**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Fertirrigação do abacaxi cultivar vitória com vinhaça: efeitos no
solo e na planta**

João Paulo Francisco

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2014**

João Paulo Francisco
Engenheiro Agrônomo

**Fertirrigação do abacaxi cultivar vitória com vinhaça: efeitos no solo e na
planta**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Francisco, João Paulo

Fertirrigação do abacaxi cultivar vitória com vinhaça: efeitos no solo e na planta / João Paulo Francisco. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.
125 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.
Bibliografia.

1. Efluentes 2. Reuso de água 3. Potássio 4. Lixiviação I. Título

CDD 634.774
F818f

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

À minha mãe, Lúcia Helena, pelo exemplo de amor e de fé e por sempre me mostrar os caminhos a serem seguidos e me ensinar a nunca desistir dos meus ideais.

À minha madrinha, Cleusa Mello, pelo total apoio e confiança e à minha irmã, Pabieley (Bi).

DEDICO

À Lorena Rozwoott pelos valiosos ensinamentos e conselhos. Você me torna a cada dia uma pessoa melhor e muito mais feliz. Obrigado por existir em minha vida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu eterno amigo, pela fé e perseverança e me fazer acreditar que tudo isso sempre foi possível.

Ao Programa de Pós-graduação da ESALQ/USP, que me proporcionou a possibilidade da realização de um sonho e em especial ao corpo docente pelo conhecimento transmitido.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de mestrado, que viabilizou a elaboração deste trabalho.

Ao professor Marcos Vinícius Folegatti, meu orientador, que acreditou no meu potencial e me proporcionou a chance de vencer mais uma etapa em minha vida. Certamente, sem a sua participação e apoio, este trabalho não seria possível. Pela franqueza, lealdade, amizade, orientação e acima de tudo pela confiança depositada em mim.

Ao professor Dr. Leonardo Duarte Batista da Silva pela confiança depositada, orientação na graduação e, sobretudo, amizade. Pelos valiosos conselhos e ensinamentos que proporcionaram meus primeiros passos na pesquisa.

Ao professor Dr. Jonathas Batista Gonçalves Silva, pela valiosa ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Às secretárias, Davilmar Aparecida Colevatti e Ângela Márcia Derigi Silva, pelo apoio e ajuda nas horas burocráticas e à Beatriz Regina Duarte Novaes, que com sua extrema competência é capaz de resolver os mais difíceis problemas sem deixar a simpatia e o sorriso de lado. E toda equipe da biblioteca da ESALQ, pela revisão do trabalho.

Aos funcionários e amigos do Departamento de Engenharia de Biossistemas que durante toda minha caminhada estavam presentes, em especial: Gilmar Batista Grigolon, Paula Alessandra Bonassa Pedro, Sr. Antônio Agostinho Gozzo (Tatão), Hélio Toledo Gomes, Luís Custódio de Camargo, Luiz Afonso da

Costa, Yvan Jaoude, Marinaldo Ferreira Pinto, Antônio Pires de Camargo e Lino Stênico.

Aos amigos Bruno Lena, Adriano Diotto, Cícero Renê, Danilton Flumignan, Hermes Soares, Conan Ayade, Acácio Perboni, Alan Bernad, Wagner Wolff, Ezequiel Saretta, Daniel Leal, Fernando Barbosa, Jefferson Vieira, Rafael Maschio, Everaldo Moreira, Eusímio Fraga, Ricardo Gava, Bruno Marçal, Marcos Amaral, Lívia Previatello, Ana Paula Damasceno, Irineu Andrade, Lucas Silva, Rafael Dreux, Jonathan Vásquez, Timóteo Herculino, Carlos Lima, Plínio Guerra, Victor Ribeiro e Thiago Tonieto pela amizade e convivência agradável durante o tempo de ESALQ. Em especial a Adriano Diotto, Bruno Lena e Cícero Renê que sempre estiveram dispostos a me ajudar nas atividades deste estudo e que ajudaram na revisão deste trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para realização deste trabalho.

Muito Obrigado a todos

*“Não confunda derrotas com fracasso,
nem vitórias com sucesso.*

*Na vida de um campeão sempre haverá
derrotas, assim como na vida de um perdedor
sempre haverá vitórias.*

*A diferença é que, enquanto os campeões
crescem nas derrotas, os perdedores se
acomodam nas vitórias”.*

(Roberto Shinyashiki)

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	19
1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 Aspectos edafoclimáticos e morfológicos do abacaxizeiro	25
2.2 Importância da abacaxicultura no Brasil.....	27
2.3 Demanda nutricional do abacaxizeiro	29
2.3.1 Adubação potássica	30
2.4 Produção de vinhaça no setor sucroenergético	31
2.4.1 Vinhaça como resíduo	31
2.4.2 Vinhaça como fertilizante e seu uso na agricultura	32
2.5 Disposição de efluentes na agricultura.....	33
2.6 Legislação para aplicação de vinhaça no solo	34
3 MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	37
3.2 Caracterização do solo e da vinhaça	38
3.3 Tratamentos e delineamento experimental	40
3.3.1 Caracterização das unidades experimentais	41
3.4 Plantio e condução da cultura	43
3.5 Manejo da irrigação	45
3.6 Manejo da adubação e fertirrigação	47
3.7 Extração da solução do solo	49
3.8 Parâmetros avaliados.....	50
3.8.1 Solo	50
3.8.1.1 Análise da solução do solo	50
3.8.1.2 Alterações físico-químicas do material solo	50
3.8.2 Análises das plantas.....	51
3.8.2.1 Altura de plantas	51
3.8.2.2 Número de folhas.....	51
3.8.2.3 Comprimento e largura mediana da folha “D”	51
3.8.2.4 Área Foliar	52

3.8.2.5	Massa seca de parte aérea e raiz	52
3.8.3	Produção e qualidade dos frutos.....	52
3.8.3.1	Firmeza da casca e polpa	52
3.8.3.2	Potencial hidrogeniônico (pH)	52
3.8.3.3	Sólidos Solúveis	53
3.8.3.4	Acidez titulável total.....	53
3.8.3.5	Análise sensorial	53
3.8.4	Análise estatística	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	Características meteorológicas no interior da casa de vegetação.....	55
4.2	Variáveis de solo	56
4.2.1	Monitoramento e análise da solução do solo	56
4.2.1.1	Condutividade Elétrica (CE)	56
4.2.1.2	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	60
4.2.1.3	Nitrato (NO_3^-).....	62
4.2.1.4	Potássio.....	67
4.2.2	Alterações nas características químicas e físicas do solo	70
4.3	Variáveis da planta	74
4.3.1	Altura das plantas	74
4.3.2	Número de folhas.....	77
4.3.3	Comprimento da folha “D”	80
4.3.4	Largura mediana da folha “D”	83
4.3.5	Área foliar (AF).....	86
4.3.6	Massa seca da parte aérea e raiz.....	88
4.4	Produção e qualidade dos frutos	91
4.4.1	Peso dos frutos e produtividade.....	91
4.4.2	Firmeza da casca e polpa	94
4.4.3	Potencial Hidrogeniônico (pH)	96
4.4.4	Sólidos solúveis (SS)	98
4.4.5	Acidez Titulável Total (ATT).....	100
4.4.6	Relação SS/ATT	102
4.4.7	Análise Sensorial	104
5	CONCLUSÕES.....	109
	REFERÊNCIAS	111

RESUMO

Fertirrigação do abacaxi cultivar vitória com vinhaça: efeitos no solo e na planta

O uso agrícola de resíduos de efluentes orgânicos é uma alternativa interessante de disposição, pois permite o aproveitamento potencial das águas e dos nutrientes para o crescimento das plantas. A utilização destes efluentes na agricultura constitui uma importante contribuição para a minimização da contaminação devido à redução de seu lançamento em corpos hídricos, além de se tornar uma alternativa econômica para a propriedade rural, que diminui os custos para aquisição de fertilizantes. O aumento no resíduo de efluente produzido pelas usinas de cana-de-açúcar, a vinhaça, é reflexo do aumento da produção do álcool no Brasil. A vinhaça é um subproduto rico em nutrientes, principalmente em matéria orgânica, característica essa que a torna um grande poluidor quando lançado em corpos hídricos. Dentre as soluções para destinação final da vinhaça, a que se destaca é sua aplicação no solo, por meio da técnica de fertirrigação. Dentro desse contexto, o presente trabalho consiste em avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de vinhaça no crescimento, produção e qualidade dos frutos do cultivar de abacaxi vitória, visando à disposição final deste efluente de forma a garantir a reciclagem de água e nutrientes, sem comprometimento das características químicas e físicas do solo. O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) em ambiente protegido (casa de vegetação). Adotou-se delineamento inteiramente aleatorizado com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais, sendo a unidade experimental representada por trincheiras com dimensões 3,20 m de comprimento por 0,80 m de largura por 0,40 m de profundidade. Os tratamentos foram formados pela aplicação de doses de vinhaça referentes a 0, 50, 75, 100 e 125% da demanda de 462 kg ha⁻¹ de potássio pelo abacaxizeiro. O potássio foi tomado como elemento de referência para obtenção dos volumes de vinhaça, sendo que para os cálculos de volume, utilizou-se a norma CETESB P4.231. As fertirrigações foram ministradas, via gotejamento, de acordo com a demanda nutricional do abacaxizeiro, respeitando suas fases de desenvolvimento. Verificou-se que a aplicação de vinhaça no solo aumentou a CTC e a matéria orgânica, porém não promoveu alterações nas características físicas. O aumento das doses de vinhaça afetaram diretamente as variáveis biométricas: altura de plantas, número de folhas, comprimento e largura da folha “D”. A área foliar, matéria seca da parte aérea e raiz sofreram influência positiva do aumento das doses de vinhaça aplicadas. Verificou-se que as maiores concentrações de nitrato e potássio na solução do solo foram encontradas nos tratamentos com maiores doses de vinhaça aplicadas. Os tratamentos fertirrigados com vinhaça apresentaram menor produtividade quando comparados ao tratamento com adubação química, no entanto as plantas que foram fertirrigadas apresentaram frutos com qualidades físico-químicas superiores, apesar de na análise sensorial não ter sido verificado diferença significativa entre os tratamentos.

Palavras-chave: Efluentes, Reuso de água, Potássio, Lixiviação

ABSTRACT

Fertigation of pineapple cultivar victory with vinasse: effects on soil and plant

The using of effluent residues in agriculture it is a good alternative because allows the use of the water and the nutrients to cultivate some crops. Also it is an important contribution with the mitigation of the contamination promoted by these effluents when disposed in a hydric system and could be an economic alternative to reduce costs with fertilizers. The increase in the production of effluent in the sugarcane mill, the vinasse, it is the result of the increase in the production of ethanol. The vinasse it is a residue rich in nutrients, mainly organic material that can be a problem when disposed in the hydric systems. One alternative to solve this problem it is to utilize the vinasse in the soil by fertigation. This study aim to evaluate the growing, yield and fruit quality in pineapple variety vitória with different levels of vinasse applied by fertigation, and the recycling of water and nutrients by vinasse without compromise the chemical and physical soil characteristics. The experiment was conduct in a greenhouse located in the Biossystem Engineering department, college of agriculture "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP. The experimental design adopted was completely randomly with 5 treatments and 4 replications, being the experimental unit one trench with 3.2 of length, 0.8 m of width and 0.4 m depth. The treatments was composed by different levels of vinasse: 0, 50, 75, 100 and 125% of the total pineapple potash necessity (462 kg ha^{-1}). The potassium was used as reference element to obtain the total volume of vinasse and was used the standard CETESB P4.261. The fertigation was applied by drip irrigation and respected the pineapple nutrient requirement in the different development phases. The vinasse application promoted the increase in the soil cation-exchange capacity (CEC) and organic material, but not changed their physical characteristics. The increment in the vinasse levels effected directly the biometrics variables: plant high, number of leaves, length and width of leaf "D". The leaf area, dry material of aerial part and root showing positive correlation with the vinasse levels applied. The higher level of nitrate and potash in the soil solution was observed in the treatments that received the higher levels of vinasse. Treatments that receive vinasse by fertigation presented lesser yield when compare to treatments that receive just chemical fertilization, but fruits with better physic-chemicals quality, although sensory analysis have not been verified significant difference between treatments.

Keywords: Effluents, Reuse of water, Potassium, Leaching

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática das diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro	27
Figura 2 – Vista frontal da casa de vegetação utilizada no experimento (2A). Sensores instalados para aquisição dos dados meteorológicos (2B).....	38
Figura 3 – Croqui da área experimental	41
Figura 4 – Trincheira aberta (4A), revestimento com manta plástica e início do preenchimento (4B) e trincheira totalmente preenchida como o solo	42
Figura 5 – Esquema da unidade experimental representando os extratores de solução, tensiômetros, tubo de acesso DIVINER e poço de observação, bem como a distribuição das plantas	43
Figura 6 – Esquema de duas unidades experimentais representando as plantas úteis e de bordadura, espaçamentos entre plantas e dimensões das parcelas	44
Figura 7 – Vista da área experimental após plantio	45
Figura 8 – Plantas aos 40 (8A) e 120 dias após a indução floral artificial (8B)	45
Figura 9 – Fertirrigação com vinhaça utilizando sistema de irrigação localizado	48
Figura 10 – Variação da temperatura mínima e máxima (T_{min} e T_{max}) e da umidade relativa do ar (UR_{min} e UR_{max}) no interior da casa de vegetação ao longo dos 450 dias de experimento.....	56
Figura 11 – Diagramas de dispersão e equações de ajustes para os tempos e profundidade, relativos à CE, para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicada	57
Figura 12 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para os tempos e profundidade relativos ao pH, para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicada	61
Figura 13 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para os tempos e profundidade relativos ao nitrato, para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	64
Figura 14 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para os tempos e profundidade relativos ao potássio, para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	68
Figura 15 – Capacidade de troca de cátions (15A), matéria orgânica do solo (15B), teor de potássio trocável (15C) e relação Ca/Mg nos solos dos distintos tratamentos no plantio, indução floral e colheita.....	71

Figura 16 – Curva de retenção de água no solo dos diferentes tratamentos no momento do plantio, indução floral e colheita	73
Figura 17 – Diagramas de dispersão e equações de ajustes para a altura ao longo do ciclo de desenvolvimento do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	75
Figura 18 – Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a altura da planta aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.....	76
Figura 19 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para o número de folhas ao longo do ciclo de desenvolvimento do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	78
Figura 20 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para o número de folhas aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.....	79
Figura 21 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para o comprimento de folha “D” ao longo do ciclo de desenvolvimento do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas	81
Figura 22 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para o comprimento de folha “D” aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média	82
Figura 23 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para a largura mediana da folha “D” ao longo do ciclo de desenvolvimento do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	84
Figura 24 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a largura mediana da folha “D” aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média	85
Figura 25 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a área foliar aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.....	87
Figura 26 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a massa seca de parte aérea aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média	89
Figura 27 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para massa seca de raiz aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.....	90
Figura 28 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para peso dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média	91

- Figura 29 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a firmeza de casca e polpa em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média95
- Figura 30 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para pH dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.....97
- Figura 31 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para SS dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.....99
- Figura 32 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para ATT dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.....101
- Figura 33 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para relação SS/ATT dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média103
- Figura 34 - Distribuição de frequência das respostas dos provadores (%) para a aceitação dos frutos de abacaxi vitória produzidos sob diferentes doses de vinhaça considerando os atributos hedônicos de aparência e odor106
- Figura 35 - Distribuição de frequência das respostas dos provadores (%) para a aceitação dos frutos de abacaxi vitória produzidos sob diferentes doses de vinhaça considerando os atributos hedônicos de textura e impressão global107
- Figura 36 - Distribuição de frequência das respostas dos provadores (%) para a aceitação dos frutos de abacaxi vitória produzidos sob diferentes doses de vinhaça considerando os atributos hedônicos de sabor e aceitação107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros obtidos de resíduos de indústrias sucroalcooleiras (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB - 1986).....	32
Tabela 2 – Caracterização química da água utilizada no experimento	38
Tabela 3 - Caracterização físico-hídrica do solo utilizado no experimento.....	39
Tabela 4 – Caracterização química do solo utilizado no experimento.....	39
Tabela 5 – Caracterização química da vinhaça utilizada no experimento.....	40
Tabela 6 - Valores de umidade de saturação (θ_s) e residual (θ_r) e dos parâmetros empíricos (α , n e m) do modelo de van Genuchten (1980)	46
Tabela 7 – Adubação do abacaxizeiro adotada no experimento.....	47
Tabela 8 – Determinações de potássio, nitrato, sódio, condutividade elétrica (Ce) e pH das diferentes alíquotas de vinhaça que foram utilizadas para a fertirrigação.....	49
Tabela 9 – Volume aplicado de vinhaça por tratamento e o equivalente a potássio convertido em gramas por planta, bem como o volume de vinhaça total aplicado durante todo o ciclo	49
Tabela 10 - Resumo da análise de regressão para condutividade elétrica (CE) da solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas	56
Tabela 11 - Resumo da análise de regressão para o pH da solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas	60
Tabela 12 - Resumo da análise de regressão para o nitrato presente na solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas	63
Tabela 13 - Resumo da análise de regressão para o potássio presente na solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas	67
Tabela 14 – Análises químicas do solo na profundidade de 0,20 m realizadas antes do plantio, no momento da indução floral (IF) e da colheita para os distintos tratamentos adotados no estudo	70
Tabela 15 – Porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo nos distintos tratamentos determinadas no plantio, indução floral e colheita	72

