nas diferentes doses de efluente de suinocultura durante o primeiro e segundo ciclo da bananeira ‘Terra’

Doses de Potássio Advindo do Efluente	Primeiro Ciclo	Segundo Ciclo
-----kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----		
200	69,64	132,07
300	104,46	235,63
400	139,28	339,19
500	174,10	442,75
600	208,92	523,18

2.6 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi realizado via clima, de acordo com a demanda da evapotranspiração cultura, com o turno de rega diário. Para isso, foi calculada a evapotranspiração de referência diária (ET₀), a partir da equação de Penman-Monteith-FAO 56 proposta por Allen et al., (1998), conforme apresentado na Equação 1:

$$ET_0 = \frac{0,408 * \Delta * (R_n - G) - \gamma * \frac{37}{(T_{Med} + 273)} U_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET₀: Evapotranspiração de referência, em mm/dia;

R_n: Radiação líquida à superfície da cultura, MJ/m²/dia;

G: Densidade do fluxo de calor do solo, MJ/m²/dia;

T: Temperatura do ar a 2,0 m de altura, °C;

U₂: Velocidade de vento a 2,0 m de altura, m/s;

e_s: Pressão de saturação de vapor, kPa;

e_a: Pressão atual de vapor, kPa;

e_s – e_a: Déficit de pressão de saturação de vapor, kPa;

Δ - Declividade da curva de pressão de saturação de vapor x temperatura, kPa/°C;

γ : Constante psicrométrica, kPa/°C.

O coeficiente da cultura (K_c) foi utilizado para ajustar os valores da ET_0 para se obter a demanda hídrica da cultura. Os valores de K_c para a bananeira podem variar de acordo com o seu estágio de desenvolvimento, sendo utilizados os valores iguais a 0,90; 1,00; 1,05 e 0,90 na fase inicial, vegetativo, frutificação e maturação, respectivamente, segundo Coelho et al., (2003) e Coelho et al., (2013). Dessa forma, a ET_c foi calculada pela Equação 2:

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (2)$$

Em que:

ET_c : Evapotranspiração da cultura (mm);

ET_0 : Evapotranspiração de referência (mm);

K_c : Coeficiente da cultura;

A partir dos valores obtidos para ET_c , foi possível calcular as lâminas de irrigação necessárias para satisfazer a demanda da evapotranspiração da cultura. Com isso, as lâminas de irrigação totais necessárias (ITN), em mm, foram calculadas, para cada tratamento, pela Equação 3:

$$ITN = \frac{IRN}{E_a} \quad (3)$$

Em que:

IRN: irrigação real necessária correspondente ao valor de ET_c , mm;

E_a : eficiência da irrigação.

Por fim, o tempo total de irrigação foi determinado por meio da Equação 4:

$$T_i = ITN * \frac{A_t}{n * q} \quad (4)$$

T_i : tempo total de irrigação, h;

A_t : área ocupada pela planta, m²;

n: número de microaspersores por planta;

q: vazão dos emissores, L h⁻¹.

Foi utilizado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), como indicador de uniformidade de distribuição de água, empregando-se a Equação 5:

$$CUC = 100 * \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |L_i - L_m|}{n * L_m}\right) \quad (5)$$

Em que:

CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %;

L_i : Lâmina coletada em cada emissor, mm;

L_m : Lâmina média coletada, mm;

n: Número de emissores avaliados.

Para a coleta de dados para o cálculo do CUC, foi utilizada a metodologia de Keller & Karmeli (1975), que consiste na coleta de vazões de quatro linhas laterais, ou seja, a primeira, a linha lateral situada a 1/3 da origem, a situada a 2/3 e a última linha lateral de cada unidade operacional do projeto de irrigação em estudo. Da mesma forma, em cada uma das linhas laterais são selecionados quatro emissores, o primeiro emissor, o situado a 1/3, 2/3 do comprimento da linha lateral e o último emissor. Com o auxílio de um balde, utilizado como coletor, um cronômetro digital e uma proveta graduada de 500 mL efetuou-se a medição da vazão dos emissores.

2.7 Avaliações

Para a avaliação química da solução do solo, amostras de solo foram coletadas do local onde se aplicava o efluente a 30 cm de distância das bananeiras, aproximadamente, antes do início das aplicações (16/08/2018) e 24h após a última aplicação do efluente (02/10/2019), nas faixas de profundidade de 0-15, 15-30 e 30-45 cm. Essas amostras foram identificadas, secas ao ar, peneiradas em malha de 4 mm e encaminhadas ao laboratório para realizar a extração da solução do solo, segundo a metodologia solo:água (massa:volume), conforme preconizada por Sousa et al. (2013).

Foram pesados 100 g de TFSA em tubos apropriados e adicionados 100 ml de água destilada para manter a proporção de 1:1. Os conjuntos tubo-solo-água foram agitados em agitador Tipo Wagner, a 50 rpm, durante 10 min. Após a agitação, as amostras foram filtradas em papel de filtro qualitativo. Após a filtragem, foram encaminhadas ao laboratório para determinar os teores de K, Ca, Mg, Na, CE e pH (EMBRAPA, 1999).

As análises de pH e condutividade elétrica foram realizadas com o auxílio de peagâmetro e condutivímetro de bancada, respectivamente. Para a determinação dos valores das concentrações de sódio e potássio, foi utilizado o fotômetro de chama. Já as análises de cálcio e magnésio foram obtidas por meio da espectrofotometria de absorção atômica. Os valores de RAS foram calculados por meio da Equação 6, descrita abaixo.

$$RAS = \frac{Na^+}{\left[\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}\right]^{0,5}} \quad (6)$$

Em que:

Na⁺: concentração de sódio, mmol_c L⁻¹;

Ca⁺⁺: concentração de cálcio, mmol_c L⁻¹;

Mg⁺⁺: concentração de magnésio, mmol_c L⁻¹.

Para a avaliação da produtividade da bananeira ‘Terra’, a colheita dos cachos foi feita manualmente a partir do décimo mês do segundo ciclo, adotando como critério de ponto de colheita a mudança de tonalidade da casca de verde-escuro para verde-claro e na redução e/ou desaparecimento das quinas ou angulosidades da superfície dos frutos, conforme sugerido por Alves et al. (2004). Em seguida os cachos foram pesados, lavados com água e despencados.

Por ocasião da colheita, procedeu-se à avaliação das seguintes características: peso do cacho (PC), obtido por meio da pesagem do cacho com auxílio de uma balança; peso do fruto (PF), feito com a pesagem de todos os frutos colhidos por cacho e dividindo o valor pelo número de frutos; produtividade (PROD), fazendo-se a estimativa de produtividade em relação à área plantada no experimento.

2.8 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram analisados pelo teste F da análise de variância ($\alpha \leq 0,05$), sendo os valores significativos de caráter quantitativo submetidos à análise de regressão e os valores de caráter qualitativos submetidos a um teste de média (teste de Tukey, adotando-se um nível de 5% de probabilidade).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para as características químicas da solução do solo (potássio, razão de adsorção de sódio, condutividade elétrica e pH) e produção (peso do cacho, peso do fruto e produtividade) estão apresentados nos Anexos A e B. As variáveis razão de adsorção de sódio e potássio apresentaram interação significativa entre os fatores doses x profundidade x amostragem ($\alpha \leq 0,05$). Para as variáveis pH e condutividade elétrica houve efeito significativo para os fatores doses x amostragem ($\alpha \leq 0,05$). Já as variáveis relacionadas à produção houve efeito significativo para o fator doses. As demais interações não foram significativas.

O estudo dos valores do potássio na solução do solo está apresentado na Figura 5. É possível observar que os valores mais expressivos foram encontrados após a aplicação do potássio advindo do efluente da suinocultura, quando comparadas as amostras coletadas à de antes da aplicação.

Após a aplicação do efluente, os maiores valores de potássio na solução do solo foram encontrados na profundidade de 0-15 cm, havendo um aumento linear dessa variável, na ordem de 49,6%, quando comparadas a menor com a maior dose, ou seja, 200 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, respectivamente.