Tabela 16 - Resumo da análise de regressão da altura de plantas para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	74
Tabela 17 - Resumo da análise de regressão para a altura de planta no momento da indução floral e da colheita para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicada.....	76
Tabela 18 - Resumo da análise de regressão do número de folhas para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	77
Tabela 19 - Resumo da análise de regressão para o número de folhas no momento da indução floral e da colheita para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas	78
Tabela 20 - Resumo da análise de regressão do comprimento da folha “D” para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas	80
Tabela 21 - Resumo da análise de regressão para o comprimento de folha “D” no momento da indução floral e da colheita para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	82
Tabela 22 - Resumo da análise de regressão da largura mediana da folha “D” para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas	83
Tabela 23 - Resumo da análise de regressão para a largura mediana da folha “D” no momento da indução floral e da colheita para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	85
Tabela 24 - Resumo da análise de regressão para a área foliar do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	86
Tabela 25 - Resumo da análise de regressão para a massa seca da parte aérea e raiz do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas	88
Tabela 26 - Resumo da análise de regressão para o peso dos frutos do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas.....	91
Tabela 27 - Resumo da análise de regressão para a firmeza da casca e da polpa dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas.....	94
Tabela 28 - Resumo da análise de regressão para pH dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas.....	96
Tabela 29 - Resumo da análise de regressão para SS dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas.....	98
Tabela 30 - Resumo da análise de regressão para ATT dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas.....	101
Tabela 31 - Resumo da análise de regressão para a relação SS/ATT dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas	102

Tabela 32 – Resumo da análise de variância para aceitação dos frutos de abacaxi submetidos às diferentes doses de vinhaça 105

Tabela 33 – Valores médios das notas com relação à aparência, odor, textura, sabor e impressão global de cada tratamento 105

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional vem aumentando a demanda por água em quantidade e qualidade compatíveis, porém essa mesma água é insumo básico de quase todos os processos industriais, além de apresentar vital importância para a produção de alimentos. Os efeitos na qualidade e na quantidade da água disponível, relacionados ao rápido crescimento da população mundial e à concentração dessa população em megalópoles, já são evidentes em diversas partes do mundo. Muitos dos mananciais hídricos utilizados na captação de água para consumo humano estão cada vez mais poluídos e deteriorados, em virtude da falta de investimentos em coleta, tratamento e disposição final de efluentes. Pensar de forma mais efetiva em soluções que permitam uma melhor gestão do uso das águas e gestão dos resíduos que são lançados indiscriminadamente em corpos hídricos é mundialmente necessário.

A crescente demanda por água tem feito do reúso planejado um tema atual e de grande importância. Os sistemas de produção agrícola que fazem uso da irrigação são criticados do ponto de vista dos altos volumes de água mobilizados, no entanto as áreas irrigadas, que representam 28% da área mundial cultivada, responde por 45% do total de alimentos produzidos. Sendo assim, o uso de efluentes agroindustriais por meio da fertirrigação pode promover uma economia de água potável, além de reduzir as quantidades de adubos químicos, aumentar os teores de matéria orgânica do solo e diminuir o risco de eutrofização dos cursos d'água. O reúso da água subtende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido utilizada anteriormente.

O lançamento direto de efluentes em corpos de água receptores deve atender a padrões estabelecidos pela legislação federal, por meio da Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece normas e padrões de qualidade das águas para seu lançamento no meio ambiente. O aproveitamento agrícola de efluentes agroindustriais constitui uma importante contribuição para a minimização da contaminação devido à redução de seu lançamento em mananciais, além de se tornar uma alternativa econômica para a propriedade rural, sem o comprometimento da qualidade ambiental.

As lavouras de cana-de-açúcar do Brasil constituem uma das atividades mais eficientes de todo o agronegócio mundial, haja vista que a safra 2012/2013 proporcionou uma produção de 23,74 bilhões de litros de álcool (UNICA, 2013). Concomitantemente ao aumento da produção de álcool, é também acrescida a produção de vinhaça. A vinhaça é um dos principais resíduos da fabricação do álcool, sendo gerada numa proporção de 10 a 18 litros para cada litro de álcool produzido.

A fertirrigação com vinhaça é bastante difundida nas regiões canavieiras com resultados satisfatórios em relação às alterações químicas no solo, possibilitando o aumento de matéria orgânica, pH, teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis. Sendo o abacaxizeiro extremamente exigente em potássio e em virtude da escassez de dados sobre o uso da vinhaça na cultura do abacaxizeiro, no que se refere aos aspectos fisiológicos, sanitários e de produção, e a necessidade de disponibilizar aos produtores alternativas de baixo custo para o tratamento do efluente, reduzindo os impactos ambientais, torna-se necessária à realização de estudos que enfoquem o comportamento agrônomo do abacaxizeiro associado à disposição final desses efluentes.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo principal avaliar os efeitos da fertirrigação com vinhaça, aplicada em diferentes doses, no solo e nas características fitométricas e de produção do cultivar de abacaxi vitória. Os objetivos secundários foram avaliar os efeitos da fertirrigação com vinhaça nas características químicas e físicas do solo; avaliar os efeitos da fertirrigação com vinhaça nas variáveis fisiológicas, de produção e qualidade dos frutos; e determinar qual dose de aplicação de vinhaça proporcionará maior produtividade à cultura, sem comprometimento da qualidade do solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos edafoclimáticos e morfológicos do abacaxizeiro

O abacaxizeiro tem como centro de origem a região que inclui as zonas centrais e sul do Brasil, o nordeste da Argentina e o Paraguai. Após ser encontrado por Cristóvão Colombo na ilha de Guadalupe e em outras ilhas das Índias Ocidentais, foi levado à Europa, onde despertou grande interesse e tornou-se bastante apreciado (CUNHA; CABRAL, 1999). É uma planta monocotiledônea, herbácea e perene, da família Bromeliaceae, onde todas as cultivares de interesse econômico pertencem à espécie *Ananas comosus* (L.) Merrill, composta por um caule curto e grosso, ao redor do qual crescem as folhas, em forma de canaletas estreitas e rígidas, e no qual também se inserem as raízes axilares (CABRAL, 1985). O sistema radicular é fasciculado, superficial e fibroso, em geral não ultrapassa os 30 cm de profundidade. A planta, quando adulta, pode atingir até 1,0 m de altura apresentando um diâmetro em torno de 1,50 m (REINHARDT; SOUZA; CABRAL, 2000). A faixa de pH ideal para cultivo de abacaxi está em torno de 5,0 a 6,0, no entanto resiste a cultivos em solos com pH até 4,5.

As condições de clima no Brasil favorecem o cultivo do abacaxizeiro, sendo que os melhores índices de crescimento e qualidade são observados em temperaturas entre 22 e 32°C e com variação diária entre 8 a 14°C (REINHARDT; SOUZA; CABRAL, 2000). Temperaturas acima de 32°C promovem a redução do crescimento das plantas e quando associado à elevada insolação, causam a queima dos frutos. Sob temperaturas abaixo de 20°C, o crescimento também é reduzido e quando associado a dias curtos ou com baixa insolação e nebulosidade mais alta, pode ocorrer estímulo ao florescimento precoce, o que pode levar à perda de frutos e desuniformidade de produção (PY; LACOEUILHE; TEISSON, 1984).

Apesar das condições climáticas favoráveis, a produtividade brasileira apresenta números modestos quando comparada com outros países produtores que têm alcançado produtividades entre 45 a 55 toneladas por hectare. De acordo com Ponciano et al. (2006), a baixa produtividade brasileira está associada a problemas relacionados ao manejo adequado da irrigação, ao controle de pragas e doenças, à utilização adequada de defensivos, ao melhoramento das variedades, ao

desenvolvimento de embalagens apropriadas, bem como o gerenciamento com mais eficiência dos custos de produção.

A intensidade luminosa é um fator importante no desenvolvimento tanto da planta quanto da qualidade do fruto. De acordo com Reinhardt (2002), a planta apresenta um desenvolvimento pleno em regiões com alta incidência de radiação solar, exigindo entre 2500 a 3000 horas de insolação por ano. Quanto menor a duração do dia mais rapidamente ocorre o florescimento e quanto maior a irradiação após a indução floral, maior será o peso do fruto (BARTHOLOMEW; PAUL; ROHRBACH, 2003).

Apesar de o abacaxizeiro apresentar características vegetais de clima seco, maiores rendimentos são verificados em regiões que apresentam precipitações anuais bem distribuídas entre 1.200 a 1.500 mm anuais. Portanto, em regiões que tem por características a ocorrência de períodos seco prolongados, a prática da irrigação é indispensável. Sob condições de falta de água, alta salinidade, fotoperíodo ou termoperíodo o abacaxizeiro apresenta o metabolismo CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), que apresenta formação dos ácidos C4 tanto temporal como espacialmente separada. À noite, o CO₂ é capturado pela enzima PEP carboxilase no citosol e o malato formado, a partir do oxalacetato, são estocados no vacúolo. Durante o dia, o malato estocado é transportado para o cloroplasto e descarboxilado pela enzima MADP-málica, o CO₂ liberado é fixado pelo ciclo de Calvin e o NADPH é utilizado para converter o produto triose descarboxilado em amido. As plantas CAM atingem alta eficiência no uso de água, pois abrem os estômatos somente à noite. O abacaxizeiro apresenta regulação de longo prazo e é capaz de ajustar o padrão de captação de CO₂ às condições climáticas. Neste contexto, o abacaxizeiro se apresenta como uma planta CAM facultativa, esta realiza o metabolismo C3 sob condições de não estresse e alteram para CAM em resposta às condições adversas citadas anteriormente (TAIZ, ZAIGER, 2004).

Cunha e Cabral (1999) definiram que a estrutura geral de uma planta de abacaxizeiro é composta das seguintes partes morfológicas: sistema radicular; gema axilar; haste ou talo; folhas do tipo A, B, C, D, E e F; pedúnculo; mudas do tipo filhote, rebentão ou filhote-rebentão; infrutescência e frutos simples do tipo baga (Figura 1).

Figura 1 - Representação esquemática das diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro
 Fonte: Adaptado a partir de Cunha e Cabral (1999).

Considera-se a folha “D” a mais importante do ponto de vista do manejo da cultura, uma vez que esta é a folha metabolicamente mais ativa na planta, refletindo dessa forma, o real estado nutricional do abacaxizeiro. (REINHARDT et al., 2002). Na prática, a folha D também pode ser utilizada para determinação do desenvolvimento vegetativo por meio da determinação de seu comprimento e massa fresca, geralmente é a mais comprida de toda a planta (MALÉZIEUX; BARTHOLLOMEW, 2003).

É possível serem identificadas três fases distintas durante o ciclo do abacaxizeiro: a fase de crescimento vegetativo, que vai do plantio ao tratamento de indução floral artificial ou iniciação floral natural e que corresponde a um período de 8 a 12 meses; a fase reprodutiva com duração de 5 a 6 meses que é totalmente estável e independente da região de plantio; e a fase propagativa ou de formação de mudas. Segundo Almeida et al. (2002), o ciclo da cultura pode ser influenciado pelo material propagativo (mudas do tipo filhote, rebentão, filhote-rebentão, coroa e micropropagadas), pelas condições ambientais e pelo manejo da cultura, tendo uma variação de 16 a 36 meses.

2.2 Importância da abacaxicultura no Brasil

O abacaxi é um dos produtos tropicais mais famosos devido ao seu atrativo sabor refrescante e equilíbrio entre os sabores ácidos e doce e a sua versatilidade de consumo in natura ou após o processamento, podendo ser consumido na forma de suco, suco concentrado, polpa, conserva, entre outros (REINHARDT, 2004).

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de frutas tropicais e, com uma produção acima de 43 milhões de toneladas, foi responsável por 5% de toda produção mundial de frutas em 2008 (FAO, 2011). Dentre as frutíferas tropicais, o abacaxizeiro ocupa lugar de destaque no cenário mundial, sendo sua produção concentrada em seis países: Filipinas, Tailândia, Costa Rica, Indonésia, Brasil e China (FAO, 2011).

De acordo com o levantamento do IBGE 2012, a produção brasileira de abacaxi na safra 2011/2012 foi na ordem de 1.464.939 toneladas de frutos com rendimento médio de 25.878 kg ha⁻¹, apresentando uma queda de 3,6% em relação à safra anterior. A principal região produtora em 2012 foi o nordeste, responsável por 40,2% da produção, seguida da região sudeste (32,3%), norte (19,5%), centro-oeste (7,6%) e sul (0,4%). O estado maior produtor de abacaxi em 2012 foi à Paraíba, responsável por 18,7% da produção nacional.

Apesar de ser um dos principais produtores mundiais de abacaxi, a participação do Brasil nas exportações da fruta ainda é muito pequena, para melhoria neste quadro é preciso que o país se adeque às exigências dos mercados importadores de abacaxi (SPIRONELLO, 2010). O mercado externo exige frutos com casca e polpa amarelas, fruto cilíndrico e teor de sólidos solúveis acima de 13°Brix (REINHARDT, 2004). O cultivar de abacaxi pérola é o mais consumido no mercado nacional, por atender as exigências dos consumidores brasileiros que são polpa suculenta com sabor adocicado e baixa acidez (SPIRONELLO, 2010). O cultivar 'Smooth Cayenne', atende em maior escala as necessidades da indústria no que diz respeito à consistência firme, forma cilíndrica, coloração intensa e sabor mais ácido (BENGOZI, 2007).

A cultivar de abacaxi vitória, utilizada neste estudo, foi desenvolvida pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e apresenta como principal característica a resistência à fusariose, doença causada pelo fungo *Fusarium subglutinans* f. sp. ananas. Esta cultura apresenta características agronômicas semelhantes ou superiores em relação às cvs. Pérola e Smooth Cayenne, usadas como referência. As plantas têm como vantagem a ausência de espinhos nas folhas, o que facilita os tratos culturais, sendo as recomendações técnicas de cultivo as mesmas atualmente em uso pelos produtores das cultivares 'Pérola' e 'Smooth Cayenne'. Possui praticamente o mesmo porte da 'Pérola' e plantas vigorosas. O sucesso da comercialização do cultivar de abacaxi

vitória pode resultar em aumentos na produtividade de abacaxi em todo o país, uma vez que a fusariose provoca reduções nas produções de lavouras em todo o território nacional (VENTURA et al. 2006).

2.3 Demanda nutricional do abacaxizeiro

A obtenção de altas produtividades do abacaxizeiro está condicionada a um criterioso programa de adubação a ser adotado durante o processo de produção, uma vez que a demanda nutricional da cultura é elevada e muito variável em decorrência das condições edafoclimáticas, das práticas de manejo adotadas, do cultivar, do sistema e da densidade de plantio (SILVA, 2006).

Do total de aporte de nutrientes imobilizados pelo abacaxizeiro, a maior parte é acumulada na parte aérea. De acordo com Paula et al. (1999), a exportação de nutrientes em frutos e mudas pelos cultivares Pérola e Smooth Cayenne, é respectivamente: N (16 e 16%), P (35 e 28%), K (16 e 38%), Ca (13 e 23%), Mg (9 e 17%), S (22 e 9%), B (27 e 12%), Cu (25 e 20%), Fe (13 e 18%), Mn (17 e 19%) e Zn (34 e 40%).

O parcelamento se faz importante no manejo da adubação do abacaxizeiro, pois minimiza as perdas, especialmente por lixiviação, aumenta a eficiência das adubações e permite incrementos de produtividade, como constatado por Spironello et al. (1998), que avaliaram o parcelamento em doses crescentes de N e K na produção e qualidade dos frutos, observando o efeito positivo desse parcelamento na produção final, porém as maiores doses de N diminuíram o teor de sólidos solúveis e acidez dos frutos.