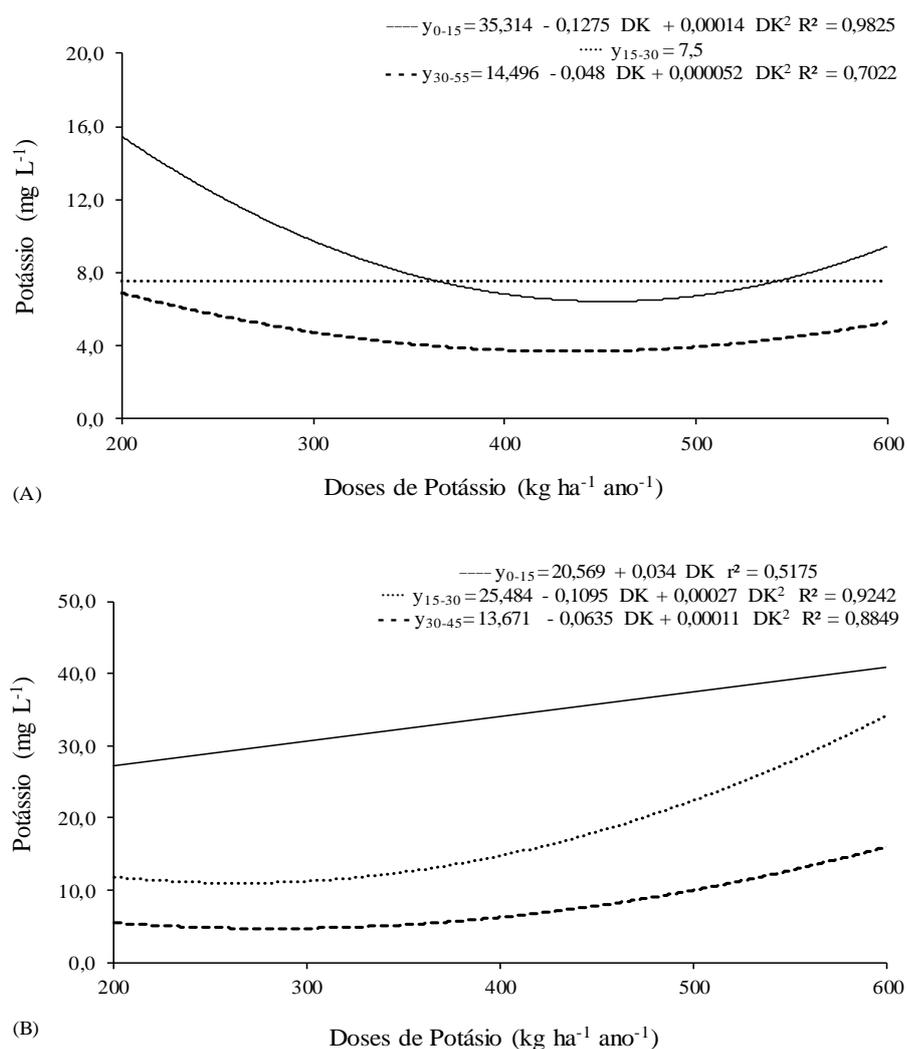


Figura 5. Valores de potássio ajustados na solução do solo (mg L^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes (A) e depois da aplicação (B), para cada faixa de profundidade.

Para as faixas de profundidades de 15-30 e 30-45 cm, os valores de potássio apresentaram um decréscimo até atingir o ponto mínimo na dose de 202,7 ($14,3 \text{ mg L}^{-1}$) e 288,6 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K ($4,5 \text{ mg L}^{-1}$), respectivamente. A partir dessas doses, os valores de potássio na solução do solo começaram a aumentar à medida que as doses do efluente aumentaram.

Com base nos resultados obtidos, é possível inferir que a disponibilidade do potássio na solução solo aumentou devido à aplicação das doses de potássio provenientes do efluente, sendo a dose de maior concentração responsável por maiores valores de potássio na solução do solo, corroborando com os resultados encontrados por Caovilla et al. (2010).

Menezes et al. (2017), ao avaliar o efeito residual do potássio no solo após três anos de aplicações do efluente de suinocultura em cana de açúcar, notaram que ocorreu um aumento

deste elemento nas maiores doses. Da mesma forma, Maggi et al. (2011) observaram que as concentrações de potássio no material percolado aumentaram em função das doses de efluente de suinocultura, encontrando na maior dose (300 m³ ha⁻¹) um total de 133,48 mg L⁻¹ de potássio.

Porém, os valores de potássio encontrado na solução do solo são menores em relação a outros trabalhos e aos totais aplicados via efluente de suinocultura. Segundo Prezotti et al. (2007), o potássio trocável e o potássio em solução são as formas mais importantes para as plantas, que o absorvem da solução do solo, imediatamente reabastecida pelo nutriente trocável. Desta forma, uma vez que o potássio é o nutriente mais exigido pela bananeira e sua taxa de absorção é alta, as possíveis perdas potenciais no sistema são baixas, sendo que os valores aplicados foram utilizados pela cultura.

Os valores médios de potássio na solução do solo antes da aplicação do efluente (Tabela 4) não diferiram entre as faixas de profundidades estudadas, exceto para a dose correspondente a 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio. Por sua vez, após a aplicação, houve diferença entre médias obtidas em todas as profundidades nas diferentes doses.

Tabela 4. Valores médios do potássio na solução do solo (mg L⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes (A) e depois da aplicação (B), para cada faixa de profundidade

		Antes da Aplicação				
Variáveis	Profundidade (cm)	Doses de K advindo do Efluente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
		200	300	400	500	600
Potássio (mg L ⁻¹)	0-15	15,726 A	9,160 A	6,740 A	7,340 A	9,100 A
	15-30	9,580 AB	5,340 A	6,860 A	8,540 A	7,200 A
	30-45	7,100 B	5,000 A	2,640 A	4,960 A	4,210 A
		Depois da Aplicação				
Variáveis	Profundidade (cm)	Doses de K advindo do Efluente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
		200	300	400	500	600
Potássio (mg L ⁻¹)	0-15	29,740 A	26,560 A	39,080 A	30,740 A	44,625 A
	15-30	12,880 B	10,020 B	12,440 B	26,880 A	32,500 B
	30-45	4,400 C	6,860 B	6,280 B	7,880 B	17,125 C

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Após a aplicação do efluente, nota-se que os valores médios desta variável são superiores aos encontrados nas amostras coletadas antes da aplicação. Houve um aumento de 89; 189; 479; 318 e 390% na faixa de profundidade de 0-15 cm; 34; 87; 81; 241 e 351% na faixa de profundidade de 15-30 cm; e 0; 37; 137; 58 e 306% na faixa de profundidade de 30-45 cm nos tratamentos de 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, respectivamente.

Esses aumentos dos valores podem estar relacionados a sucessivas aplicações do efluente de suinocultura durante os dois ciclos da cultura da banana, uma vez que este elemento é encontrado em maior concentração no efluente utilizado. Para este trabalho, o efluente apresentou concentração média de 234,0 mg L⁻¹ de potássio (Tabela 2; Anexos C e D).

Nota-se também que após a aplicação das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura, os valores do potássio encontrados foram significativamente mais expressivos para as faixas de profundidades de 0-15 cm em comparação às profundidades de 15-30 e 30-45 cm, na ordem de 29,740; 26,560; 39,080; 30,740 e 44,625 mg L⁻¹ nas doses de 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, respectivamente.

Embora o potássio seja considerado um elemento móvel no solo e sujeito a lixiviação, para que isso ocorra, uma série de fatores devem ser considerados, como a quantidade de chuva ou irrigação, dose do nutriente aplicado, textura do solo e presença em solução de ânions, sendo que, quanto mais expressiva for a presença em solução de ânions maior o risco de lixiviação (ROSOLEM et al., 2006; MAGGI et al., 2011), o que não foi observado para as condições deste trabalho.

Da mesma forma, Queiroz et al. (2004), Schmidt et al. (2020) e Caovilla et al. (2010) afirmaram que a aplicação do efluente de suinocultura proporcionou acúmulo do teor de potássio na camada superficial do solo.

Analisando os valores da razão de adsorção de sódio da solução do solo (RAS), é possível observar que houve incrementos dos valores desta variável nas três faixas de profundidades, com valores mais expressivos após a aplicação do efluente, como apresentado na Figura 6.

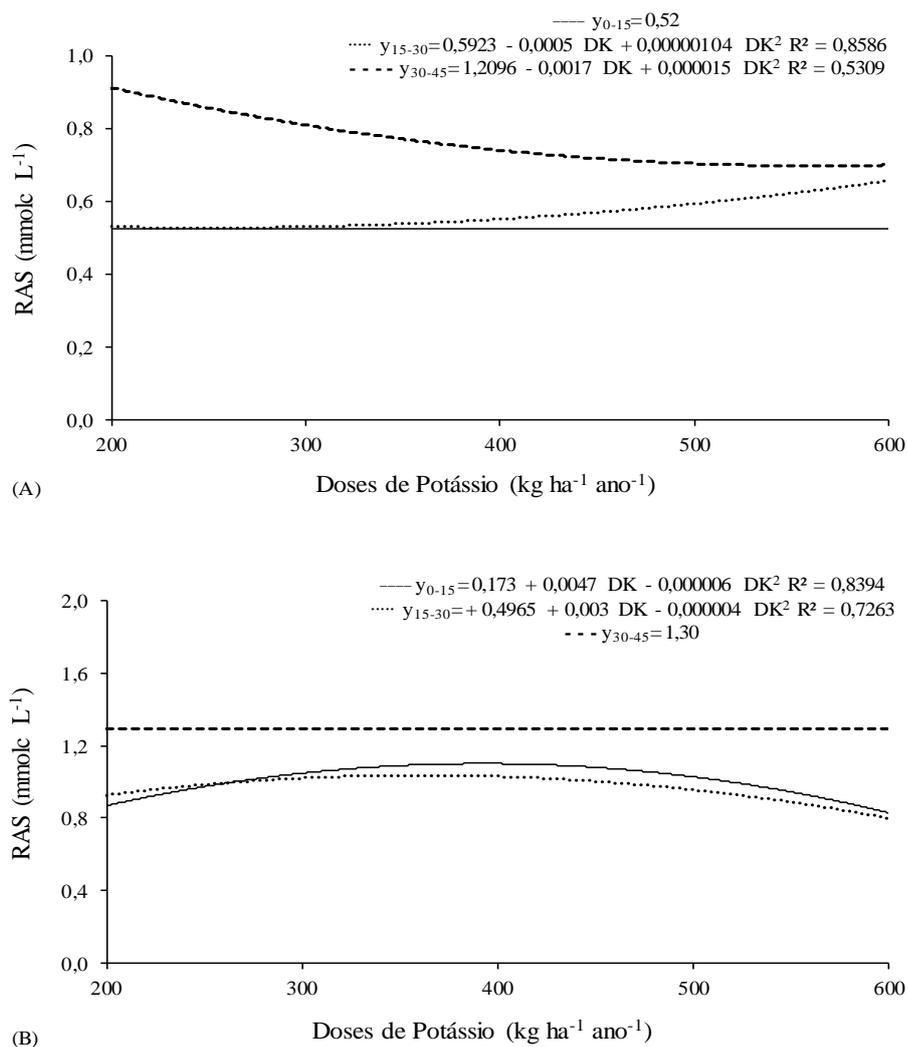


Figura 6. Valores da razão de adsorção de sódio ajustados na solução do solo ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes (A) e depois da aplicação (B), para cada faixa de profundidade.

Nota-se que após a aplicação do efluente (Figura 6B), a faixa de profundidade de 0-15 cm apresentou aumento dos valores da RAS até a dose de $391,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, devido ao acréscimo dos nutrientes em função das doses, com total de $1,092 \text{ mmol}_c \text{L}^{-1}$; a partir daí, o aumento da dose aplicada provocou o decaimento dos valores. Da mesma forma, para a faixa de profundidade de 15-30 cm, encontrou-se o ponto máximo da razão de adsorção de sódio na dose de $375 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($1,0509 \text{ mmol}_c \text{L}^{-1}$); posterior a essa dose, o aumento dos valores das aplicações do potássio advindo do efluente provocou a diminuição desta variável.

Os valores da razão de adsorção de sódio encontrados nesse estudo podem ser considerados baixos, indicando pouca possibilidade de sodificação do solo, uma vez que,

durante o período avaliado, os valores de RAS no efluente aplicado também foram considerados baixos, ou seja 1,2851 mmol_c L⁻¹ (Anexo D).

Resultados semelhantes foram relatados por Marques et al. (2018), Alves et al. (2019b) e Santana et al. (2017), ao utilizar o efluente doméstico na avaliação do potencial de risco de sodicidade e salinidade do solo, indicando que o uso contínuo desses efluentes pode ser utilizado para suprir as necessidades hídricas ou nutricionais das culturas, sem que ocorra problemas relacionados com a razão de adsorção do sódio.

Os valores médios da razão de adsorção de sódio na solução do solo antes da aplicação do efluente de suinocultura (Tabela 5) apresentaram diferença entre as faixas de profundidades nas doses de 200, 300 e 500 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Por sua vez, após a aplicação, houve diferença entre as faixas de profundidades em todas as doses aplicadas, exceto para a dose de 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo a profundidade de 30-45 cm a que apresentou os maiores valores.

Tabela 5. Valores médios da razão de adsorção de sódio na solução do solo (mmol_c L⁻¹) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes (A) e depois da aplicação (B), para cada faixa de profundidade

		Antes da Aplicação				
Variáveis	Profundidade (cm)	Doses de K advindo do Efluente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
		200	300	400	500	600
RAS (mmol _c L ⁻¹)	0-15	0,517 B	0,497 B	0,553 A	0,553 B	0,498 A
	15-30	0,516 B	0,563 AB	0,527 A	0,589 B	0,660 A
	30-45	0,954 A	0,788 A	0,692 A	0,852 A	0,664 A
		Depois da Aplicação				
Variáveis	Profundidade (cm)	Doses de K advindo do Efluente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
		200	300	400	500	600
RAS (mmol _c L ⁻¹)	0-15	0,902 B	0,983 A	1,168 B	1,008 B	0,838 AB
	15-30	0,931 B	1,054 A	0,961 B	1,039 AB	0,788 B
	30-45	1,162 A	1,063 A	1,953 A	1,263 A	1,040 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Aumentos na concentração de sódio foram observados ao longo do perfil do solo, mostrando uma mobilidade desse íon, decorrente ao uso contínuo do efluente de suinocultura. Uma vez que o valor da razão de adsorção de sódio diz respeito à concentração de sódio em

relação ao total de cálcio e magnésio (BATISTA et al., 2016), quanto maior o teor de sódio em relação ao cálcio e magnésio, maior será o valor da RAS encontrado.

De acordo com Erthal et al. (2010), altas concentrações de sódio na solução do solo, em comparação com o cálcio e o magnésio, podem causar deterioração da estrutura do solo, pela dispersão da argila e subsequente diminuição dos macroporos, causando decréscimo na infiltração e o suprimento de água para as plantas, podendo também proporcionar problemas na germinação de sementes.

Após a aplicação do efluente, nota-se que os valores médios desta variável são superiores aos encontrados antes da aplicação. Houve um aumento de 74; 97; 111; 82 e 68% na faixa de profundidade de 0-15 cm; 80; 87; 82; 76 e 19% na faixa de profundidade de 15-30 cm; e 21; 35; 182; 48 e 56% na faixa de profundidade de 30-45 cm nos tratamentos de 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, respectivamente.

De forma semelhante aos resultados encontrados para o potássio, as sucessivas aplicações do efluente de suinocultura durante os dois ciclos da cultura da banana resultaram em um aumento considerável dos valores médios da razão de adsorção de sódio.

Porém, em análise conjunta da condutividade elétrica com a razão de adsorção de sódio (Tabela 2, Anexo C e D), verifica-se que o efluente utilizado apresentou classificação segundo Richards (1970) citada por Cordeiro (2001), como C2S1, com CE em torno de 3,14 dS m⁻¹ e RAS 1,55, indicando baixa possibilidade de sodificação do solo, uma vez que a RAS só causaria danos se apresentassem valores superiores a 10 e CE acima de 7 dS m⁻¹. Para a classificação segundo Matos & Matos (2017), os valores totais encontrados também estão dentro do limite estabelecido (menores que 3 mmol_c dm⁻³), não apresentando restrição ao uso para irrigação.