A maior exigência em N e K por parte do abacaxizeiro ocorre entre o sexto e o nono mês, verificando-se que na fase de maturação dos frutos estes valores declinam de forma bastante acentuada. Porém a resposta do abacaxizeiro às adubações de N e K é bastante divergente na literatura, apesar de haver um consenso de que a exploração econômica da cultura depende de um programa adequado de adubação, contemplando o fornecimento de todos os nutrientes em quantidades, épocas e fontes adequadas, previamente definidas de acordo com os objetivos da produção (SPIRONELLO, et al., 2004).

De acordo com Souza (2000), o nitrogênio e o potássio exibem efeitos antagônicos em relação à maioria dos atributos de qualidade dos frutos do

abacaxizeiro, o N exerce efeito mais acentuado sobre o peso e tamanho dos frutos, ao passo que o K está associado a aumento nos teores de açúcares e acidez titulável. Para frutos destinados aos mercados externo e indústria recomenda-se a adoção de relações N/K entre 1,5 a 2,5, visando o ajuste de sólidos solúveis e acidez titulável e aumento da resistência ao transporte, quando o foco é o mercado interno, essa relação pode ser menor ou igual a 1 (SOUZA, 1999).

2.3.1 Adubação potássica

A adubação potássica no abacaxizeiro pode ser suprida com cloreto de potássio, sulfato de potássio, sulfato duplo de potássio e magnésio e o nitrato de potássio, sendo que os dois últimos apresentam valor de aquisição mais elevado. (SOUZA, 2000). Além do suprimento via adubação mineral, esse elemento pode também ser fornecido via adubação orgânica. O potássio atua nas características organolépticas dos frutos, aumentando o teor de açúcares, a acidez, a firmeza de polpa e ativação da coloração da casca, este último aspecto é muito importante para frutos exportados (PAULA; MESQUITA; NOGUEIRA, 1998).

Os efeitos da adubação potássica sobre a produção e a qualidade dos frutos de abacaxizeiro estão sujeitos às variações provocadas por diversos fatores, dentre os quais as fontes, as doses e o manejo dos fertilizantes potássicos, assim como a disponibilidade e as relações nutricionais entre este e os demais nutrientes, no solo e na planta (MALÉZIEUX, 1993; PAULA; MESQUITA; NOGUEIRA, 1998; BARTHOLOMEW; PAUL; ROHRBACH, 2003). O efeito das fontes de potássio sobre a produção e a qualidade dos frutos de abacaxi é um tema que ainda gera bastante discussão e não está totalmente esclarecido. A fonte mais indicada é o sulfato de potássio, porém o cloreto de potássio, por apresentar menor custo e ser de fácil acesso, é o mais utilizado, mesmo com os possíveis efeitos deletérios do cloro (SOUZA, 2000). Veloso et al. (2001), trabalhando com diferentes doses de potássio no abacaxizeiro cultivar Pérola” verificaram que com a adição de potássio, na forma de cloreto de potássio, aumentou a produção de forma quadrática, estimando-se uma produção máxima de 79 Mg ha⁻¹ de frutos com coroa com a dose de 22 g K₂O por planta. O diâmetro e o comprimento do fruto aumentaram com as doses do nutriente, e a acidez do fruto decresceu linearmente.

O abacaxizeiro é muito exigente em tecnologia, sendo que a produção se caracteriza pela necessidade de fornecer altas doses de nutrientes às plantas, sobretudo potássio. De acordo com Souza (1999), uma densidade de plantio de 22.000 plantas por hectare extrai do solo 509 kg de potássio durante o ciclo de cultivo. Portanto, buscam-se alternativas para se diminuir os custos de produção, que variam entre R\$ 7 mil a R\$ 10 mil por hectare (IBGE, 2012). De acordo com AGRIANUAL (2009), os custos com fertilizantes no abacaxizeiro chegam a 33% do custo total de produção.

O fornecimento de nutrientes às plantas pode ser realizado por meio de fontes alternativas. Pensando neste contexto, o potássio pode ser fornecido pela vinhaça, uma vez que sua composição pode apresentar elevados teores de potássio (ANA, 2009).

O aproveitamento da vinhaça na fertirrigação do abacaxizeiro pode possibilitar o aumento da produtividade e qualidade dos frutos colhidos, redução da poluição ambiental e dos custos de produção, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo. Como observado por BARROS et al. (2005) que avaliaram a alteração nas características químicas de um solo fertirrigado com água residuárias de suinocultura. SANTOS et al. (2006) verificaram melhorias nas condições químicas e físicas de um solo que recebeu volumes de esgoto sanitário.

2.4 Produção de vinhaça no setor sucroenergético

A vinhaça é o principal resíduo das indústrias sucroenergéticas. Durante o processo de produção do etanol, é gerada em elevada quantidade, mais precisamente, para se produzir um litro de etanol, é gerado em torno de 10 a 18 litros de vinhaça, dependendo das condições operacionais e das instalações utilizadas (WADT, 2008). Segundo Orlando Filho (1977), uma usina com destilaria anexa é capaz de produzir 156 L de vinhaça a partir de 1 Mg de cana-de-açúcar, sendo produzido ainda 30 kg de torta de filtro e 250 kg de bagaço.

2.4.1 Vinhaça como resíduo

A composição da vinhaça é muito variável, quando se utiliza o caldo de cana para a fermentação, a vinhaça resultante é sempre menos concentrada que a

vinhaça proveniente de mosto de melaço ou de mosto misto. No que se refere às características qualitativas da vinhaça, pode-se afirmar que este material é rico em material orgânico, sólidos totais e nutrientes. Na Tabela 1, são apresentados valores médios de parâmetros obtidos de resíduos de indústrias sucroalcooleiras (CETESB, 1986).

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros obtidos de resíduos de indústrias sucroalcooleiras (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB - 1986)

Parâmetros	Melaço (mg L ⁻¹)	Mosto caldo (mg L ⁻¹)	Misto (mg L ⁻¹)
Sólidos Totais	81.500	23.700	52.700
Potássio (K ₂ O)	3.740 – 7.880	1.200 – 2.100	3.340 – 4.660
Enxofre (SO ₄ ^{**})	6.400	600 – 760	3.700 – 3.780
Cálcio (CaO)	450 – 5.180	130 – 1.540	1.330 – 4.570
Nitrogênio (N)	450 – 1.610	150 – 700	480 – 710
Magnésio (MgO)	420 – 1.520	200 – 490	580 – 700
Fósforo (P ₂ O ₅)	100 – 290	10 – 210	9 – 200
DBO	25.000	6.000 – 16.500	19.800
DQO	65.000	15.000 – 33.000	45.000
Matéria Orgânica	63.400	7.900	8.300

O poder poluente da vinhaça decorre principalmente de sua riqueza em matéria orgânica e altos índices de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). De acordo com Viana (2006), até o final dos anos 70, volumes crescentes de vinhaça eram lançados em mananciais superficiais, principalmente em cursos d'água. O lançamento direto de efluentes em corpos de água receptores deve atender a padrões estabelecidos pela legislação federal (Resolução CONAMA nº 357/2005), que estabelece normas e padrões da qualidade das águas e lançamentos de efluentes nas coleções de água. Diante da degradação ambiental causada pelo lançamento de águas residuárias nas coleções de água e da ação fiscalizadora realizada por órgãos públicos responsáveis pela qualidade do meio ambiente, busca-se soluções específicas no sentido de tratar, dispor ou aproveitar os resíduos (BARROS et al., 2005).

Uma das alternativas que se tem apontado para a resolução do problema é o uso desses efluentes na agricultura, por meio da fertirrigação.

2.4.2 Vinhaça como fertilizante e seu uso na agricultura

Quando aplicada de forma adequada a vinhaça torna-se uma excelente fonte de nutrientes, possibilitando a redução dos custos de produção da propriedade rural.

O uso direto da vinhaça como fertilizante é vantajoso devido à elevada concentração de matéria orgânica, potássio e enxofre (PENHABEL; PINTO, 2008).

A fertirrigação com vinhaça é bastante difundida nas regiões canavieiras com resultados satisfatórios em relação às alterações químicas no solo, possibilitando o aumento de matéria orgânica, pH, teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) trocáveis. Quando aplicada adequadamente, cerca de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça equivale a uma adubação de 61 kg ha^{-1} de nitrogênio, 343 kg ha^{-1} de K e 108 kg ha^{-1} de Ca (VIANA, 2006).

Na agroindústria sucroalcooleira, a aplicação da vinhaça no solo atende a três objetivos: destinação adequada aos resíduos, sob o ponto de vista do controle da poluição; melhoria das condições do solo para o plantio de cana e substituição de parte da adubação mineral, com vantagens econômicas (ANA, 2009; CETESB, 1986).

2.5 Disposição de efluentes na agricultura

A utilização de águas residuárias na agricultura não é um conceito novo e tem sido praticado em todo mundo, ganhando importância com a redução da disponibilidade de recursos hídricos de boa qualidade. A aplicação de efluentes coloca à disposição das plantas grandes quantidades de nutrientes, os quais podem ser absorvidos pelas plantas e com isso virem a proporcionar um incremento na produtividade (BARROS et al, 2005). O desenvolvimento e a produtividade das culturas podem ser aumentados com adição de nutrientes, sendo que estes podem ser obtidos por águas residuárias em geral, porém tal aumento na produtividade pode vir aliado a uma possível contaminação do perfil do solo, se a disposição for realizada de forma inadequada. Segundo Mattiazzo e Andrade (2000), dependendo das doses aplicadas, quantidades consideráveis de nitrato podem ser lixiviadas da camada arável dos solos para além da zona radicular das plantas.

No Brasil, o CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) lançou, em 2003, uma minuta de resolução, bastante similar à recomendação da Organização Mundial da Saúde, incentivando o reuso de águas de qualidade inferior e estabelecendo os padrões de qualidade dos efluentes para cada modalidade de reuso, o que representou um grande passo na legalização da técnica no país (BERTONCINI, 2008).

O reaproveitamento de águas residuárias é realidade em alguns países, como Israel, no qual 65% do efluente sanitário tratado são utilizados na irrigação agrícola (CAPRA e SCICLONE, 2004). No México, 45.000 litros por segundo de esgoto produzidos na Cidade do México são misturados diariamente com água de chuva, esta é encaminhada, por meio de canais, a uma distância de 60 km para irrigação de 80.000 hectares cultivados com cereais e forrageiras (BASTOS et al., 2003). Na Austrália, áreas de 600 hectares cultivadas com cana-de-açúcar estão sendo irrigadas com efluentes de tratamento de esgoto, sendo que a utilização dos efluentes proporcionou aumento de 62,5% da produção de açúcar (BRADDOCK e DOWNS, 2001).

Devido à presença de nutrientes indispensáveis ao desenvolvimento vegetal, as águas residuárias de maneira geral, tem despertado interesse de órgãos do governo e de pesquisadores. Este interesse se explica por causa do alto custo dos fertilizantes químicos que limita o seu uso por parte dos agricultores, e partindo-se para o lado oposto, à pressão que surge para uma agricultura sustentável, onde a reciclagem de nutrientes dentro da propriedade contribua não somente para a redução dos custos, mas também para a redução da poluição ambiental (SIMAS; NUSSIO, 2001).

Segundo Fonseca et al. (2007), a aplicação de águas residuárias no sistema solo - planta sem adoção de critérios agrônômicos pode promover a contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas e causar toxidez às plantas. Neste sentido, é de suma importância conhecer as taxas de aplicação mais adequadas da água residuária em questão, com base nos solutos presentes em maiores concentrações e determinar seus efeitos, tanto do ponto de vista agrônômico quanto ambiental (ERTHAL et al, 2010).

2.6 Legislação para aplicação de vinhaça no solo

A legislação sobre a aplicação de vinhaça contempla: portaria MINTER 323 (1978) que proíbe o lançamento de vinhaça nos mananciais superficiais; as Resoluções CONAMA 0002 (1984) e 0001 (1986) que determinaram, respectivamente, os estudos e elaboração de normas para controlar os efluentes das destilarias de álcool e a obrigatoriedade do EIA e RIMA para as novas unidades ou ampliações; a Lei nº 6.134, 1988, art.5º do estado de São Paulo que determinou que

os resíduos das atividades agroindustriais não poderiam poluir as águas subterrâneas.

Ao se aplicar vinhaça, ou qualquer outro efluente no solo, deve-se realizar um monitoramento rigoroso no que diz respeito à quantidade de nutrientes que estão sendo aplicados e ao monitoramento da solução do solo para evitar lixiviações excessivas e consequente contaminação do lençol freático. Portanto, o elevado aporte de nutrientes e matéria orgânica presente nas águas residuárias não permitem seu lançamento direto no ambiente, pois este deve atender a padrões estabelecidos pela legislação federal, (Resolução CONAMA nº357/2005), que estabelece normas e padrões da qualidade das águas e lançamento de efluentes nas coleções de água.

A legislação ambiental relacionada à disposição de vinhaça no solo tem como objetivo dispor critérios e procedimentos para a aplicação deste efluente, dessa forma, a Norma P4.231 de 2006, elaborada pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) estabeleceu os critérios e procedimentos para a aplicação de vinhaça no estado de São Paulo, especificando as restrições quanto às áreas de aplicação, suspendendo o armazenamento em áreas de sacrifício, determinando procedimentos para monitoração e exigindo a caracterização do solo e da vinhaça. De acordo com a normativa, a concentração máxima de potássio trocável no solo não pode exceder 5% da sua capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 e que, se for atingido tal limite, a aplicação deverá ser realizada apenas para suprir a necessidade de extração de potássio por parte da cultura. É possível verificar que a referida normativa técnica adotou o potássio como elemento de referência para disposição da vinhaça, esta exigência foi preconizada por Matos (2004) que afirma que a taxa de aplicação de águas residuárias agroindustriais deve estar baseada na dose de nutrientes recomendados para as culturas, pois, caso esses níveis sejam suplantados, além de comprometer a produtividade agrícola, podem provocar a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

A norma CETESB (P4.231) exige do empreendimento o encaminhamento do Plano de Aplicação de Vinhaça, que constitui de memorial descritivo sobre a prática de aplicação, contendo as taxa indicativas a serem aplicadas. Deverá ser indicada no plano a localização dos tanques de armazenamento, dos canais de distribuição e

a exata localização dos cursos d'água, sendo necessária a apresentação de dados geológicos e áreas de interesse ambiental.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em ambiente protegido (casa de vegetação), localizada no município de Piracicaba - SP (latitude 22°43'31"; longitude 47°38'57"; altitude 547 m).

O clima da região, de acordo com a classificação Köppen, é do tipo Cwa, que se caracteriza por ser subtropical úmido, com chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio, inferior a 18°C. A temperatura média anual é de 21,4°C e o total de chuva de 1.257 mm.

A casa de vegetação apresenta estrutura metálica galvanizada, medindo 4,6 m de altura na parte central e 3,0 m de pé direito, 12,8 m de largura, 22, 5 m de comprimento (Figura 2A). As paredes laterais e frontais foram confeccionadas com telas antiafídeos e rodapé de 0,30 m em concreto armado. As estufas são providas de cortinas de plástico transparente com espessura de 0,10 mm, e dispositivo de levantamento durante o dia para manejo da temperatura e umidade relativa do ar em seu interior e proteção contra chuvas e ventos excessivos. A estrutura experimental é provida de energia elétrica e de água, armazenada em três caixas com capacidade para 500 litros, provinda da rede de tratamento de água da ESALQ/USP. Na Tabela 2 apresentam-se a caracterização química da água utilizada durante a condução do experimento.

Tabela 2 – Caracterização química da água utilizada no experimento

Parâmetros de qualidade	Valores obtidos (mg L ⁻¹)
Cloreto	26,1
Nitrato	5,1
Sulfato	43,9
Fósforo	0,003
Nitrogênio amoniacal	0,1
Sódio	30,5
Potássio	3,0
Cálcio	24,6
Magnésio	2,0
Ferro	0,025
Cobre	0,007
Manganês	0,012
Zinco	0,033
pH (adimensional)	6,9

O monitoramento meteorológico da área experimental foi realizado por meio da instalação, no centro do experimento, de sensores de radiação global modelo CM3 Kipp & Zonen®, temperatura e umidade relativa do ar – termohigrômetro modelo HMP45C da Vaisala®, com os dados coletados a cada minuto e média a cada dez minutos (Figura 2B). Para coleta e armazenamento dos dados, utilizou-se um sistema automático de aquisição de dados (CR23X, Campbell Scientific®). Os sensores foram instalados a 2 m de altura.