Na Figura 7 é possível observar que antes da aplicação do efluente, os valores da condutividade elétrica (CE) na solução do solo não apresentaram efeito significativo. Segundo Medeiros et al. (2016), os nutrientes presentes na solução do solo e no solo podem ser resultantes do material de origem ou devido à ação do homem, a qual geralmente está associada a práticas de cultivo.

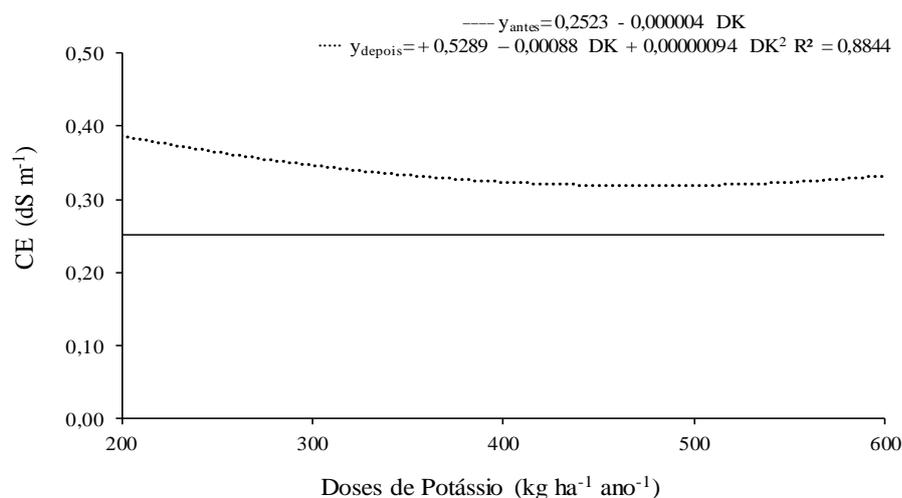


Figura 7. Valores da condutividade elétrica ajustadas na solução do solo (dS m^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes e depois da aplicação.

Após a aplicação, houve efeito quadrático com o aumento das doses de potássio advindo do efluente, sendo observado uma diminuição, até a taxa de $468 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, onde a CE observada foi de $0,31 \text{ dS m}^{-1}$; e um aumento dos valores com a aplicação de doses superiores. Da mesma forma, Medeiros et al. (2011) observaram influência significativa no valor da condutividade elétrica, em razão das doses de aplicação do efluente de suinocultura no extrato da pasta saturada do solo; sendo as doses mais concentradas, as que resultaram em maiores valores desta variável, sem indícios de salinização.

Ao avaliar o valor da CE na solução do solo nos dois períodos amostrais (Tabela 6), observa-se que houve diferença em todas as doses, sendo as maiores médias encontradas depois da aplicação do efluente, denotando ganhos de 36; 30; 37; 26 e 32% nas doses de 200; 300; 400; 500 e 600 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K, respectivamente.

Tabela 6. Valores médios da condutividade elétrica na solução do solo (dS m^{-1}) em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes e depois da aplicação

Amostragem	Doses de K advindo do Efluente ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)				
	200	300	400	500	600
Antes	0,25 B	0,26 B	0,24 B	0,26 B	0,25 B
Depois	0,34 A	0,34 A	0,33 A	0,33 A	0,33 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

O aumento dos valores da condutividade elétrica devido ao uso contínuo desses efluentes podem ser um fator preocupante, pois podem promover a salinização e sodificação dos solos, devido ao excesso de sais solúveis como o cálcio, magnésio, sódio e potássio, tanto em horizontes ou camadas superficiais (RIBEIRO et al., 2009). Lo Monaco et al. (2009) verificaram aumento dessa variável do extrato aquoso do solo depois de sucessivas aplicações da água residuária do beneficiamento do fruto do cafeeiro, atribuindo esse resultado ao aumento na concentração de potássio trocável no solo.

Porém, os valores médios da condutividade elétrica encontrada na solução do solo nessa pesquisa ($0,34 \text{ dS m}^{-1}$) estão abaixo dos valores referidos por outros autores, como Souza & Moreira (2010), ao avaliarem os efeitos do uso do efluente de suinocultura em solo cultivado com tomate, no qual encontraram valores da condutividade elétrica da pasta do solo saturado entre $1,72$ a $4,43 \text{ dS m}^{-1}$.

Embora a bananeira seja uma cultura de alta sensibilidade à salinidade do solo (COELHO, 2012), todas as doses de efluente de suinocultura aplicadas são possíveis de uso, uma vez que não ocasionou valores de condutividade elétrica na solução do solo próximos da faixa crítica recomendada para o cultivo da bananeira, ou seja, $1,0$; $1,1$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, relatada por Borges et al. (2004); Oliveira (1997) e Lima Junior & Silva (2010), respectivamente.

Os valores do pH na solução do solo antes da aplicação do efluente de suinocultura (Figura 8) apresentaram resposta linear, com diminuição dos valores.

Segundo Malavolta (1980), a diminuição dos valores do pH pode ser em razão da pobreza do material de origem em cálcio, magnésio, potássio e sódio, que são as bases trocáveis do solo ou à intensidade dos processos de intemperização, que resultam em maiores teores de hidrogênio e alumínio no complexo de troca do solo e, conseqüentemente, na solução do solo. No entanto, o processo de exploração agrícola também é um fator que pode influenciar a acidez, como o manejo inadequado da irrigação, o uso de fertilizantes acidificantes e absorção de nutrientes pelas plantas.

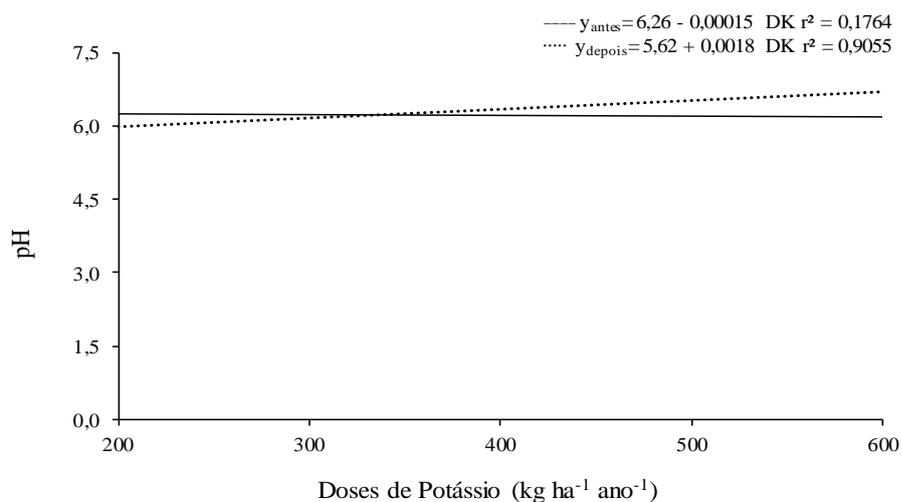


Figura 8. Valores do pH ajustados na solução do solo em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes e depois da aplicação.

Depois da aplicação do efluente, nota-se que os valores de pH apresentaram um pequeno aumento linear com a aplicação do potássio advindo do efluente da suinocultura, na ordem de 12% ao comparar a menor com a maior dose (200 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, respectivamente).

O aumento do pH da solução pode ser atribuído à diminuição da concentração de H⁺ no meio, pelo aporte de reserva alcalina (cátions trocáveis e ânions) advindo do efluente e ao aumento do processo de desnitrificação em solos irrigados com efluentes, onde ocorre o consumo de um mol de H⁺ para cada mol de NO³⁻ desnitrificado (FRIEDEL et al., 2000; DUARTE et al., 2008). Exalte-se ainda, que o aumento do pH pode estar relacionado à reação de carbonatos presentes no efluente, à complexação do alumínio e à adsorção de íons H⁺ na fração húmica do solo (LOURENZI et al., 2011).

Resultados obtidos neste trabalho corroboram com Da Ros et al. (2017), os quais observaram que a aplicação do efluente da suinocultura em cultivos de grãos proporcionou aumento do pH. Os autores justificaram essa alteração ao balanço entre o poder alcalinizante do efluente (adição de bases) e acidificante das reações no solo, associado ao poder tampão do solo (CASSOL et al., 2012). De forma semelhante, Prior et al. (2015) e Alves et al. (2019a) observaram aumentos nos valores do pH como aumento das doses do efluente da suinocultura.

Na Tabela 7 é possível observar que houve diferença significativa, pelo teste de Tukey, apenas na dose de 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio, nas demais doses não foi observada diferença entre as amostragens. Porém, as amostras coletadas após a aplicação do efluente apresentaram os maiores valores de pH.

Tabela 7. Valores médios do pH da solução do solo em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura antes e depois da aplicação

Amostragem	Doses de K advindo do Efluente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
	200	300	400	500	600
Antes	6,27 A	6,22 A	6,15 A	6,21 A	6,22 B
Depois	5,97 A	6,29 A	6,25 A	6,66 A	6,73 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Segundo Alves et al. (2019b), os efeitos do uso dos efluentes no pH do solo são contraditórios, uma vez que os resultados podem estar relacionados às características específicas de cada efluente, solo usado e fatores ambientais de cada estudo.

Trabalhos encontrados na literatura mostram que a utilização desses efluentes, seja como forma de adubação ou fertirrigação, não promovem alterações significativas no pH à medida que as doses aumentam, como relatado por Cabral et al. (2011) e Caovilla et al. (2010), que observaram não haver relação de dependência de pH com doses de suinocultura.

Uma vez que o pH é um importante indicador das condições químicas do solo, por possuir capacidade de interferir na disponibilidade dos elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, pesquisa realizada por Menezes & Galvão (2004) mostra que a faixa do pH para que os nutrientes estejam com disponibilidade intermediária ou total é entre 4,5 a 7,0. Dessa forma, os valores do pH encontrados nesse trabalho estão dentro das faixas recomendáveis.

Nas Figuras 9, 10 e 11 e Tabela 8 estão apresentadas as variáveis relacionadas à produção, como o peso do cacho (kg), o peso do fruto (kg) e a produtividade (t ha⁻¹).

As diferentes doses de potássio advindo do efluente de suinocultura resultaram no aumento do peso do cacho (Figura 9), sendo a média dos valores encontrados na ordem de 18,71; 21,48; 24,25; 27,02 e 29,79 kg nas doses correspondentes a 200; 300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio, respectivamente.

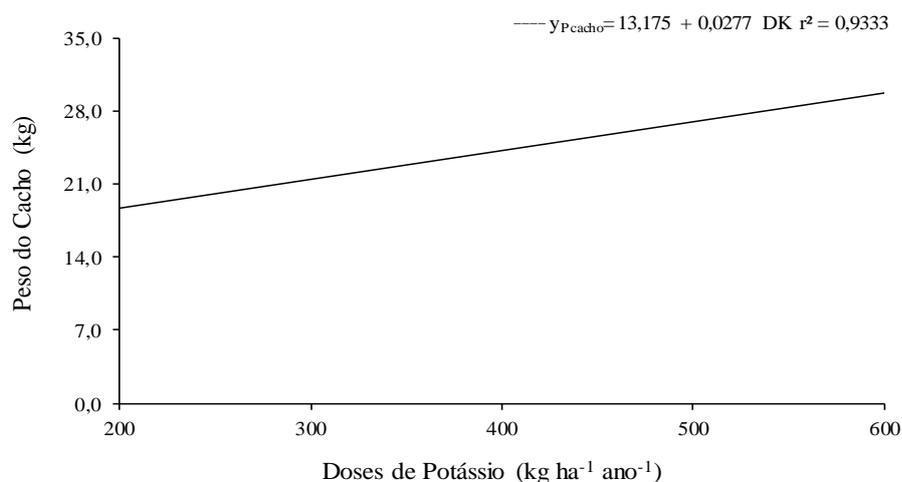


Figura 9. Valores do peso do cacho (kg) da bananeira ‘Terra’ ajustados em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura.

Esses resultados podem ser associados ao fato de o efluente de suinocultura ter propiciado incrementos de nutrientes em concentrações adequadas, principalmente o potássio, seguindo a curva de crescimento e absorção de nutrientes da bananeira. Segundo Silva et al. (2011), o potássio é o nutriente exigido em maior quantidade pela bananeira, sendo a sua disponibilidade um dos fatores que mais influenciam na produção de cachos com qualidade superior.

Considerando os diversos fatores que influenciam na produção da bananeira, a nutrição é decisiva para obtenção de alta produtividade, uma vez que as plantas apresentam crescimento rápido e acumulam quantidade elevadas de nutrientes (SOARES et al., 2008).

O uso agrícola do potássio advindo do efluente de suinocultura proporcionou um aumento linear no peso dos frutos (Figura 10), com destaque para dose de 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio, que resultou frutos com peso médio de 0,399 kg.

Esses resultados corroboram com os obtidos por Santos et. al. (2009), Silva & Simão (2015), Silva et al. (2013) e Araujo et al. (2018), trabalhando com diferentes tipos de bananeira, nos quais destacaram que a aplicação de potássio influencia positivamente no número de frutos por cacho e no peso da penca, e por consequência na produtividade.

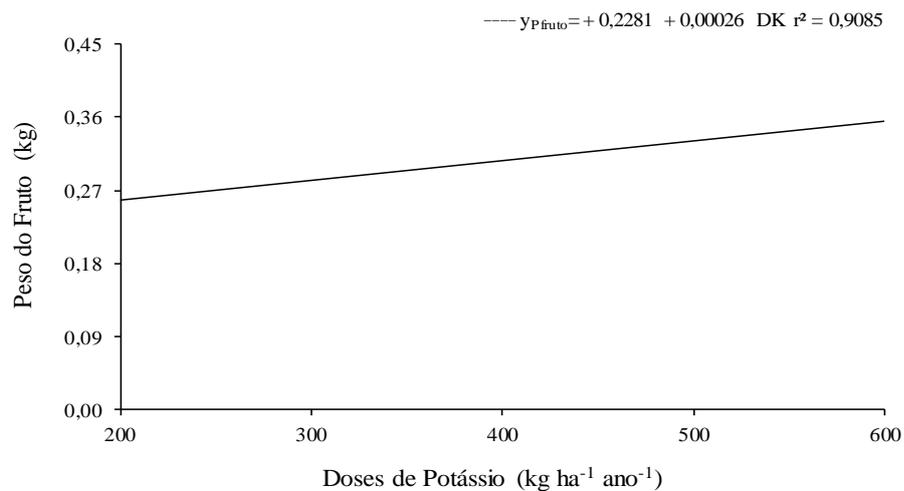


Figura 10. Valores do peso do fruto (kg) da bananeira ‘Terra’ ajustados em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura.

Além de o potássio estar relacionado a processos metabólicos, ativação de enzima, abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, transporte de carboidratos e respiração (TAIZ; ZEIGER, 2004), ele é um nutriente de suma importância para o crescimento, desenvolvimento e amadurecimento da fruta (SILVA et al., 2013). Costa et al. (2012), avaliando a nutrição mineral da bananeira, observaram ser o potássio o elemento mais exportado pelos frutos, aproximadamente 35% do total absorvido, tendo uma resposta direta com frutos de melhor qualidade, uma vez que é responsável pelo aumento dos teores de sólidos solúveis totais e açúcares, e decréscimo da acidez da polpa (CORDEIRO, 1999).

A característica peso do fruto tem grande importância para o produtor, uma vez que influencia no peso da penca, refletindo em uma maior massa de cacho, e, conseqüentemente, maior preço de comercialização, o que torna uma vantagem adicional o fornecimento de potássio. Tomando como referência o preço médio da banana da ‘Terra’ no Estado do Espírito Santo no ano de 2019, que foi de R\$ 2,36 (CEASA, 2019), tem-se um ganho de R\$ 0,29 por unidade de banana comercializada, comparando a dose de menor valor (200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio) com a dose de maior valor (600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio).

A Figura 11 ilustra a comparação entre os frutos das diferentes doses do efluente de suinocultura, ou seja, 200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio.



Figura 11. Comparação entre os frutos das diferentes doses do efluente de suinocultura 200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio.

Nota-se que o aumento das doses promoveu incrementos nos valores da produtividade da bananeira (Figura 12). As maiores respostas foram encontradas na dose de maior valor, denotando ganho efetivo de 64% dos valores na dose de menor valor (200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K) em comparação à dose de maior valor (600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio).