Figura 2 – Vista frontal da casa de vegetação utilizada no experimento (2A). Sensores instalados para aquisição dos dados meteorológicos (2B).

3.2 Caracterização do solo e da vinhaça

O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico típico (EMBRAPA, 2009), obtido na profundidade de 0,30m da camada agricultável, proveniente do campus da ESALQ. As propriedades físicas do

solo foram determinadas realizando-se análise granulométrica, conforme metodologia proposta por Bouyoucus (1951): densidade das partículas (D_p), utilizando o método do picnômetro e densidade do solo (D_s), determinada pelo método da proveta, os quais são recomendados pela EMBRAPA (1997) (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização físico-hídrica do solo utilizado no experimento

Camada (cm)	CC ⁽¹⁾ cm ³ cm ⁻³	PMP ⁽²⁾ cm ³ cm ⁻³	CAD ⁽³⁾ (mm)	Ds ⁽⁴⁾ g cm ⁻³	Dp ⁽⁵⁾ g cm ⁻³	PT ⁽⁶⁾ (%)	Frações granulométricas		
							Areia	Silte	Argila
							%		
0-20	0,226	0,104	24,4	1,48	2,65	44,7	75,1	7,8	17,1
20-40	0,234	0,109	25,0	1,49	2,65	46,9	74,5	8,6	17,0

(¹) Capacidade de Campo; (²) Ponto de Murcha Permanente; (³) Capacidade de Armazenamento de Água;
 (⁴) Densidade do Solo; (⁵) Densidade das Partículas; (⁶) Porosidade Total

A caracterização química do solo utilizado no experimento está apresentada na Tabela 4. Os íons trocáveis foram analisados de acordo com os métodos citados pela EMBRAPA (1997) e Raij et al. (2001). Para determinação da concentração dos íons solúveis foram confeccionadas pastas na umidade de saturação, seguindo-se metodologia proposta por Richards (1954).

Tabela 4 – Caracterização química do solo utilizado no experimento

Trocáveis	pH	M.O*	S	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
	(CaCl ₂)	g dm ⁻³	mg dm ⁻³										
	5,2	9,0	5	3	2	11	7	0	16	18,4	34,4	53	5
Solúveis	pH	CE	NO ³⁻		K ⁺	Ca ²⁺		Mg ²⁺		SO ₄ ²⁻			Na ⁺
	(pasta)	dS m ⁻¹											
	5,87	0,34	1,48		0,13	0,75		0,48		0,41			0,66

*Matéria orgânica

A vinhaça utilizada na fertirrigação foi coletada na Usina Costa Pinto do grupo Raízen, sendo inicialmente caracterizada conforme metodologias recomendadas por Taras et al. (1976). A caracterização inicial da vinhaça está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Caracterização química da vinhaça utilizada no experimento

Parâmetros	Valores
DQO (mg de O ₂ L ⁻¹)	36.845,7
DBO (mg de O ₂ L ⁻¹)	3.683,3
Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	33.434,5
Sólidos Suspensos Totais (mg L ⁻¹)	4.695,0
Sólidos Dissolvidos Totais (mg L ⁻¹)	28.739,5
pH	4,08
Condutividade (mS cm ⁻¹)	7.110,0
Cloreto (mg L ⁻¹)	703,3
Nitrogênio Total Kjeldhal (mg L ⁻¹)	310,2
Nitrato (mg L ⁻¹)	124,0
Nitrogênio Amoniacal (mg L ⁻¹)	9,00
Sódio (mg L ⁻¹)	49,0
Potássio (mg L ⁻¹)	2.131,0
Zinco (mg L ⁻¹)	0,60
Ferro (mg L ⁻¹)	56,4

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O potássio foi considerado como nutriente de referência na fertirrigação do abacaxizeiro com aplicação de vinhaça. As lâminas necessárias a serem aplicadas foram calculadas por meio da eq. (1), baseada na norma CETESTB (2006).

$$T_a = \frac{[(0,05 \times CTC - k_s) \times 3744 + D]}{k_{vi}} \quad (1)$$

em que,

T_a – taxa de aplicação de vinhaça (m³ ha⁻¹);

CTC – capacidade de troca catiônica (cmol_c dm⁻³);

K_s – concentração de potássio no solo (cmol_c dm⁻³);

D - absorção de potássio pela cultura (kg ha⁻¹); e

K_{vi} – concentração de potássio na vinhaça (kg de K₂O m⁻³).

Os tratamentos foram compostos pela aplicação de cinco doses de vinhaça, considerando a demanda por potássio da cultura do abacaxi (462 kg de K por hectare). Os tratamentos aplicados nas unidades experimentais foram:

1. Tratamento 1 (T1) – Testemunha (irrigação com água potável e adubação química;

2. Tratamento 2 (T2) – 50% da recomendação de potássio para o abacaxizeiro proveniente da vinhaça e 50% proveniente da adubação química;
3. Tratamento 3 (T3) - 75% da recomendação de potássio proveniente da vinhaça e 25% da adubação química;
4. Tratamento 4 (T4) – 100% da recomendação de potássio proveniente da vinhaça;
5. Tratamento 5 (5) – 125% da recomendação de potássio proveniente da vinhaça.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente aleatorizado com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Na Figura 3 está apresentada a distribuição dos tratamentos na área experimental.

Figura 3 – Croqui da área experimental

3.3.1 Caracterização das unidades experimentais

A área experimental foi constituída de 20 parcelas, sendo a unidade experimental representada por uma trincheira revestida com manta plástica impermeável para evitar o movimento da solução entre as parcelas, a fim de evitar a

interferência entre os tratamentos (Figura 4). Cada unidade experimental possui 3,20 m de comprimento, 0,80 m de largura e 0,50 m de profundidade. A área útil da unidade foi composta por duas fileiras de plantio, correspondendo a doze plantas úteis. As plantas da extremidade das fileiras tiveram a função de bordadura.

Figura 4 – Trincheira aberta (4A), revestimento com manta plástica e início do preenchimento (4B) e trincheira totalmente preenchida como o solo

De acordo com a análise química (Tabela 4) foram realizadas as correções de acidez, com calcário dolomítico, e a fertilização do solo de forma a garantir o desenvolvimento inicial da cultura. As unidades experimentais foram preenchidas com o solo de modo a obter características físicas homogêneas desejadas e preestabelecidas, tais como volume de solo semelhante por unidade, forma e disposição espacial. Instalou-se uma bateria de extratores de solução do solo a 0,20 m e a 0,40 m, tensiômetros a 0,20 e a 0,40 m, tubo de acesso da sonda de capacitância DIVINER® e tubo de acesso para monitoramento do excesso de água que por ventura pudesse ser aplicado nas unidades experimentais (Figura 5).

Figura 5 – Esquema da unidade experimental representando os extratores de solução, tensiômetros, tubo de acesso DIVINER e poço de observação, bem como a distribuição das plantas

3.4 Plantio e condução da cultura

As mudas utilizadas para o transplante foram obtidas no Instituto de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper, ES). Utilizaram-se mudas micropropagadas de abacaxi da variedade vitória. A opção pela utilização deste material foi para garantir a sanidade das mudas a serem utilizadas no experimento e, a escolha da variedade, se justifica por esta ser resistente à fusariose (*Fusarium subglutinans*) que é considerada a principal doença da planta e responsável por perdas significativas na produção.

Após aquisição das mudas, estas foram transferidas para sacos plásticos de polietileno preto (10 x 20 x 7 cm) contendo substrato composto de areia + carvão + torta de mamona + farinha de osso + vermicomposto. Posteriormente, as mudas foram acomodadas em uma casa de vegetação localizada no Centro Estadual de Pesquisa em Agricultura Orgânica, localizada em Seropédica (RJ), onde permaneceram por um período de 6 meses para que atingissem a altura de plantio (25 cm).

Em março de 2013, as mudas foram transferidas para a área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP, onde permaneceram em processo de aclimação por um período de dois meses antes de proceder o plantio, que ocorreu no dia 25 de maio de 2012. As mudas foram plantadas no

espaçamento de 0,90 x 0,40 x 0,40 m, totalizando 16 plantas por unidade experimental, destas 12 plantas eram consideradas úteis. Quatro plantas, localizadas nas extremidades das linhas de plantio, tinham a função de bordadura (Figura 6).

Figura 6 – Esquema de duas unidades experimentais representando as plantas úteis e de bordadura, espaçamentos entre plantas e dimensões das parcelas

O controle fitossanitário da cultura foi realizado com aplicações de defensivos específicos. O maior controle foi realizado no combate à cochonilha (*Dysmicoccus brevipes*), que é uma praga que causa prejuízos severos à abacaxicultura nacional e mundial, estando associada à doença conhecida como “murcha do abacaxi”. O controle preventivo contra cochonilha foi realizado em intervalos de 90 dias, desta forma obteve-se um controle efetivo da praga.

Durante os primeiros meses de estabelecimento da cultura foram realizadas mondas para evitar a matocompetição e garantir um pleno desenvolvimento vegetativo das plantas do abacaxizeiro.

No final do mês de fevereiro de 2013, nove meses após o plantio, realizou-se o estímulo da indução floral artificial com a utilização de ethefon na dosagem de

3,0 mL do produto comercial por litro de água destilada. Nas Figuras 7 e 8 apresentam-se a área experimental após o plantio do abacaxizeiro e as plantas com 40 e 120 dias após a indução floral artificial, respectivamente.

Figura 7 – Vista da área experimental após plantio

Figura 8 – Plantas aos 40 (8A) e 120 dias após a indução floral artificial (8B)

3.5 Manejo da irrigação

Para o manejo da irrigação foram instalados tensiômetros nas profundidades de 0,20 e 0,40 m e tubos de acesso da sonda de capacitância DIVINER, instalados a

0,50 m. As leituras dos tensiômetros foram realizadas utilizando-se um tensímetro digital em um intervalo de 2 a 3 dias e, com as leituras médias do potencial mátrico (ψ_m) para cada tratamento, foi calculada a necessidade de irrigação para elevar a umidade do solo à capacidade de campo.

A partir das leituras dos tensiômetros, a umidade do solo foi estimada por meio da equação de Van Genuchten (1980) eq. (2), com os parâmetros apresentados na Tabela 6. Os parâmetros de ajuste do modelo foram determinados por meio do software RETC, desenvolvido pelo US Salinity Laboratory – USDA (VAN GENUTCHEN; LEIJ; YATES, 1991), utilizando os pares de dados obtidos na curva de retenção de água no solo.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s + \theta_r)}{\left[1 + (\alpha |\psi_m|)^n\right]^m} \quad (2)$$

em que,

θ (ψ_m) – umidade volumétrica em função do potencial mátrico, em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

θ_r – umidade volumétrica residual do solo, em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

θ_s – umidade volumétrica do solo saturado, em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

m e n – parâmetros de regressão da equação, adimensionais;

α – parâmetro com dimensão igual ao inverso da tensão, em kPa^{-1} ; e

ψ_m – potencial mátrico, em kPa.

Tabela 6 - Valores de umidade de saturação (θ_s) e residual (θ_r) e dos parâmetros empíricos (α , n e m) do modelo de van Genuchten (1980)

Camada (cm)	θ_s ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	θ_r ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	α (kPa^{-1})	n	m
0-20	0,4736	0,0928	0,0817	1,4918	0,329669
20-40	0,4737	0,0998	0,0657	1,5326	0,347514

O monitoramento da umidade do solo com a sonda DIVINER foi adotado para se ter um maior controle da umidade das parcelas, uma vez que estas não dispunham de sistema de drenagem. Dessa forma, eram realizadas leituras diariamente com a sonda para verificar a umidade do solo. Salienta-se que o cálculo de volume de água a ser aplicado foi realizado exclusivamente por meio das leituras obtidas com os tensiômetros.

Para a prática da irrigação da cultura foi adotado sistema de irrigação localizada, via gotejamento. O sistema de irrigação era composto por: tubo flexível de polietileno de 16 mm de diâmetro, utilizando gotejador espaguete com vazão nominal de 1 L.h⁻¹, conjunto motobomba, válvula reguladora de pressão, manômetro, filtros de disco e tela, tubulações de PVC (linha de sucção). Vale ressaltar que os gotejadores espaguetes foram dispostos de forma que um permanecesse em contato com o solo e o outro formando um ângulo de 45° com a axila da planta (Figura 9). Este procedimento foi adotado para aumentar a eficiência de absorção de água e nutrientes oriundos da irrigação e fertirrigação, pois sendo o abacaxi da família das *Bromeliaceae*, grande parte da absorção é realizada pelas axilas das plantas.

3.6 Manejo da adubação e fertirrigação

O conhecimento sobre a nutrição mineral do abacaxizeiro aponta no sentido de que o suprimento nutricional da planta deve ser feito prioritariamente na fase vegetativa do seu ciclo – período compreendido entre a instalação da cultura e o início do processo de florescimento. Dessa forma, a adubação foi realizada conforme recomendação de Reinhardt (1980). As quantidades de nutrientes aplicadas ao longo do ciclo vegetativo do abacaxizeiro estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Adubação do abacaxizeiro adotada no experimento

Nutriente	Set 2012	Nov 2012	Fev 2013	Total (kg ha ⁻¹)
Nitrogênio (g/planta)	3,0	3,0	4,0	385
Fósforo (g/planta)	3,0	-	-	115
Potássio (g/planta)	4,0	4,0	4,0	462

A adubação das plantas foi realizada utilizando ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio para suprimento do nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

As aplicações de vinhaça se iniciaram aos 60 dias após o plantio e foram realizadas em intervalos de 20 dias, utilizando sistema de irrigação localizado, conforme apresentado na Figura 9, até que fosse fornecida à cultura a quantidade de potássio requerida em cada tratamento adotado no experimento. Vale ressaltar que as aplicações foram realizadas somente durante o período vegetativo da cultura, ou seja, após a indução floral não foi realizada fertirrigação com vinhaça. A cada

fertirrigação era realizado um balanço entre a quantidade de potássio aplicado e a quantidade que restava a ser fornecida às plantas, dessa forma poderia ser planejadas as fertirrigações futuras de modo que o fornecimento de potássio nos tratamentos fosse completamente atendido antes da indução floral artificial.

Figura 9 – Fertirrigação com vinhaça utilizando sistema de irrigação localizado

A cada aplicação era coletado um novo volume de vinhaça no principal tanque da usina Costa Pinto. Ao chegar à área experimental, uma alíquota de 500 mL era retirada dos tambores de armazenamento para determinação das concentrações de potássio, nitrato, sódio, condutividade elétrica e pH.

No total foram realizadas nove aplicações de vinhaça para suprir as necessidades da cultura proposta em cada tratamento (Tabela 8). Vale ressaltar que o volume de vinhaça a ser utilizado na fertirrigação era diluído com água na proporção de 1:5 e, antes da fertirrigação, era determinada a capacidade de armazenamento de água no solo para evitar a aplicação de um volume maior do que o solo poderia reter. Se o volume de vinhaça a ser aplicado fosse maior, este era aplicado em intervalos de três dias, até que a vinhaça referente a essa fertirrigação fosse aplicada. Na Tabela 9 apresenta-se o volume de vinhaça aplicado por planta, expresso em L planta, e o equivalente em potássio fornecido, expresso em g planta⁻¹, bem como o volume de vinhaça aplicado em m³ ha⁻¹.

Tabela 8 – Determinações de potássio, nitrato, sódio, condutividade elétrica (Ce) e pH das diferentes alíquotas de vinhaça que foram utilizadas para a fertirrigação

Fertirrigação	Potássio	Nitrato	Sódio	Ce	pH
	-----mg L ⁻¹ -----			mS cm ⁻¹	
1	1500	48,9	19,7	8,7	4,5
2	1000	19,9	18,8	8,4	4,1
3	3340	65,8	53,5	8,3	4,5
4	4400	84,2	59,9	10,5	4,5
5	4400	85,6	59,9	10,5	4,6
6	3200	62,3	53,6	9,5	4,5
7	2500	58,2	46,5	8,0	4,4
8	1000	20,4	25,4	7,2	4,7
9	1000	21,0	22,3	7,6	4,7

Tabela 9 – Volume aplicado de vinhaça por tratamento e o equivalente a potássio convertido em gramas por planta, bem como o volume de vinhaça total aplicado durante todo o ciclo

TRATAMENTO	Vol. (L planta ⁻¹)	K (g planta ⁻¹)	Vol. (m ³ ha ⁻¹)
T1	0	0	0
T2	4	7	159
T3	6	10	239
T4	8	14	319
T5	10	17	399

3.7 Extração da solução do solo

Durante a fase vegetativa e após a indução floral (fase reprodutiva) realizaram-se coletas e monitoramentos da solução extraída do solo, avaliando-se condutividade elétrica (CE), pH, concentração de nitrato (NO₃⁻) e potássio (K⁺). As coletas referentes à fase vegetativa foram aos 30 e 120 dias após o início dos tratamentos de fertirrigação com vinhaça (DAIT); a coleta no momento da indução floral foi realizada aos 210 DAIT e a coleta na fase reprodutiva foi realizada aos 270 DAIT.