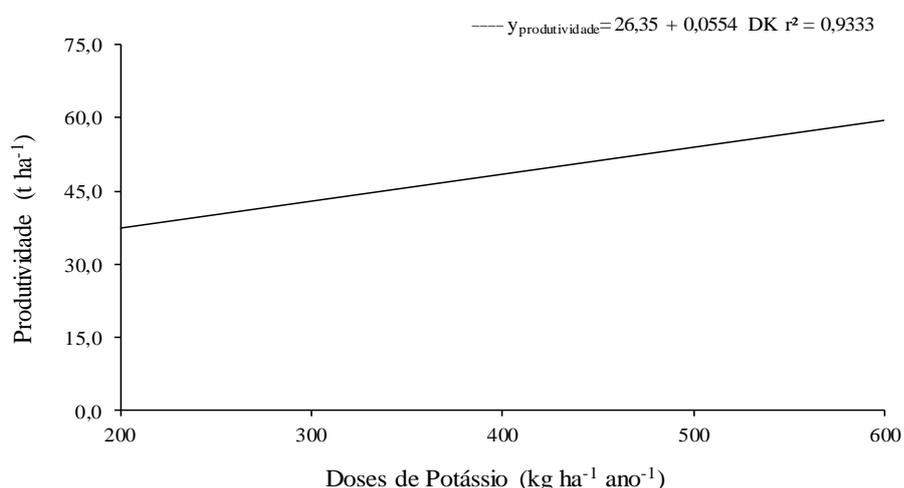


Figura 12. Valores da produtividade (t ha⁻¹) da bananeira ‘Terra’ ajustados em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura.

A diferença de produtividade pode ter sido influenciada, principalmente, pelas quantidades consideravelmente maiores de nutrientes aplicadas com o aumento das doses de efluente. De forma semelhante, Sartor et al. (2012), Alves Neto et al. (2016) e Menezes et al.

(2017), ao estudar diferentes manejos de doses do efluente de suinocultura em soja, soja e milho, e cana-de-açúcar, respectivamente, observaram maior produtividade em relação aos tratamentos com aplicação desse efluente.

Observa-se na Tabela 8 que os valores médios foram maiores na dose de 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, apresentando valores de 31,004 kg para o peso do cacho; 0,399 kg para o peso do fruto e 62,008 t ha⁻¹ para a produtividade.

Tabela 8. Valores médios das variáveis de produção da bananeira ‘Terra’ em função das doses de potássio advindo do efluente de suinocultura

Doses de K advindo do ES (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Variáveis de Produção		
	Peso do Cacho (kg)	Peso do Fruto (kg)	Produtividade (t ha ⁻¹)
200	18,888	0,277	37,770
300	22,521	0,323	45,042
400	22,885	0,328	45,770
500	26,002	0,345	52,005
600	31,004	0,399	62,008

Ao verificar a influência da aplicação das diferentes doses, é possível observar que houve um aumento de 64; 44 e 64% para o peso do cacho; peso do fruto e produtividade, respectivamente, ao comparar a adição da dose de 200 com a de 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K.

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas pela Embrapa com intuito de melhorar o potencial produtivo de banana ‘Terra’ no Brasil, chegando a alcançar médias de 35,00 t ha⁻¹. Desta forma, nas condições em que este estudo foi desenvolvido, a produtividade alcançada na menor dose de potássio advindo do efluente de suinocultura (200 kg ha⁻¹ ano⁻¹) já foi possível obter média superior à encontrada em pesquisas e relatadas em literaturas (EMBRAPA, 2019; BORGES et al., 2002; FARIAS et al., 2010; COELHO et al., 2014).

Além de aumentar a produtividade, o uso desse efluente possui a vantagem de diminuir o custo com fertilizantes químicos, uma vez que grande parte da necessidade de potássio é fornecida via utilização do efluente de suinocultura. Quando o fornecimento de potássio for 100% via efluente em substituição à adubação química, tem-se uma economia média de R\$ 568,00; 850,00; 1.133,00; 1.418,00 e 1.700,00 ha⁻¹ ano⁻¹ nas doses de 200, 300, 400, 500 e 600

kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, respectivamente, considerando o uso do cloreto de potássio com o preço médio do saco de 60 kg no ano de 2019 de R\$ 85,00.

Dessa forma, os resultados encontrados sobre a produção de banana ratificam a importância do potássio para o incremento de biomassa, mostrando que o uso do efluente de suinocultura apresenta possibilidade uso, por resultar em maior produtividade e reduzir o custo de produção.

4. CONCLUSÃO

O uso de efluente da suinocultura na fertilização do solo cultivado com bananeira 'Terra' promove tanto o aumento dos valores das variáveis de produção como o peso do cacho, peso do fruto e produtividade, assim como o aumento dos valores das características químicas da solução do solo como o potássio, razão de adsorção de sódio, condutividade elétrica e pH da solução do solo, porém, com baixo risco de sodicidade, salinidade e acidez.

Apresenta-se, dessa forma, uma opção viável para o fornecimento de nutrientes em substituição à adubação mineral com menor custo de produção, sem causar efeitos maléficos na solução do solo, acarretando bons ganhos na produção dos frutos.

5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 1-22, 2006.

ALVES NETO, A. J.; LANA, M.C.; RAMPIM, L.; COSTA, L. A. M.; COPPO, J. C.; ALVES, A. G. Água residuária de suinocultura sobre a produtividade de soja e milho segunda safra: uso e viabilidade econômica. **Sci. Agrar. Parana.**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 3, p.350-357, 2016.

ALVES, D. A. S.; MELO, R. O.; LIMA, J.; COELHO, J. C.; GRASSI FILHO, H. Efeito temporal da utilização de bio sólido e efluente tratado na sodicidade e salinidade do solo. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial Inovagri – notas técnicas, v. 1, n. 1, p. 101-108, 2019b.

ALVES, E. J.; LIMA, M. B.; CARVALHO, J. E. B.; BORGES; A. L. Tratos culturais e colheita. In: **O cultivo da bananeira**, 1. Ed. Cruz das Almas. p. 107-13. 2004.

ALVES, P. F. S.; SANTOS, S. R.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F.; PORTUGAL, A. F. Soil chemical properties in banana crops fertigated with Treated wastewater. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 1, p. 234-242, 2019a.

ARAUJO, M. B. F.; MACHADO, N. A. F.; ANDRADE, H. A. F.; LEITE, M. R. L.; PINHEIRO, K. B. S.; SILVA-MATOS, R. R. S. Produtividade da bananeira ‘Nanicão’ sob doses de cloreto de potássio associado a cobertura do solo em Chapadinha, MA. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**. v.10, n.2, p.41-49, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório anual 2018**. São Paulo/SP. 2019. 178 p.

ASSOCIAÇÃO DE SUINOCULTORES DO ESPIRITO SANTO - ASES. **Perfil da suinocultura Capixaba 2017/2018**. Marechal Floriano/ES. 2018. 4 p.

BATISTA, H. D.; FEITOSA, A. K.; LEITE, F. E.; SALES, M. M.; SILVA, K. B. Avaliação da qualidade das águas dos rios São Francisco e Jaguaribe para fins de irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.12, n.1, p.48-54, 2016.

BERNARDO, S.; SOARE, S.; MANTOVANI, E. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2009. 625 p.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.; TRINDADE, A. V. **O cultivo da bananeira**. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas/BA. 279 p. 2004.

BOSCO, T. C. D.; SAMPAIO, S. C.; IOST, C.; NOVAES, L. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola – estudo de caso. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 139-144, 2008.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia** v. 3, n. 6, p. 46-56, 2002.

CAOVILLA; F. A.; SAMPAIO, S. C.; SMANHOTTO, A.; NÓBREGA, L. H. P.; QUEIROZ, M. M. F.; GOMES, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.14, n.7, p.692-697, 2010.

CASSOL, P.C.; SILVA, D.C.P.R.; ERNANI, P.R.; KLAUBERG FILHO, O. & LUCRECIO, W. Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel. **Revista Ciências Agrovet.**, v. 10, p. 103-112, 2011.

CHIODI, R.; ALMEIDA, G.; ASSIS, L. O Mercado Convencional da Banana: sujeição da agricultura familiar no Vale do Ribeira-SP. **Desenvolvimento Em Questão**, v. 50, n. 18 p. 146-165. 2020.