A solução do solo foi coletada por meio de extratores de solução providos de cápsulas porosas instalados nas profundidades de 0,20 e 0,40 m, a uma distância de 0,15 m da planta e dos emissores. A aplicação do vácuo para retirada das amostras foi realizada com uma bomba de vácuo manual, a qual possibilitou uma intensidade de vácuo de 60 kPa. O vácuo foi aplicado 2 horas após término da fertirrigação (fase vegetativa) ou irrigação (fase reprodutiva) e a coleta da solução foi realizada 24 horas após a aplicação do vácuo. Em seguida, as amostras de solução,

foram acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e transportadas para o Laboratório de Solos e Qualidade de Água do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP, onde foram efetuadas análises da solução do solo.

3.8 Parâmetros avaliados

3.8.1 Solo

3.8.1.1 Análise da solução do solo

Na solução do solo extraída por meio dos extratores de cápsulas porosas analisou-se a condutividade elétrica (CE) e o potencial hidrogeniônico (pH), realizadas por meio de condutímetro e de potenciômetro de bancada microprocessados, respectivamente, ambos com compensação automática de temperatura. O nitrato (NO_3^-) foi determinado pelo método do espectrofotômetro; o potássio foi determinado por meio de fotometria de chama.

3.8.1.2 Alterações físico-químicas do material solo

As amostras deformadas foram coletadas no início do experimento, após o término do período de fertirrigação e no período de colheita dos frutos. As análises de caracterização química foram realizadas segundo os métodos descritos em EMBRAPA (1997).

As amostras indeformadas foram coletadas no início do experimento e três meses após o término da fertirrigação com vinhaça. A porosidade total foi calculada pelo valor da umidade volumétrica na tensão de 0,1 hPa. A microporosidade foi considerada igual ao teor de água retido na tensão de 15.000 hPa e a macroporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Para determinação da curva de retenção foram utilizadas mesas de tensão de 0, 10, 20 e 40 cm de coluna d'água, e também a câmara de Richard para as tensões de 100, 300, 500, 1.000, 5.000 e 15.000 cm de coluna d'água.

3.8.2 Análises das plantas

As análises de crescimento não destrutivas das plantas foram realizadas em intervalos de 30 dias, avaliando-se a altura das plantas, número de folhas, comprimento e largura mediana da folha “D”. As análises destrutivas ocorreram no momento da indução floral artificial e no momento da colheita, determinando-se a área foliar e matéria seca de parte aérea e raiz.

3.8.2.1 Altura de plantas

A altura de plantas foi determinada com auxílio de uma fita métrica, sendo medida a extensão máxima da superfície do solo até a extremidade da folha mais alta. Ressalta-se que a folha não foi esticada para se obter a altura.

3.8.2.2 Número de folhas

Esta variável foi determinada contando todas as folhas fisiologicamente ativas na planta, sendo descartadas as folhas senescentes e as folhas jovens, presentes na roseta foliar do abacaxi.

3.8.2.3 Comprimento e largura mediana da folha “D”

A folha “D” é a maior entre as folhas mais jovens e se localiza na planta formando um ângulo de 45° em relação à superfície do solo. Ao ser localizada, a mesma foi medida para determinação de seu comprimento com auxílio de uma fita métrica. Considerou-se como o comprimento, a medida desde a base até a ponta da folha.

A largura mediana da folha “D” foi determinada com auxílio de uma fita métrica, considerando a distância entre as margens da folha. Considera-se como largura mediana na folha “D” o terço médio inferior da folha.

3.8.2.4 Área Foliar

A área foliar das plantas foi determinada utilizando-se o equipamento CI – 203CA (Bio-Science). Nas determinações de área foliar foram utilizadas seis plantas por unidade experimental tanto no momento da indução floral quanto no momento da colheita. Somente as folhas fisiologicamente ativas foram utilizadas para a determinação da área foliar.

3.8.2.5 Massa seca de parte aérea e raiz

Após a determinação da área foliar, as plantas foram separadas em raiz e parte aérea para determinação da massa seca. Tanto a parte aérea como a raiz foram secas em estufa de secagem com circulação e renovação forçada de ar a 65° por 72 horas. Após o tempo de secagem e constatação de peso constante, as amostras foram pesadas em balança com precisão de 0,1 g para massa seca de parte aérea e 0,01 g para massa seca de raiz.

3.8.3 Produção e qualidade dos frutos

A colheita foi realizada no final do mês de agosto de 2013, seis meses após a indução floral artificial. Foram selecionados 10 frutos, aleatoriamente, de cada tratamento para determinações de peso do fruto sem coroa (em balança de precisão com 0,1 g), firmeza da casca e polpa, potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), relação SS/ATT (ratio) e análise sensorial. As análises de qualidade foram realizadas no Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP.

3.8.3.1 Firmeza da casca e polpa

A textura, ou firmeza, da casca e da polpa foi determinada com auxílio de um penetrômetro com ponteira de 6 mm. As leituras foram obtidas em N cm^{-2} e realizadas em ângulos de cerca de 90° de modo a se obter quatro pontos por fruto.

3.8.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado em Phmetro TECNAL modelo Tec-3MP, com amostras liquefeitas de acordo com a AOAC (1997);

3.8.3.3 Sólidos Solúveis

Determinado com refratômetro óptico ATAGO, modelo N1- 0-32 °Brix. Os resultados obtidos foram expressos em graus Brix (AOAC, 1997).

3.8.3.4 Acidez titulável total

Determinada pela titulação com NaOH a 0,1 N até pH $\pm$ 8,2 (referente ao pH de mudança de coloração do indicador fenolftaleína). Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico/100 g de polpa (AOAC, 1997).

3.8.3.5 Análise sensorial

Para realização da análise sensorial, utilizou-se o teste de aceitação com o uso de escala hedônica de sete pontos (CHAVES; SPROESSER, 1999). Foram utilizados 10 frutos de cada tratamento, totalizando 50 frutos, correspondentes ao número de provadores da análise. As amostras foram compostas de pedaços da polpa do fruto com cerca de 3,0 cm de espessura. No preparo das amostras, retirou-se o miolo central da polpa e, cada uma delas foi acompanhada de sua respectiva ficha de avaliação (Anexo A). Na ficha, constava o item comentários, onde o provador poderia colocar impressões sobre os aspectos visuais (aparência e impressão global), organolépticos (odor, textura e sabor).

3.8.4 Análise estatística

Inicialmente, os dados experimentais foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk ($P > 0,01$) e de Levene ($P > 0,01$), para verificação da normalidade e homocedasticidade residuais, respectivamente, e posteriormente, realizou-se a análise de variância.

Os dados foram submetidos à análise de variância, com desdobramento dos efeitos quantitativos em polinômios ortogonais, segundo sua significância pelo Teste F. A escolha do modelo de regressão foi feita com base no modelo de maior grau significativo pelo Teste F que apresentava comportamento biológico. Tanto para a análise de variância quanto à estimativa dos parâmetros dos modelos da regressão, foi utilizado o programa estatístico *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 2001).

Os dados sensoriais e os resultados das análises foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o programa estatístico SAS. Todos os dados sensoriais foram também avaliados por meio da distribuição de frequência das respostas dos consumidores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características meteorológicas no interior da casa de vegetação

O experimento foi conduzido durante 450 dias, correspondentes ao período entre 25/05/2012 a 17/08/2013 e neste período as variações das temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin), bem como as umidades relativas máxima (URmax) e mínima (URmin) são apresentadas na Figura 10. A Tmax variou de 19 a 41°C e a Tmin teve variação de 5 a 22°C. A temperatura mínima média de 14°C foi inferior à temperatura média ótima para o abacaxizeiro que é de 22°C e a temperatura máxima média de 30°C foi inferior à faixa ótima de temperatura (18 - 32°C) recomendada (REINHARDT; SOUZA; CABRAL, 2000).

Apesar de ter sido verificado temperaturas abaixo da Tmin ótima durante o período de estabelecimento do abacaxizeiro, não foi verificado influência da temperatura sobre o desenvolvimento inicial das plantas. Após o primeiro trimestre de cultivo, a temperatura dentro da casa de vegetação aumentou significativamente, o que contribui para um bom desenvolvimento vegetativo das plantas, possibilitando que a indução floral ocorresse aos 270 dias após o plantio (DAP), mesmo com a utilização de mudas micropropagadas.

A URmax variou de 81 a 93% e a URmin teve variação de 10 a 84%. A umidade relativa média durante o período de condução do experimento foi de 71%, dentro da faixa ótima de 70% recomendada por Reinhardt, Souza e Cabral (2000). A umidade relativa está vinculada ao equilíbrio hídrico das plantas, onde um déficit pode alterar a evapotranspiração, alterando a capacidade do sistema radicular de absorver água e nutrientes.

Figura 10 – Variação da temperatura mínima e máxima (Tmin e Tmax) e da umidade relativa do ar (URmin e URmax) no interior da casa de vegetação ao longo dos 450 dias de experimento

4.2 Variáveis de solo

4.2.1 Monitoramento e análise da solução do solo

4.2.1.1 Condutividade Elétrica (CE)

Na Tabela 10 apresenta-se o resumo da análise de regressão para a condutividade elétrica (CE) da solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 dias após início dos tratamentos com fertirrigação de vinhaça (DAIT), para a cultura do abacaxizeiro. Verificou-se que houve efeito significativo das doses de vinhaça sobre a CE em todas as coletas realizadas, a 1% de probabilidade.

Tabela 10 - Resumo da análise de regressão para condutividade elétrica (CE) da solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F							
		CE(20 cm)				CE (40 cm)			
		30DAIT	120DAIT	210DAIT	270DAIT	30DAIT	120DAIT	210DAIT	270DAIT
Linear	-	63,79**	114,12**	59,45**	29,73**	135,65**	54,57**	22,91**	4,80 ^{ns}
Quadrática	-	11,19*	60,10**	2,95 ^{ns}	1,40 ^{ns}	37,32**	13,29**	0,03 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Cúbica	-	2,05 ^{ns}	16,57**	0,04 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,55 ^{ns}	0,15 ^{ns}	22,62**	94,20**
Tratamentos	4	19,64**	48,63**	17,30**	7,98**	45,80**	40,02**	12,84**	25,50**
CV (%)	-	7,73	8,13	15,82	20,52	8,74	9,39	23,35	18,12
Média ($\mu\text{S m}^{-1}$)	-	2.085,20	1.850,173	1.486,50	462,49	2.040,83	1.735,03	1.462,373	446,35

^{ns} Não significativo a 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo a 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Na Figura 11 apresenta-se o efeito das fertirrigações com vinhaça sobre a CE aos 30, 120, 210 e 270 DAIT, de forma que foram ajustadas equações para cada tempo e profundidade em função das doses de vinhaça.

Figura 11 – Diagramas de dispersão e equações de ajustes para os tempos e profundidade, relativos à CE, para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicada

A CE na solução do solo seguiu modelos lineares, quadráticos e cúbicos, como apresentado na Figura 11. Na avaliação realizada aos 30 DAIT, verificou-se que os tratamentos que se caracterizaram pela aplicação de vinhaça apresentaram maiores valores de CE na solução do solo, tanto na camada de 0,20 m, quanto na camada de 0,40 m. As equações ajustadas nas duas profundidades seguiram modelo quadrático e, os maiores valores de CE estimados para as profundidades de

0,20 e 0,40 m foram 2.358,8 (T4) e 2.488,0 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (T5), respectivamente. Os valores mínimos foram de 1.409,2 (T1) e 892,0 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (T1), respectivamente para as profundidades de 0,20 e 0,40 m.

Conforme avaliação realizada aos 120 DAIT, houve interação significativa das doses de vinhaça aplicada sobre a CE na solução do solo. As equações ajustadas seguiram modelo quadrático para a profundidade de 0,20 m e cúbica para 0,40 m, sendo os maiores valores de CE estimados para as profundidades de 0,20 e 0,40 m de 2.207,2 (T4) e 1.991,7 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (T5), respectivamente. Os valores mínimos foram de 847,3 (T1) e 1.079,4 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (T1), respectivamente para as profundidades de 0,20 e 0,40 m. Verifica-se que os valores de CE na solução do solo a 0,40 m foram inferiores do que os encontrados em superfície, o que evidencia o aproveitamento dos nutrientes presentes na vinhaça pela cultura do abacaxizeiro.

Nas avaliações realizadas aos 210 e 270 DAIT, foi verificado um aumento linear da CE na profundidade de 0,20 m, com valores máximos e mínimos estimados de 2.085,3 (T5) e 735,3 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (T1) e 633,4 (T5) e 248,1 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (T1), respectivamente para as avaliações aos 210 e 270 DAIT. Nota-se que a CE da solução do solo diminuiu na avaliação realizada aos 270 DAIT, uma vez que neste período já havia cessado as fertirrigações com vinhaça. Vale ressaltar que a avaliação aos 210 DAIT foi realizada após a última fertirrigação com vinhaça. As equações de ajustes para a profundidade de 0,40 m seguiram modelo cúbico. Os tratamentos com 50% e 125% de fornecimento do potássio para o abacaxizeiro por meio da vinhaça apresentaram os maiores valores de CE em profundidade. Acredita-se que o potássio fornecido via adubação química no T2 pode ter resultado neste aumento na concentração de CE, pois a mineralização deste adubo é mais lenta que a mineralização da matéria orgânica presente na vinhaça, desta forma a liberação de potássio por parte do adubo química ocorreu durante um período que compreendeu as coletas realizadas aos 210 e 270 DAIT. O alto volume de vinhaça fornecido ao T5 promoveu um aumento na concentração de sais no solo, resultando nos elevados valores de CE encontrados neste tratamento nas avaliações realizadas aos 210 e 270 DAIT.

Nas coletas realizadas durante as aplicações de vinhaça observou-se que os tratamentos caracterizados pela fertirrigação com este efluente, apresentaram os maiores valores de CE. Neves et al. (2009), verificaram que o incremento de cada kg ha^{-1} de potássio ao solo proporciona um aumento de 0,025 dS m^{-1} na CE da

solução do solo, porém mesmo com a adição de altas concentrações de potássio no solo, a concentração de sais não chegou a limites prejudiciais às culturas, considerando as doses testadas pelos autores e plantas com média tolerância à salinidade.

O acréscimo da CE com o aumento das doses de vinhaça aplicada foi sempre superior ao tratamento com adubação química, principalmente na profundidade de 0,20 m, isto ocorreu porque o aumento da concentração eletrolítica da solução do solo é proporcional ao incremento na concentração de íons na solução. Marinho et al. (1998), verificaram que a condutividade elétrica do solo deve ser inferior a $4000 \mu\text{S cm}^{-1}$ para garantir um pleno desenvolvimento vegetativo à cultura do abacaxi. Portanto, este valor foi atingido em nenhum dos cinco tratamentos adotados no experimento.

Costa et al. (2009), verificaram que a CE na solução do solo com fertirrigação de ureia apresentou maiores valores nas camadas superficiais. Maiores valores de CE em superfície também foram verificados por Oliveira (2012) e Porto Filho et al. (2011) e, de acordo com os autores, estes resultados podem estar associados à maior evapotranspiração na camada superior, aliada ao uso de fertilizantes aplicados na superfície via água de irrigação. Os mesmos autores afirmam que quando não há impedimento físico, os sais lixiviam para além das camadas monitoradas, no entanto, esta afirmação não se enquadra para a presente pesquisa, pois o volume de solo disponível para as plantas se encontrava limitado por uma barreira física (lona plástica), impedindo a interferência da solução entre as parcelas. Trabalhando com trincheiras semelhantes, Lima (2013) também verificou o aumento dos valores de CE em superfície na fertirrigação de roseira em ambiente protegido.