COELHO, E. F.; ANDRADE NETO, T. M.; BARROS, D. L. Concentration of injection solution and its effects on soil and on yield of fertirrigated banana cv Terra maranhão. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.34, n.6, p. 1104-1113, 2014.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, R. C.; PAMPONET, A. J. M. Necessidades hídricas de bananeira tipo Terra em condições de tabuleiros costeiros. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.9, p.1260-1268, 2013.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; MAROUELLI, W. A.; COSTA, F. S. Manejo da água de irrigação. In: COELHO, E. F. **Irrigação da bananeira**. Distrito Federal/BR: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 193-280 p. 2012.

COELHO, E.F.; COSTA, E.L.; TEIXEIRA, A. H. C.; OLIVEIRA, S.L. **Irrigação da Bananeira**. Cruz das Almas,BA.; Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 53).

CORDEIRO, G. G. Qualidade de água para fins de irrigação (Conceitos básicos e práticas). Petrolina, PE: Embrapa Semiárido. 32 p, 2001.

CORDEIRO, Z. J. M.; SOARES FILHO, W. dos S. Citogenética e melhoramento genético. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa SPI, p. 107-150, 1999.

COSTA, F.S.; COELHO, E.F.; BORGES, A.L.; PAMPONET, A. J. M.; SILVA, A. A. S. M.; AZEVEDO, N. F. Crescimento, produção e acúmulo de potássio em bananeira 'Galil 18' sob irrigação e fertilização potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, p. 409-416, 2012.

COSTA; E. B.; CADE, A. M. E.; ALVARENGA, A. B. **Boletim da conjuntura agropecuária Capixaba**. Vitória/ES. Ano IV, n. 16, 2018.

DA ROS, C. O.; SILVA, V. R.; SILVESTRINM T. B.; SILVA, R. F.; PESSOTTO, P. P. Disponibilidade de nutrientes e acidez do solo após aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura. **R. Brasileira de Tecnologia Agropecuária**. v.1, n.1, p.35-44. 2017.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa. 1980. v 27, n. 150, p. 155-162.

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

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 627p. 2009.

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, 412 p. il. 1999.

ERTHAL, V. T. J.; FERREIRA, P. A.; PEREIRA, O. G.; MATOS, A. T. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.458-466, 2010.

FRIEDEL, J. K.; LANGER, T.; SIEBE, C.; STAHR, K. Effects of long-term wastewater irrigation on soil organic matter, soil microbial biomass and its activities in central Mexico. **Biology and Fertility of Soils**, v.31, p.414-421, 2000.

GARCIA, G. O.; SPADETO, M. F.; MONTE, E. O.; ZUCOLOTO, M.; REIS, E. F. Monitoramento da salinidade na solução do solo cultivado com banana fertirrigada com efluente da suinocultura. **V INOVAGRI International Meeting**, 2019.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, California: Rain Bird Sprinkler. 133p. 1975.

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

LORENA, D. R. Produtividade e qualidade de bananas das cultivares ‘Grand Naine’ e ‘Brs tropical’ em função de irrigação e adubação na região distrito federal. **Dissertação De Mestrado**. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, BRASÍLIA/DF. 118 p. 2015.

LOURENZI, C.L.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; TRENTIN, G.; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L. & BRUNETTO, G. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry application. **Revista Brasileira Ciências Solo**, v. 35, p. 1827-1836, 2011.

MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.15, n.2, p.170-177, 2011.

MANSO, R. T.; ALVES, D. K. M.; SOARES, F. A. L.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; MORAIS, W. A. Produtividade de tomateiros irrigados com água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 10, n. 6, p. 1075-1085, 2016.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed., Viçosa, MG: UFV, 355 p. 2009.

MARQUES, M. V. A.; MATOS, A. T.; SILVA, D. A. P.; SILVÉRIO, T. H. R. Sodicidade e salinidade de solo submetido à fertirrigação com esgoto bruto aplicado em sulcos fechados. **Engenharia na Agricultura**, v.26, n.5, p. 464-472, 2018.

MATOS, A.T.; MATOS, M.P. **Disposição de águas residuárias no solo e sistemas alagados construídos**. 1ª ed. Viçosa ed., Editora UFV, 2017.

MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Salinidade em ambiente protegido. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza/CE, p. 113-122. 2016.

MENEZES, J. F. S.; SILVA, M.P.; MUNIZ NETO, I.; BENITES, V. M.; BERT, C. L. F. Produtividade da cana-de-açúcar e teores residuais de nutrientes no solo após aplicações dejetos líquidos de suínos. **Revista Agrariambi**, v.10, n.35, p. 42-51, 2017.

NASCIMENTO, J. M. L.; LACCHINE, P. S.; LIMA, W. L.; QUEIROZ, M. A. A. Viabilidade do uso de água residuária na agricultura familiar. **Revista Semiárido De Visu**, v. 5, n. 3, p. 158-166, 2017.

PACHECO, A; KUSANO, D. M.; SABBAG, O.J.; BELCHIOR, I. B.; PEREIRA, V. G. M. F.; LOPES, A. S. L. Custos e viabilidade financeira da bananeira (cavendish) irrigada no município de Aquidauana-MS: um estudo de caso. **Agrotrópica**. Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia. v. 3, n. 28, p. 297-302. 2016.

PREZOTTL L. C; GOMES. J. A.; DADALTO. G. G; OLIVEIRA. J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª aproximação**. Vitória, ES. SEEA/INCAPER/CEDAGRO. 305p. 2007.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P.; DIETER, J.; COSTA, M. S. S. M. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.35, n.4, p.744-755, 2015.

QUEIROZ, F. M.; MATTOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetidos ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivados com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v.34, p.1487-1492, 2004.

RICHARDS, L. A. (Ed.). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sodicos. 5. ed. México: Centro Regional de Ayuda Técnica (Centro Regional de Ayuda Técnica. **Manual de Agricultor**, 60). 172p, 1970.

ROSOLEM, C.A.; GARCIA, R.A.; FOLONI, J.S.S. & CALONEGO, J.C. Lixiviação de potássio no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 30, p. 813-819, 2006.

SANTANA, M. A.; ALMEIDA, C. O.; SOUZA, J. S. Custos e rentabilidade. *In*. BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 256-262. 2004.

SANTANA, R. N.; MARQUES, M. V. A.; SILVA, C. G.; RIBEIRO, D. P. Análise da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo na remoção de nutriente e da produtividade da brachiaria humidicola utilizada em rampas de escoamento superficial no tratamento de esgoto sanitário operando em condições reais. **Engenharia na Agricultura**, v.25, n.1, p.12-26, 2017.

SANTOS, A. P R. Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um argissolo vermelho distrófico cultivado com capim-tifton 85. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 79 p. 2004.

SANTOS, V. P.; FERNANDES, P. D.; MELO, A. S.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B. ; DANTAS, J. D. M.; BONFIM, L. V. Fertirrigação da bananeira cv. PrataAnã com N e K em um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 567-573, 2009.

SARTOR, L.R.; ASSMANN, A.L.; ASSMANN, S.T.; BIGOLIN, P.E.; MIYAZAWA, M.; CARVALHO, P.C.F. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.661-669, 2012.

SCHLEGELA, A. J.; ASSEFAC, Y.; BONDA, H. D.; HAAGB, L. A.; STONEC, L. R. Changes in soil nutrients after 10 years of cattle manure and swine effluent application. **Soil & Tillage Research**. p. 48–58, 2017.

SCHMIDT, C. J.; LORENZETTI, J. B.; DANILUSSI, M. T. Y.; DIETER, J.; SCHMIDT, A. O. Retenção de nitrogênio, fósforo e potássio provenientes de água residuária de suinocultura por hidrogel. **Brazil J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 2582-2626, 2020.

SILVA, I. P.; SILVA, J. T. A.; PINHO, P. J.; RODAS, C. L.; CARVALHO, J. G. Vegetative development and yield of the banana cv. 'Prata Anã' as a function of magnesium and potassium fertilization. **IDESIA**, Chile, v. 31, p. 83-88, 2013.