A característica arenosa do solo utilizado no experimento, aliada à baixa capacidade de troca de cátions (CTC), permitiu que a mobilidade dos íons no Latossolo vermelho amarelo fosse muito grande, permitindo uma distribuição de sais bastante homogênea ao longo do seu perfil. O potencial de saturação de sais dos solos arenosos é baixo, a partir desse ponto os sais ficam livres na solução do solo, iniciando-se os processos de lixiviação. Os valores de condutividade elétrica elevados encontrados neste estudo podem ser atribuídos à menor retenção de sais por parte do Latossolo vermelho amarelo, resultando em uma lenta interação entre o solo e a vinhaça aplicada, provocada pela maior permeabilidade e baixa CTC.

4.2.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) foi afetado pelas doses de vinhaça aplicada em todas as coletas realizadas, a 1% de probabilidade, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Resumo da análise de regressão para o pH da solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F							
		pH (20 cm)				pH (40 cm)			
		30DAIT	120DAIT	210DAIT	270DAIT	30DAIT	120DAIT	210DAIT	270DAIT
Linear	-	816,24**	1,62ns	0,09 ^{ns}	0,53 ^{ns}	10,59**	0,07 ^{ns}	6,27*	12,61*
Quadrática	-	16,74**	185,67**	100,23**	55,59**	28,43**	112,23**	32,62**	5,63*
Cúbica	-	0,01 ^{ns}	12,30**	30,52**	60,66**	3,53 ^{ns}	26,84**	6,80*	0,52 ^{ns}
Tratamentos	4	8,27**	67,11**	45,25**	38,87**	11,03**	36,18**	15,15**	12,27**
CV (%)	-	1,36	1,62	2,45	3,30	1,46	2,48	3,98	4,64
Média	-	6,87	5,96	6,02	5,84	7,09	5,79	5,54	5,59

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Na Figura 12 está apresentado o efeito das fertirrigações com vinhaça sobre o pH aos 30, 120, 210 e 270 DAIT, ajustando-se equações para cada tempo e profundidade em função das doses de vinhaça.

Figura 12 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para os tempos e profundidade relativos ao pH, para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicada

Na avaliação realizada aos 30 DAIT, verificou-se que o pH na profundidade de 0,40 m teve um ajuste quadrático, sendo observados maiores valores de pH nos tratamentos que tiveram apenas fertirrigação com vinhaça e no tratamento com adubação química, neste sentido, a combinação de doses de vinhaça com adubação química promoveu, inicialmente uma diminuição no pH da solução do solo.

Conforme avaliação aos 120, 210 e 270 DAIT, a solução do solo teve uma diminuição no pH quando comparado à primeira avaliação, tanto na profundidade de 0,20 m quanto na profundidade de 0,40 m. Vale ressaltar que mesmo na avaliação aos 270 DAIT, quando as aplicações de vinhaça já haviam cessado, o pH permaneceu praticamente inalterado na solução do solo. Segundo Silva e Mendonça (2007), a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos nas camadas mais

superficiais do solo, pode proporcionar diminuição no valor do pH, devido à produção de CO₂ e de ácidos orgânicos. No processo de decomposição da matéria orgânica há formação tanto de ácidos orgânicos como de inorgânicos. O ácido mais simples e encontrado em maior abundância é o carbônico, que resulta da combinação do óxido carbônico com a água. Por ser um ácido fraco não pode ser responsabilizado pelos baixos valores de pH do solo. Os ácidos inorgânicos, como os ácidos sulfúrico e nítrico, e alguns ácidos orgânicos fortes são potentes supridores de íons de hidrogênio do solo. A acidez do solo surge com o contato dos ácidos do solo com a solução aquosa, dissociando em ânion e hidrogênio.

Pode-se verificar que o comportamento do pH foi o mesmo em todas as análises realizadas, praticamente não se alterando, mesmo com as aplicações de vinhaça no solo. Estes resultados divergem dos encontrados por Medeiros et al. (2005), que avaliando variações do pH do solo quando foi aplicada água residuária de origem doméstica, constataram incremento significativo, em relação às áreas que receberam calagem e adubação química. Lo Monaco et al. (2009) verificaram o aumento do pH no solo após a aplicação da água residuária do beneficiamento do fruto do cafeeiro e atribuíram esse resultado ao o aumento da concentração de potássio trocável no solo. No entanto, Queiroz et al. (2004), ao aplicar águas residuárias da suinocultura por escoamento superficial em rampas cultivadas com gramíneas forrageiras, observaram decréscimo do pH no solo.

Segundo Lo Monaco et al. (2009) o efeito da adição de matéria orgânica sobre o pH do solo tem sido controvertido e bastante discutido na literatura. Porém sabe-se que quando se adiciona N orgânico no solo, como ocorre com as aplicações de vinhaça, o mesmo sofre processo de mineralização e, para que as plantas possam absorver este nitrogênio, um dos processos que ocorrem é o de nitrificação. A reação de nitrificação envolve a transferência de oito elétrons, desta forma, esta reação representa importante contribuição para a acidificação de solos agrícolas (CANTARELLA, 2007).

4.2.1.3 Nitrato (NO₃⁻)

Na Tabela 12 apresenta-se o resumo da análise de regressão para o nitrato (NO₃⁻) da solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT, para a cultura do

abacaxizeiro. Verificou-se que houve efeito significativo das doses de vinhaça sobre o nitrato em todas as coletas realizadas, em nível de 0,01 de significância.

Tabela 12 - Resumo da análise de regressão para o nitrato presente na solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F							
		Nitrato (20 cm)				Nitrato (40 cm)			
		30DAIT	120DAIT	210DAIT	240DAIT	30DAIT	120DAIT	210DAIT	240DAIT
Linear	-	92,00**	60,35**	122,02**	42,56**	432,03**	15,08*	8,29*	8,99*
Quadrática	-	0,05 ^{ns}	4,34 ^{ns}	4,68 ^{ns}	36,63**	30,36**	19,65**	170,05**	42,06**
Cúbica	-	10,37**	28,06**	0,53 ^{ns}	7,71*	17,50**	0,54 ^{ns}	82,62**	81,51**
Tratamentos	4	26,09**	30,48**	35,48**	22,90	122,02**	10,08**	65,80**	38,70**
CV (%)	-	11,05	14,25	14,24	13,45	5,69	14,75	13,01	26,51
Média (mg L ⁻¹)	-	1.301,51	1.060,65	867,29	114,18	1.330,85	1.160,61	931,54	121,68

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Na Figura 13 são apresentados os efeitos das fertirrigações com vinhaça sobre o nitrato aos 30, 120, 210 e 270 DAIT e nas distintas profundidades avaliadas.

Figura 13 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para os tempos e profundidade relativos ao nitrato, para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Na avaliação realizada aos 30 DAIT, verificou-se acréscimo da concentração de NO₃⁻ da solução do solo à medida que se aumentava as doses de vinhaça, tanto na camada de 0,20 m, quanto na camada de 0,40 m. A equação ajustada para camada de 0,20 m seguiu modelo cúbico e, os valores máximo e mínimo de NO₃⁻ estimado foram de 1.742,1 (T5) e 646,5 mg L⁻¹ (T1), respectivamente. Considerando a profundidade de 0,40 m, a equação que melhor se ajustou foi a quadrática com valores máximo e mínimo estimados de 1.716,0 (T5) e 568,7 mg L⁻¹ (T1).

Conforme avaliação realizada aos 120 DAIT, foram ajustadas equações cúbica e quadrática, respectivamente, para as camadas de 0,20 e 0,40 m. Os valores máximos e mínimos para as camadas de 0,20 e 0,40 m foram 1.523,6 (T2) e 453,0 mg L⁻¹ (T1); 1.383,4 (T4) e 684,5 mg L⁻¹ (T1). Observa-se que a concentração

de NO_3^- no tratamento que recebeu apenas adubação química foi menor nas distintas camadas avaliadas. Em contrapartida, a aplicação de vinhaça proporcionou um aumento das concentrações de NO_3^- na camada de 0,40 m nos tratamentos T3 e T4.

As equações ajustadas na avaliação aos 210 DAIT seguiram modelo linear e cúbico para as profundidades de 0,20 e 0,40 m, respectivamente. Os valores máximo e mínimo estimados para a camada de 0,20 m foram respectivamente, 1.307,7 (T5) e 302,1 mg L^{-1} (T1) e, para a camada de 0,40 m os valores máximo e mínimo estimados foram de 1.780,7 (T2) e 316,4 mg L^{-1} (T1).

Aos 270 DAIT verificou-se uma diminuição da concentração de NO_3^- , resultado este que se justifica por essa análise ter sido feita após o término dos tratamentos de fertirrigação com vinhaça, desta forma, o nitrogênio excedente no solo, foi absorvido pela planta, promovendo uma diminuição de sua concentração nas duas camadas avaliadas. Nesta avaliação ajustou-se equação linear e cúbica para as profundidades de 0,20 e 0,40 m, respectivamente. Os valores máximo e mínimo estimados para a camada de 0,20 m foram respectivamente, 167,9 (T4) e 52,2 mg L^{-1} (T1) e, para a camada de 0,40 m os valores máximo e mínimo estimados foram de 342,0 (T2) e 11,8 mg L^{-1} (T4).

Verificou-se que a concentração de NO_3^- no tratamento T2 foi muito superior na camada de 0,40 m nas avaliações realizadas aos 210 e 270 DAIT. Este resultado, provavelmente pode ser explicado em função do sistema de cultivo adotado, sendo um sistema fechado, o NO_3^- permaneceu livre na solução do solo, sendo este íon altamente solúvel em água e apresentando grande mobilidade, o mesmo ficou sujeito à sucção aplicada nos extratores utilizados para coleta da solução do solo.

Os resultados obtidos neste estudo foram semelhantes aos encontrados por Andrade Neto (2009), que observou um incremento na concentração de nitrato na solução na profundidade de 0,40 m em relação à de 0,20 m, ao avaliar o efeito da aplicação de ureia e nitrato de cálcio no solo. Cruz et al. (2008) verificaram um aumento de até 500% na concentração de nitrato na solução do solo obtida a um metro de profundidade, quando comparada a camadas mais superficiais do solo. Kaiser (2006) afirma que, uma vez que o nitrato está livre na solução do solo, o movimento deste íon para camadas mais profundas ocorre por fluxo de massa, seguindo o fluxo da água no solo. Matos et al. (2004) verificaram um aumento nas

concentrações de nitrato nas profundidades maiores que 0,20-0,30 m, no perfil dos solos de rampas de tratamento de águas residuárias.

Considerando os tratamentos T4 e T5, verificou-se que quanto maior a dose de potássio aplicado via vinhaça, menor foi a concentração de nitrato na camada de 0,40 m. Para Taiz e Zeiger (2004) deve-se considerar a importância do equilíbrio dos nutrientes no solo e dos fatores sinérgicos, principalmente entre o nitrogênio e potássio. De acordo com Cantarella (2007), o potássio e o nitrogênio apresentam sinergismo, o teor de nitrogênio tem influência na ação do potássio, dessa forma o aproveitamento do nitrogênio depende dos teores de potássio no solo (XU et al., 2002). Nestes tratamentos, a absorção de nitrogênio foi favorecida pelas altas doses de potássio fornecido às plantas, diminuindo a mobilidade do NO_3^- na solução do solo.

Analizando as concentrações de NO_3^- em todas as avaliações, nota-se que houve um acréscimo do NO_3^- presente na solução do solo com o aumento das doses de vinhaça aplicada. Vale ressaltar que em todos os tratamentos, o nitrogênio foi fornecido via adubação química, desta forma o nitrogênio presente na vinhaça aumentou o aporte do íon NO_3^- na solução do solo. Esta afirmação pode ser verificada quando se observa que no tratamento T1 as concentrações de NO_3^- obtidas foram praticamente as mesmas nas duas camadas.

As aplicações de vinhaça aumentaram as concentrações de N orgânico no solo e, para que este seja disponibilizado às plantas, é preciso que o mesmo passe pelo processo de mineralização. Como sequência do processo de mineralização, ocorre a nitrificação, que é a conversão do N orgânico em NO_3^- (CANTARELLA, 2007). As fertirrigações com vinhaça aumentaram a disponibilização de N orgânico no solo, que sofreram processo de nitrificação, resultando em aumento da concentração de NO_3^- na solução do solo.

A nitrificação consome O_2 e ocorre em condições aeróbicas, diante disto, solos com maior espaço poroso (solos arenosos como utilizado neste estudo) facilitam a ação das bactérias nitrificadoras. Vale ressaltar que o pH da solução do solo no experimento diminuiu à medida em que eram aplicados os tratamentos com vinhaça, se apresentando numa faixa de 5,0 a 6,0 (Figura 12), sendo que, vários autores tem observado aumentos lineares na taxa de nitrificação com o pH do solo estando entre 4,7 a 6,5 (DANCER; PETERSON; CHESTER, 1973).

Diante dos resultados observa-se que no tratamento T1 foi obtido o menor valor de nitrato na solução do solo, tal comportamento pode estar associado ao fato do nitrogênio presente na ureia não ter permanecido solúvel na solução do solo. Como a aplicação de vinhaça ocorreu em intervalos de 20 dias, o aporte de nutrientes adicionados nas unidades experimentais podem não ter sido absorvido de imediato pelas plantas, ficando os mesmo disponíveis na solução do solo.

Os teores de nitrato obtidos neste estudo durante a aplicação de vinhaça foram superiores àqueles encontrados por Andrade Neto (2009) que obtiveram valores de até 352,9 e 450,0 mg L⁻¹ de nitrato, nas profundidades de 0,20 e 0,40 m, respectivamente, em uma área de plantio de bananeira. Cruz et al. (2008) obtiveram valor médio de até 329,8 mg L⁻¹ de nitrato na solução do solo em uma área cultivada com café. Oliveira et al. (2001), avaliando a lixiviação de nitrato em área de plantio de cana-de-açúcar, verificaram concentrações de 15 mg L⁻¹ com a aplicação de 190 kg ha⁻¹ de nitrogênio, utilizando lodo de esgoto.

Vale ressaltar que a movimentação de nitrogênio no solo constitui um potencial de risco de contaminação de águas subterrâneas. A lixiviação deste elemento para camadas profundas é indesejável, pois, além de não ser mais absorvido pelas plantas, pode contaminar as águas subterrâneas (MANTOVANI et al., 2007; OTTMAN e POPE, 2000).

4.2.1.4 Potássio

Na Tabela 13 apresenta-se o resumo da análise de regressão para o potássio presente na solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT, para a cultura do abacaxizeiro. Verificou-se que houve efeito significativo das doses de vinhaça sobre o potássio em todas as coletas realizadas, a 1% de probabilidade.

Tabela 13 - Resumo da análise de regressão para o potássio presente na solução do solo aos 30, 120, 210 e 270 DAIT para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F							
		Potássio (20 cm)				Potássio (40 cm)			
		30DAIT	120DAIT	210DAIT	240DAIT	30DAIT	120DAIT	210DAIT	240DAIT
Linear	-	345,42**	60,43**	53,24**	4,48ns	48,55**	101,70**	38,14**	33,19**
Quadrática	-	84,66**	52,42**	12,57**	41,81**	2,01 ^{ns}	8,79*	13,82**	28,91**
Cúbica	-	4,52 ^{ns}	7,26*	44,43**	30,82**	25,82**	0,05 ^{ns}	2,06 ^{ns}	12,72**
Tratamentos	4	290,72**	32,85**	30,82**	24,66**	23,04**	29,66**	13,52**	18,72**
CV (%)	-	6,35	13,05	19,39	19,17	11,47	17,99	35,20	37,01
Média (mg L ⁻¹)	-	132,07	98,20	68,23	16,93	76,59	63,35	46,00	20,43

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Na Figura 14 está apresentado o efeito das fertirrigações com vinhaça sobre potássio aos 30, 120, 210 e 270 DAIT, com equações ajustadas para cada tempo e profundidade em função das doses de vinhaça.

Figura 14 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para os tempos e profundidade relativos ao potássio, para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Na avaliação realizada aos 30 DAIT, a equação ajustada para a camada de 0,20 m seguiu modelo quadrático e os valores máximo e mínimo estimados de potássio foram de 164,4 (T5) e 47,0 mg L⁻¹ (T1), respectivamente. Considerando a profundidade de 0,40 m, a equação que melhor se ajustou foi a quadrática com valores máximo e mínimo estimados de 104,5 (T3) e 35,7 mg L⁻¹ (T2).

Conforme avaliação realizada aos 120 DAIT, foram ajustadas equações cúbica e quadrática, respectivamente, para as camadas de 0,20 e 0,40 m. Os

valores máximos e mínimos para as camadas de 0,20 e 0,40 m foram 125,4 (T3); 30,8 mg L⁻¹ (T1) e 112,1 (T5) e 24,7 mg L⁻¹ (T1). As equações ajustadas na avaliação aos 210 DAIT seguiram modelo linear e cúbico para as profundidades de 0,20 e 0,40 m, respectivamente. Os valores máximo e mínimo estimados para a camada de 0,20 m foram respectivamente 88,8 (T4) e 15,8 mg L⁻¹ (T1) e, para a camada de 0,40 m os valores máximo e mínimo estimados foram de 98,4 (T5) e 13,4 mg L⁻¹ (T1), respectivamente. Aos 270 DAIT ajustou-se equação linear e cúbica para as profundidades de 0,20 e 0,40 m, respectivamente. Os valores máximo e mínimo estimados para a camada de 0,20 m foram respectivamente, 29,9 (T2) e 7,7 mg L⁻¹ (T1) e, para a camada de 0,40 m os valores máximo e mínimo estimados foram de 53,8 (T5) e 7,5 mg L⁻¹ (T3).

Nas avaliações realizadas aos 30 e 120 DAIT, verificou-se que as concentrações de potássio na camada de 0,40 m foram inferiores às concentrações encontradas na camada de 0,20 m. Estes resultados seguiram a mesma tendência nas avaliações aos 210 e 270 DAIT, porém no tratamento T5 foi verificado um aumento das concentrações de potássio em profundidade. O potássio possui menor mobilidade no perfil do solo do que o nitrato, por isso possui menor risco de ação do processo de lixiviação, dessa forma, é esperado que o mesmo permanecesse nas camadas superficiais até que seja absorvido pelas plantas.

O volume de vinhaça aplicado no solo via fertirrigação foi calculado considerando a demanda de potássio pela cultura do abacaxizeiro, dessa forma, os tratamentos T1, T2, T3 e T4 receberam a quantidade de potássio necessária para um pleno desenvolvimento da cultura, não importando a forma de suprimento do potássio. A aplicação de potássio no tratamento T5 foi superior à demanda nutricional do abacaxizeiro, portanto o potássio excedente na camada de 0,20 m foi depositado nas camadas inferiores.

Gonzalo et al. (2005), observaram que a fertirrigação com vinhaça promove o excesso de potássio na camada superficial do solo, sendo verificado que os teores de potássio podem ser até onze vezes superiores à recomendação de K₂O por hectare, para cana soca. Apesar de o potássio ter um menor potencial de lixiviação, é importante considerar a demanda da cultura e a capacidade de retenção de cátions do solo na tomada de decisão da dose de vinhaça a ser aplicada, a fim de minimizar os impactos ambientais ocasionados pelo uso agrícola do resíduo. Os resultados deste estudo se assemelham com os encontrados por Bebe et al. (2009),

que verificaram uma diminuição dos teores de potássio com o aumento da profundidade. De acordo com Ernani et al. (2007), a concentração de potássio nos solos brasileiros é inferior à 20 mg L^{-1} , mesmo em solos bem fertilizados e, por isso, a quantidade de potássio na solução tende a se esgotar rapidamente, caso não seja efetuada a reposição.

4.2.2 Alterações nas características químicas e físicas do solo

Na Tabela 14 apresentam-se as análises químicas realizadas antes do plantio, no momento da indução floral e no momento da colheita para os tratamentos fertirrigados com diferentes doses de vinhaça. Vale ressaltar que as análises químicas referentes ao plantio foram realizadas antes do preenchimento das unidades experimentais, dessa forma assumiu uma homogeneidade das características químicas do solo utilizado.

Tabela 14 – Análises químicas do solo na profundidade de 0,20 m realizadas antes do plantio, no momento da indução floral (IF) e da colheita para os distintos tratamentos adotados no estudo

Tratamento	pH CaCl ₂	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	SB	P mg dm ⁻³	M.O* g dm ⁻³
		-----mmol _c dm ⁻³ -----								
Inicial	5,2	0	16	11	7	0,4	34	53	3	9,0
T1 (IF)	5,1	0	18	19	11	2,7	54	59	4	11
T2 (IF)	5,0	0	20	21	10	3,7	57	63	6	14
T3 (IF)	4,9	0	22	20	11	6,2	62	62	5	14
T4 (IF)	4,9	0	22	24	12	6,6	62	63	7	18
T5 (IF)	4,8	0	22	25	8	4,4	63	62	9	18
T1 (Colheita)	5,4	0	20	20	11	3,5	54	54	5	11
T2 (Colheita)	5,0	0	20	21	7	5,4	57	57	4	14
T3 (Colheita)	5,0	0	20	23	11	4,4	60	62	5	16
T4 (Colheita)	5,0	0	20	23	7	6,4	62	63	7	18
T5 (Colheita)	4,9	0	22	22	11	6,6	62	62	7	18

*Matéria orgânica

Na Figura 15 está apresentada a capacidade de troca de cátions (CTC), a matéria orgânica do solo (MO), o teor de potássio trocável (K⁺) e a relação cálcio/magnésio (Ca/Mg) obtidos das análises químicas no solo dos distintos tratamentos avaliados neste estudo.

Figura 15 – Capacidade de troca de cátions (15A), matéria orgânica do solo (15B), teor de potássio trocável (15C) e relação Ca/Mg nos solos dos distintos tratamentos no plantio, indução floral e colheita

Verifica-se na Figura 15A que houve um ligeiro acréscimo da CTC do solo com o aumento das doses de vinhaça aplicadas. Nota-se que a CTC do solo apresenta uma relação diretamente proporcional aos teores de MO, este resultado está de acordo com os encontrados por CIOTTA et al., 2003. Na Figura 15B, observa-se um aumento da MO com o aumento das doses de vinhaça aplicada. De acordo com Canellas et al. (2003), a adição de vinhaça promove melhorias químicas no solo e aumenta os teores de matéria orgânica. Zolin et al. (2011) verificaram o aumento da MO e, consequentemente, o aumento da CTC do solo com o aumento das aplicações de vinhaça em um Latossolo.

Considerando o teor de potássio trocável no solo, verifica-se que houve um aumento proporcionalmente ao aumento das doses de vinhaça aplicada (Figura 15C). Bebé et al. (2009) e Paula (1999) também verificaram o aumento dos teores de potássio em solos onde foram aplicados doses crescentes de vinhaça.

Para a maioria das plantas cultivadas a melhor relação Ca/Mg está entre 3 e 5:1. Na escolha do corretivo, para neutralizar a acidez do solo, é imprescindível considerar a relação Ca/Mg do produto. Vale ressaltar que o excesso de cálcio inibe a absorção de magnésio e vice-versa. Verifica-se que o aumento das doses de vinhaça aumentou a relação Ca/Mg, promovendo uma melhora nesta característica, uma vez que a mesma no momento da plantio era de 1,6:1 e passou a 3,3:1 no tratamento T4, considerando o momento da colheita dos frutos de abacaxi.

Na Tabela 15 apresentam-se os valores de porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo nos distintos tratamentos no momento do plantio, indução floral (IF) e colheita. Observou-se que a porosidade do solo aumentou com o aumento das doses de vinhaça aplicadas no solo. A matéria orgânica influencia direta e indiretamente todas as características do solo, de modo que a redução do carbono orgânico total está relacionada à degradação física dos solos, e seu incremento através do manejo adequado modifica a capacidade de carga, que se tornam menos vulneráveis à compactação (VIANA, et al., 2011).

Tabela 15 – Porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo nos distintos tratamentos determinadas no plantio, indução floral e colheita

Tratamento	Porosidade Total (%)	Microporosidade (%)	Macroporosidade (%)
Plantio	44,7	11,2	33,5
T1 (IF)	44,3	10,0	34,3
T2 (IF)	44,6	11,5	33,1
T3 (IF)	45,6	12,3	33,3
T4 (IF)	47,6	12,4	35,2
T5 (IF)	47,5	11,1	36,4
T1 (colheita)	43,6	12,6	31,0
T2 (colheita)	44,2	12,9	31,3
T3 (colheita)	45,6	14,4	31,2
T4 (colheita)	47,6	13,5	34,1
T5 (colheita)	46,7	11,9	34,8

Na Figura 16 apresentam-se as curvas de retenção de água no solo dos distintos tratamentos realizadas no momento do plantio, da indução floral e da colheita.

Figura 16 – Curva de retenção de água no solo dos diferentes tratamentos no momento do plantio, indução floral e colheita

Observa-se que na tensão de 100 hPa, que é o ponto de capacidade de campo para solos arenosos, os tratamentos T4 e T5 apresentaram menores teores de água, ao passo que os demais tratamentos apresentaram valores de retenção muito semelhantes para essa tensão. Este resultado é contraditório, pois com o aumento da matéria orgânica nestes tratamentos, esperava-se que ocorresse uma maior capacidade de retenção de água. Resultado semelhante foi encontrado por Gariglio (2008), que verificou que as aplicações de 80 e 160 m³ ha⁻¹ de vinhaça resultou em diminuição da capacidade de retenção de água em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e em um Latossolo Vermelho Escuro Álico. Acredita-se que o efeito da vinhaça na melhoria de retenção de água no solo ocorra com aplicações sucessivas durante longo tempo, como verificado por Zolin et al. (2011), que verificou uma maior retenção de água em solos que receberam aplicações de vinhaça durante 20 anos consecutivos.

Verifica-se que no momento da colheita as curvas de retenção de água no solo não apresentaram grandes diferenças entre si, com todas as curvas se assemelhando à curva inicialmente determinada.

4.3 Variáveis da planta

4.3.1 Altura das plantas

Na Tabela 16 apresenta-se o resumo da análise de regressão para a altura de plantas ao longo do ciclo de cultivo do abacaxizeiro. Verificou-se que houve efeito significativo das doses de vinhaça sobre a altura das plantas ao longo do ciclo de cultivo, em nível de 0,01 de significância.

Tabela 16 - Resumo da análise de regressão da altura de plantas para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F				
		TRATAMENTOS				
		T1	T2	T3	T4	T5
Linear	-	6.510,35**	8.663,56**	6.739,22**	7.887,86**	4.071,81**
Quadrática	-	565,94**	696,95**	436,64**	521,66**	212,39**
Cúbica	-	3,85*	37,16**	24,79**	65,63**	33,61**
Tratamentos	4	1.786,55**	2.381,70**	1.821,15**	2.147,77**	1.089,29**
CV (%)	-	7,51	7,37	8,39	7,85	10,84
Média Geral (cm)	-	56,78	60,51	60,36	58,73	57,54

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

A altura das plantas ao longo do ciclo do cultivar de abacaxi vitória apresentou o padrão sigmóide, conforme verificado por diversos autores (SIDERUS e KRAUS, 1937; TEISSON, 1973; PY; LACOEUILHE; TEISSON, 1984; REINHARDT e MEDINA., 1992), seguindo modelos de resposta cúbica (Figura 17). Durante a fase reprodutiva, após a indução floral artificial, a altura das plantas dos tratamentos com fertirrigação de vinhaça foi superior ao tratamento que não recebeu aplicações de vinhaça, a superioridade foi mantida até o final do ciclo. Vale ressaltar que as adubações e fertirrigações foram realizadas antes da indução floral, portanto os tratamentos com aplicação de vinhaça melhoram as características químicas do solo, permitindo um melhor desenvolvimento das plantas na fase reprodutiva. Os valores de altura máximo estimados para os tratamentos foram: T1 – 78,5 cm; T2 – 84,5 cm; T3 – 85,2 cm; T4 – 83,1 cm e T5 – 81,6 cm.

De acordo com Reinhardt et al. (2002), crescendo em condições ideais e sem déficit hídrico pode atingir entre 100 a 120 cm. Os resultados de altura máxima obtidas neste estudo estão de acordo com os valores obtidos por Reinhardt e Medina (1992), que obtiveram altura de plantas de 81 cm em média. Nota-se que na fase de crescimento vegetativo, o crescimento das plantas foi linear, este resultado

corroborar com o que foi verificado por Barroso et al. (2003), que encontraram crescimento linear das plantas na fase inicial de desenvolvimento da cultura, o mesmo comportamento foi encontrado por Rodrigues (2005) em plantas de cultivares Pérola e Smooth Cayenne, cultivados nas condições climáticas da região da mata paraibana.

Figura 17 – Diagramas de dispersão e equações de ajustes para a altura ao longo do ciclo de desenvolvimento do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Na Tabela 17 encontra-se o resumo da análise de regressão para a variável altura de planta no momento da indução floral, que ocorreu aos 270 dias após o plantio (DAP), e da colheita (450 DAP), para o abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas. Verificou-se que houve efeito significativo das doses de vinhaça sobre a altura no momento da indução floral e no momento da colheita, em nível de 0,01 de significância.

Tabela 17 - Resumo da análise de regressão para a altura de planta no momento da indução floral e da colheita para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicada

Fonte de Variação	GL	TESTE F	
		ALTURA	
		INDUÇÃO FLORAL	COLHEITA
Linear	-	7,19**	6,12*
Quadrática	-	19,88**	16,54**
Cúbica	-	1,30 ^{ns}	0,62 ^{ns}
Tratamentos	4	7,12**	5,95**
CV (%)	-	7,10	8,07
Média Geral	-	74,53	83,09

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Na Figura 18 está apresentado o efeito das fertirrigações com vinhaça sobre a altura das plantas aos 370 e 450 DAP, de forma que foram ajustadas equações em função das doses de vinhaça.

Figura 18 – Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a altura da planta aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

A altura das plantas nas avaliações realizadas aos 270 e 450 DAP seguiram modelos de resposta quadrática (Figura 18). Os valores máximo e mínimo estimados, respectivamente, para altura aos 270 DAP foram de 76,9 e 70,2 cm. Considerando a altura das plantas aos 450 DAP, os valores máximo e mínimo estimados foram de 85,5 e 78,1 cm, respectivamente.

Os valores de altura estimados no momento da indução floral foram menores dos que observados por Rodrigues et al. (2010), que encontraram alturas de 133 e

100 cm para as cultivares Pérola e Smooth Cayenne, respectivamente. No entanto, os valores encontrados neste estudo, foram superiores aos obtidos por Feitosa (2010), quando verificou que a altura média das plantas do abacaxizeiro vitória aos 270 DAP era de 64,0 cm. Verificou-se que os valores de alturas das plantas no tratamento T1 foram os menores nas duas avaliações realizadas, evidenciando o efeito positivo das aplicações de vinhaça via fertirrigação na cultura do abacaxizeiro.

4.3.2 Número de folhas

Na Tabela 18 está apresentado o resumo da análise de regressão para o número de folhas ao longo do ciclo de cultivo do abacaxizeiro. Verificou-se que houve efeito significativo das doses de vinhaça sobre esta variável ao longo do ciclo de cultivo, em nível de 0,01 de significância.

Tabela 18 - Resumo da análise de regressão do número de folhas para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F				
		TRATAMENTOS				
		T1	T2	T3	T4	T5
Linear	-	6.559,81**	8.289,84**	4.962,35**	7.469,54**	7.577,37**
Quadrática	-	448,21**	522,96**	258,47**	261,02**	229,65**
Cúbica	-	57,57**	128,81**	86,29**	125,87**	97,47**
Tratamentos	4	1.783,71**	2.257,84**	1.334,59**	1.980,22**	1.985,58**
CV (%)	-	7,20	7,04	9,04	7,66	7,39
Média Geral	-	43,90	43,63	46,43	45,38	46,30

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Assim como a altura de plantas, o número de folhas seguiu padrão sigmóide, com modelos de respostas de ajuste cúbicos (Figura 19). Os valores de número de folhas máximo estimados para os tratamentos foram: T1 – 59; T2 – 61; T3 – 65; T4 – 64 e T5 – 65.

Figura 19 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para o número de folhas ao longo do ciclo de desenvolvimento do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

De acordo com a análise de regressão, houve efeito significativo das doses de vinhaça ($p < 0,01$) para o número de folhas aos 270 e 450 DAP (Tabela 19). Verificou-se que houve efeito linear para as doses de vinhaça na variável número de folhas, ou seja, o aumento do número de folhas teve acréscimo linear com o aumento das doses de vinhaça.

Tabela 19 - Resumo da análise de regressão para o número de folhas no momento da indução floral e da colheita para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F	
		NÚMERO DE FOLHAS	
		INDUÇÃO FLORAL	COLHEITA
Linear	-	13,04 ^{**}	46,16 ^{**}
Quadrática	-	3,69 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Cúbica	-	1,23 ^{ns}	2,83 ^{ns}
Tratamentos	4	6,72 ^{**}	13,02 ^{**}
CV (%)	-	6,41	6,19
Média Geral (unid)	-	56,42	62,4

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

O número de folhas nas avaliações realizadas aos 270 e 450 DAP seguiram modelos de resposta linear (Figura 20). Os valores máximo e mínimo estimados, respectivamente, para número de folhas aos 270 DAP foram de 58 e 55. Considerando o número de folhas das plantas aos 450 DAP, os valores máximo e mínimo estimados foram de 66 e 59, respectivamente.