SILVA, M. V. T.; LIMA, R. M. S; OLIVEIRA, F. L.; CHAVES, W. P.; MEDEIROS, J. F. CE e RAS do extrato de saturação do solo sob diferentes níveis de salinidade e doses de nitrogênio no cultivo da abobora, **Revista Verde** (Pombal – PB - Brasil), v. 9, n. 2, p. 277-284, 2014.

SILVA, J. T. A.; PEREIRA, R. D.; SILVA, I. P.; OLIVEIRA, P. M. Produção da bananeira 'Prata anã' (AAB) em função de diferentes doses e fontes de potássio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.6, p. 817-822, 2011.

SILVA, J. T. A.; SIMÃO, F. R. Produção, nutrição e incidência do mal do Panamá em bananeira 'Prata Anã' adubada com potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v.50, p. 807-813, 2015.

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 Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.2054-2058, 2008.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A. Efeitos do uso da água residuária da suinocultura na condutividade elétrica e hidráulica do solo. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v.7, n. 3, p.134-143, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, p.449-484, 2004.

ANEXOS

Anexo A. Resumo da análise de variância para o potássio, razão de adsorção do sódio, condutividade elétrica e pH da solução do solo

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Potássio	RAS	CE	pH
Blocos	4	82,9633*	0,0368*	0,0150*	0,1838*
Doses	4	315,4804*	0,2128*	0,0071*	0,6958*
Res (a)	4	30,2303	0,0212	0,0038	0,0415
Profundidade	2	2919,4010*	1,3626*	0,0044*	0,0373 ^{n/s}
Prof x Amos	2	1383,4210*	0,0477*	0,0001 ^{n/s}	0,00713 ^{n/s}
Resíduo (b)	16	26,6615	0,0105	0,0020	0,0510
Amostragem	1	6567,7030*	7,542*	0,3313*	1,0217*
Prof x Doses	8	73,1185*	0,0919*	0,0003 ^{n/s}	0,04831 ^{n/s}
Amos x Doses	4	430,0407*	0,2729*	0,0061*	0,8120*
Amos x Prof x Doses	8	53,8512*	0,1350*	0,0026 ^{n/s}	0,0161 ^{n/s}
Resíduo (c)	96	19,6511	0,0251	0,0031	0,0787
Média Geral		13,9170	0,8529	0,2976	6,2957
CV (%)		31,8530	18,5910	18,8580	4,4572

GL: graus de liberdade; Amos: amostragem; Pro: profundidade; CV: coeficiente de variação. * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n/s} Não significativo.

Anexo B. Resumo da análise de variância para as variáveis de produção

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Peso do Cacho	Peso do Fruto	Produtividade
Blocos	3	7,5467*	0,0015*	30,1870*
Doses	4	82,2897*	0,0078*	329,1591*
Resíduo	16	2,3973	0,0004	9,5894
Média Geral		24,2600	0,3348	48,5210
CV (%)		6,3822	6,0828	6,3811

GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação. * Significativo a 5% de probabilidade.

Anexo C. Valor do pH, condutividade elétrica e potássio presentes no efluente da suinocultura durante o primeiro ciclo do experimento

Épocas de aplicação	pH	CE (dS m ⁻¹)	Potássio (kg L ⁻¹)	RAS (mmol _c L ⁻¹)
1ª Aplicação (17/07/2018)	7,44	4,10	0,000276	1,1984
2ª Aplicação (06/08/2018)	7,37	3,90	0,000279	1,2709
3ª Aplicação (26/08/2018)	8,33	3,32	0,000276	1,0982
4ª Aplicação (15/09/2018)	7,31	3,65	0,000280	1,0791
5ª Aplicação (05/10/2018)	7,55	3,88	0,000320	1,3700
6ª Aplicação (25/10/2018)	7,79	4,15	0,000310	1,4215

Anexo D. Valor do pH, condutividade elétrica e potássio presentes no efluente da suinocultura durante o segundo ciclo do experimento

Épocas de aplicação	pH	CE (dS m ⁻¹)	Potássio (kg L ⁻¹)	RAS (mmol _c L ⁻¹)
1ª Aplicação (04/04/2019)	6,79	3,10	0,000198	1,0353
2ª Aplicação (19/04/2019)	6,90	2,33	0,000170	0,8988
3ª Aplicação (04/05/2019)	6,49	2,00	0,000143	1,1447
4ª Aplicação (19/05/2019)	7,98	2,69	0,000174	1,1802
5ª Aplicação (03/06/2019)	6,01	2,65	0,000178	1,3548
6ª Aplicação (18/06/2019)	6,22	2,89	0,000203	1,6607
7ª Aplicação (03/07/2019)	5,94	3,31	0,000237	1,3957
8ª Aplicação (18/07/2019)	6,50	3,11	0,000225	1,4338
9ª Aplicação (02/08/2019)	6,53	3,22	0,000247	1,5122
10ª Aplicação (17/08/2019)	6,80	2,90	0,000228	1,4534
11ª Aplicação (01/09/2019)	8,21	3,07	0,000190	1,2961
12ª Aplicação (16/09/2019)	6,12	3,01	0,000238	1,4869
13ª Aplicação (01/10/2019)	5,99	3,22	0,000250	1,2851

Anexo E. Aporte de nutrientes decorrentes da aplicação das diferentes doses de potássio advindo do efluente da suinocultura ao final do primeiro ciclo

Atributos Químicos	Doses de Potássio Advindo do Efluente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ de K)				
	200	300	400	500	600
L efluente/planta	105	180	255	330	405
Cálcio (meq L ⁻¹)	404,3	693,0	981,8	1270,5	1559,3
Magnésio (meq L ⁻¹)	303,5	520,2	737,0	953,7	1170,5
Fósforo (mg L ⁻¹)	2360,4	4046,4	5732,4	7418,4	9104,4
Potássio (mg L ⁻¹)	27510,0	47160,0	66810,0	86460,0	106110,0
Nitrato (mg L ⁻¹)	40950,0	70200,0	99450,0	128700,0	157950,0
Sódio (meq L ⁻¹)	247,8	424,8	601,8	778,8	955,8
Ferro (mg L ⁻¹)	27,3	46,8	66,3	85,8	106,3
Zinco (mg L ⁻¹)	2,1	3,6	5,1	6,6	8,1
Manganês (mg L ⁻¹)	21,0	26,0	51,0	66,0	81,1
Cobre (mg L ⁻¹)	3,1	5,4	7,6	9,9	12,1
Boro (mg L ⁻¹)	44,1	75,6	107,1	138,6	170,1
Cloro (meq L ⁻¹)	52,5	90,0	127,5	165,0	202,5
Sulfato (meq L ⁻¹)	123,9	212,4	300,9	389,4	477,9
Bicabornato (meq L ⁻¹)	10,5	18,0	25,5	33,0	40,5

Anexo F. Aporte de nutrientes decorrentes da aplicação das diferentes doses de potássio advindo do efluente da suinocultura ao final do segundo ciclo

Atributos Químicos	Doses de Potássio Advindo do Efluente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ de K)				
	200	300	400	500	600
L efluente/planta	320	570	820	1070	1265
Cálcio (meq L ⁻¹)	1232,0	2194,5	3157,0	4119,5	4870,3
Magnésio (meq L ⁻¹)	924,8	1647,3	2369,8	3092,3	3655,9
Fósforo (mg L ⁻¹)	7193,6	12813,6	18433,6	24053,6	28437,2
Potássio (mg L ⁻¹)	66000,00	117800,00	169600,0	221400,0	261600,0
Nitrato (mg L ⁻¹)	148800,0	265050,0	381300,0	497550,0	588225,0
Sódio (meq L ⁻¹)	755,2	1345,2	1935,2	2525,2	2985,4
Ferro (mg L ⁻¹)	147,2	262,2	377,2	492,2	581,9
Zinco (mg L ⁻¹)	6,4	11,4	16,4	21,4	25,3
Manganês (mg L ⁻¹)	48,0	85,5	123,0	160,5	189,8
Cobre (mg L ⁻¹)	6,4	11,4	16,4	21,4	25,3
Boro (mg L ⁻¹)	134,4	239,4	344,4	449,4	531,3
Cloro (meq L ⁻¹)	160,0	285,0	410,0	535,0	632,5
Sulfato (meq L ⁻¹)	377,6	672,6	967,6	1262,6	1492,7
Bicarbonato (meq L ⁻¹)	32,0	57,0	82,0	1070	126,5