Figura 20 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para o número de folhas aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

Nas duas avaliações verificou-se o aumento do número de folhas com o aumento das doses de vinhaça aplicada. Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho et al. (2007), que encontraram aumento linear do número de folhas com adubação em doses crescentes de cloreto de potássio na cultivar Smooth Cayenne. Neto (2009) não encontrou diferenças entre os números de folhas e as diferentes fontes de doses de N estudadas. Vale ressaltar que neste estudo, com exceção do tratamento T5, as doses de potássio aplicadas foram às mesmas, sendo variada apenas a fonte de fornecimento deste nutriente.

Os números de folhas encontrados neste trabalho foram superiores aos valores apresentados por Reinhardt e Medina (1992) que observaram valores máximos em torno de 33 folhas na cultivar Pérola. Souza et al. (2007) encontraram valores médios de 43 folhas e Neto (2009) verificou número médio de folhas aos 444 DAP de 58,5 folhas para a cultivar Pérola.

4.3.3 Comprimento da folha “D”

Na Tabela 20 está apresentado o resumo da análise de regressão para o comprimento de folha “D” ao longo do ciclo de cultivo do abacaxizeiro. Verificou-se que houve efeito significativo das doses de vinhaça sobre esta variável ao longo do ciclo de cultivo, em nível de 0,01 de significância.

Tabela 20 - Resumo da análise de regressão do comprimento da folha “D” para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F				
		TRATAMENTOS				
		T1	T2	T3	T4	T5
Linear	-	7.190,08**	9.726,45**	5.918,61**	7.391,98**	4.217,37**
Quadrática	-	167,51**	213,49**	92,48**	51,62**	9,78**
Cúbica	-	8,24**	44,68**	12,92**	60,16**	30,03**
Tratamentos	4	1.850,20**	2.514,43	1.514,77**	1.883,94**	1.067,01
CV (%)	-	7,07	6,59	8,37	7,97	10,32
Média Geral (cm)	-	55,94	58,16	59,32	58,14	55,18

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Na Figura 21 apresenta-se o comportamento dos comprimentos da folha “D” ao longo do ciclo de cultivo. Verifica-se que durante a fase vegetativa o tratamento T5 apresentou os menores comprimentos de folha “D”. Após a indução floral, os tratamentos T1 e T5 apresentaram comprimentos de folha “D” inferiores aos demais tratamentos. Os comprimentos máximos observados foram: T1 – 78,6 cm; T2 – 82,7 cm; T3 – 85,7; T4 – 85,2 cm; T5 – 82,1 cm.

Figura 21 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para o comprimento de folha "D" ao longo do ciclo de desenvolvimento do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

De acordo com a análise de regressão, houve efeito significativo das doses de vinhaça ($p < 0,01$) para o comprimento de folha "D" aos 270 e 450 DAP (Tabela 21). Houve efeito quadrático das doses de vinhaça na variável, com o aumento das doses de vinhaça verificou-se um aumento do comprimento da folha "D", no entanto, a maior dose de vinhaça aplicada resultou em diminuição nos valores de comprimento. Coelho et al. (2007), afirmaram que o potássio é essencial para o crescimento do abacaxizeiro, e que sua ausência reflete em baixo desenvolvimento vegetativo, estes autores encontraram aumento do comprimento de folha "D" com o aumento de doses de cloreto de potássio. Souza (2010) encontrou maiores comprimentos de folha "D" em tratamentos que receberam maiores doses de potássio, no entanto a autora atribui esse maior comprimento de folhas à interação entre o potássio e o nitrogênio fornecido e as funções exercidas pelos mesmos no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Tabela 21 - Resumo da análise de regressão para o comprimento de folha “D” no momento da indução floral e da colheita para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F	
		NÚMERO DE FOLHAS	
		INDUÇÃO FLORAL	COLHEITA
Linear	-	0,79 ^{ns}	11,65**
Quadrática	-	14,94**	15,32**
Cúbica	-	0,09 ^{ns}	2,93 ^{ns}
Tratamentos	4	4,16**	7,48**
CV (%)	-	9,17	6,67
Média Geral (cm)	-	66,21	84,67

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

O comprimento de folhas “D” seguiram modelos de reposta quadrático nas avaliações realizadas aos 270 e 450 DAP (Figura 22). Os valores máximo e mínimo estimados para a avaliação aos 270 DAP foram de 68,9 e 62,7 cm e aos 450 DAP estimou-se como valores máximo e mínimo 87,0 e 79,4 cm.

Figura 22 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para o comprimento de folha “D” aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

O comprimento médio da folha “D” no momento da indução floral foi de 67,5 cm, resultado superior ao obtido por Franco (2010) que encontrou valores de 57,3 cm aos 270 DAP na cultivar de abacaxi Pérola. Reinhardt et al. (1992) encontraram valores de 65 e 82 cm para os cultivares Smooth Cayenne e Pérola, respectivamente. Cunha (1989), Reinhardt e Cunha (2000) recomendaram a indução

artificial apenas em plantas da cv. Smooth Cayenne cuja folha “D” tenha atingido peso fresco superior a 70g e comprimento maior que 70 cm. A importância do comprimento da folha “D” no momento da indução floral do abacaxizeiro justifica-se devido a influência desta variável na produção. Melo et al. (2007) concluíram que a indução floral em plantas que apresentam folha “D” com comprimento de 90 cm resultou em maior comprimento, diâmetro, peso dos frutos e teor de sólidos solúveis totais, quando comparados com plantas que foram induzidas quando apresentavam comprimento de folha “D” de 70 e 80 cm.

4.3.4 Largura mediana da folha “D”

Na Tabela 22 apresenta-se o resumo da análise de regressão para a largura mediana da folha “D” ao longo do ciclo de cultivo do abacaxizeiro. Verificou-se que houve efeito significativo das doses de vinhaça sobre esta variável ao longo do ciclo de cultivo, em nível de 0,01 de significância.

Tabela 22 - Resumo da análise de regressão da largura mediana da folha “D” para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F				
		TRATAMENTOS				
		T1	T2	T3	T4	T5
Linear	-	6.511,39**	11.525,1**	8.799,88**	9.184,03**	8.809,98**
Quadrática	-	18,94 ^{ns}	229,21 ^{ns}	70,79**	126,66**	60,64**
Cúbica	-	5,38 ^{ns}	4,24 ^{ns}	2,69 ^{ns}	3,88*	2,28 ^{ns}
Quarta	-	11,46**	75,85**	41,88**	61,27**	34,80**
Tratamentos	4	1.636,79	7.958,60**	2.228,81	2.343,96	2.226,97
CV (%)	-	6,94	5,83	6,91	6,47	6,68
Média Geral (cm)	-	5,37	6,09	6,17	6,18	6,06

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

A largura mediana da folha “D” seguiu modelos lineares (Figura 23) para todos os tratamentos, com valores máximos estimados de 7,9; 9,4; 9,6; 9,4 e 9,3 cm para os tratamentos T1, T2; T3. T4 e T5, respectivamente. Verifica-se que os tratamentos com aplicação de vinhaça apresentaram valores de largura superiores ao tratamento que não recebeu vinhaça. De acordo com Lacoeyllhe (1982) a produção de folhas pequenas e estreitas está relacionada à carência do nitrogênio no solo para absorção das plantas. Levando em consideração essa afirmação, a vinhaça pode ter aumentado os teores de nitrogênio no solo e aumentado o

crescimento e largura das folhas das plantas cultivadas nos tratamentos que receberam doses de vinhaça.

Figura 23 - Diagramas de dispersão e equações de ajustes para a largura mediana da folha "D" ao longo do ciclo de desenvolvimento do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

De acordo com a análise de regressão, houve efeito significativo das doses de vinhaça ($p < 0,01$) para a largura mediana da folha "D" aos 270 e 450 DAP (Tabela 23). Verificou-se que houve efeito linear para as doses de vinhaça na largura mediana da folha "D", ou seja, o aumento do número de folhas aumento linearmente com o aumento das doses de vinhaça.

Tabela 23 - Resumo da análise de regressão para a largura mediana da folha “D” no momento da indução floral e da colheita para a cultura do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F	
		NÚMERO DE FOLHAS	
		INDUÇÃO FLORAL	COLHEITA
Linear	-	92,73**	88,30**
Quadrática	-	66,27**	44,39**
Cúbica	-	4,02*	0,28 ^{ns}
Tratamentos	4	41,08**	34,06**
CV (%)	-	6,04	5,35
Média Geral (cm)	-	6,67	8,80

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Nas avaliações realizadas aos 270 e 450 DAP ajustou-se modelo de reposta quadrático para a largura mediana da folha “D” (Figura 22). Os valores máximo e mínimo estimados para a avaliação aos 270 DAP foram de 7,0 e 5,8 cm e aos 450 DAP estimou-se como valores máximo e mínimo 9,2 e 6,7 cm.

Figura 24 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a largura mediana da folha “D” aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

Verifica-se um acréscimo na largura mediana da folha “D” com o aumento das doses de vinhaça, no entanto, os valores encontrados no tratamento T1 são similares aos valores obtidos por Souza (2010), que observou largura mediana da folha “D”, no abacaxizeiro cultivar Pérola, na ordem de 5,6 cm, realizando adubação com cloreto de potássio na dosagem de 1.462 kg ha⁻¹. Possivelmente as diferenças

dos resultados podem ser atribuídas à forma de aplicação do potássio. O grande aporte orgânico presente na composição da vinhaça aumentou os teores de matéria orgânica no solo, assim como verificado por Zolin et al. (2010), e apresentado na Tabela 14 e Figura 15B, aumentando a CTC do solo e nutrientes nos tratamentos onde recebiam o efluente.

4.3.5 Área foliar (AF)

Na Tabela 24 apresenta-se o resumo da análise de regressão para a área foliar do abacaxizeiro aos 270 e 450 DAP. Verificou-se efeito significativo das doses de vinhaça sobre esta variável aos 270 DAP ($p < 0,05$) e aos 450 DAP ($p < 0,01$).

Tabela 24 - Resumo da análise de regressão para a área foliar do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F	
		ÁREA FOLIAR	
		INDUÇÃO FLORAL	COLHEITA
Linear	-	1,07 ^{ns}	27,24**
Quadrática	-	8,50**	7,11**
Cúbica	-	0,64 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Tratamentos	4	2,73*	9,02**
CV (%)	-	22,52	20,66
Média Geral (cm ²)	-	6.285,53	8.438,59

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Ajustou-se modelo de resposta quadrático para as avaliações realizadas aos 270 e 450 DAP, com valores máximo e mínimo estimados de 9.128,1 e 6.670,7 cm² para a avaliação aos 270 DAP e aos 450 DAP estimou-se como valores máximo e mínimo de 6.697,6 e 5.685,3 cm².

A área foliar do abacaxizeiro vitória foi influenciada pelas doses de vinhaça aplicada. Observa-se que quanto maior a dose de vinhaça, dentro da demanda nutricional da cultura, maiores foram os valores de área foliar obtido (Figura 25).

Figura 25 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a área foliar aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

Resultados contrastantes foram encontrados por Blanco e Folegatti (2008), que verificaram que o aumento das doses de nitrogênio e potássio não promoveu o aumento da área foliar do pimentão. Neto (2009) não verificou incremento de área foliar em plantas de abacaxizeiro Pérola com o aumento de doses de nitrogênio e potássio. Ao avaliar da relação K/N na adubação do abacaxizeiro vitória, Feitosa (2010), verificou que o aumento das doses de nitrogênio promoveu um aumento da área foliar das plantas e que aos 270 DAP as plantas com as maiores doses aplicadas apresentaram cerca de 6.500 cm², valor inferior aos encontrados neste estudo na mesma época de avaliação.

Os resultados obtidos se assemelham aos encontrados por Melo et al. (2006), que encontraram valores de área foliar de 7.000 cm² para o cultivar pérola aos 270 DAP. De acordo com Rebolledo-Martinez et al. (1993), diante de altas temperaturas e com um plantio caracterizado pela baixa densidade de plantas, o abacaxizeiro pode apresentar área foliar superior à 11.000 cm². Vale ressaltar que a área foliar pode indicar as condições de rendimento da cultura quanto ao aproveitamento da taxa de fotoassimilados e de gás carbônico do meio, o que vem a resultar em maior rendimento no que diz respeito à produção (MALEZIEUX, 1993).

Com a utilização de lodo de esgoto na fertirrigação do algodoeiro, Fideles Filho et al. (2005), verificaram incremento na área foliar quase três vezes superior

aos resultados apresentados pelo tratamento controle. Ferreira, Beltrão e König (2005) também constataram diferenças apreciáveis entre a área foliar do algodoeiro irrigado com águas residuárias e irrigado com água de abastecimento.

Teixeira et al. (2011), verificaram que o peso do fruto é condicionado ao porte da planta no momento da indução floral, diante dos resultados apresentados neste estudo, verifica-se que o uso da vinhaça dentro da recomendação de potássio para a cultura do abacaxizeiro proporcionou os maiores valores de AF.

4.3.6 Massa seca da parte aérea e raiz

Na Tabela 25 apresenta-se o resumo da análise de regressão para a massa seca da parte aérea e massa seca da raiz aos 270 e 450 DAP. Houve efeito significativo das doses de vinhaça sobre a massa seca da parte aérea em nível de 0,05 de significância e, verificou-se o efeito significativo a 1% de probabilidade das doses de vinhaça sobre a massa seca da raiz.

Tabela 25 - Resumo da análise de regressão para a massa seca da parte aérea e raiz do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F			
		MASSA SECA PARTE AEREA		MASSA SECA RAIZ	
		INDUÇÃO FLORAL	COLHEITA	INDUÇÃO FLORAL	COLHEITA
Linear	-	0,10 ^{ns}	4,28*	2,71 ^{ns}	4,12*
Quadrática	-	8,48*	0,01 ^{ns}	43,37**	21,81**
Cúbica	-	2,49 ^{ns}	0,92 ^{ns}	10,08**	4,41*
Tratamentos	4	4,17*	14,8*	14,16**	7,63**
CV (%)	-	25,34	24,17	26,31	44,46
Média Geral (g)	-	92,55	334,70	15,39	53,67

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Considerando a massa seca da parte aérea, foi ajustado modelo de resposta quadrático aos 270 DAP com valores máximo e mínimo de 99,5 e 85,1 g. A avaliação aos 450 DAP teve um ajuste linear, dessa forma, obteve-se um aumento da massa seca com o aumento das doses de vinhaça aplicada. Para esse ajuste linear os valores máximo e mínimo estimados foram de 354,3 e 310,2 g.

Os valores de massa seca da parte aérea da planta tenderam a crescer com o aumento das doses e ao longo do desenvolvimento da cultura, uma vez que os valores obtidos na colheita foram superiores aos encontrados no momento da indução floral (Figura 26). Foi verificado neste estudo que no momento da colheita as plantas do abacaxizeiro vitória apresentaram maior número de folhas quando

comparado à avaliação realizada no momento da indução floral, que resultou em maiores valores de massa seca das plantas na segunda avaliação.

Figura 26 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a massa seca de parte aérea aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

Os tratamentos onde foram aplicada vinhaça apresentaram maiores valores de massa seca quando comparados ao tratamento com adubação química (T1). Portanto, a resposta da planta ao acúmulo de massa seca, evidencia uma maior expressão da fertirrigação com vinhaça. Analisando-se a Figura 25, verifica-se que a área foliar apresenta certa relação com o acúmulo de massa seca, esta afirmação é confirmada por Malezieux e Bartholomew (2003), que concluíram que a área foliar e a habilidade das folhas em manter a capacidade fotossintética por longo período estão intimamente relacionadas ao acúmulo de matéria seca pelo abacaxizeiro.

Feitosa et al. (2011) verificaram que o aumento de doses de micronutrientes aplicadas ao solo resulta em aumento linear na produção de biomassa do abacaxizeiro vitória, de acordo com os autores, as plantas apresentaram uma maior absorção nos tratamentos onde foram fornecidos mais nutrientes. Melo et al. (2006) verificaram valores de 306 g de massa seca de parte aérea no abacaxi cultivar Pérola, no momento da indução floral.

Nas avaliações de matéria seca de raiz realizada aos 270 e 450 DAP, foram ajustadas equações cúbicas para as duas avaliações (Figura 27).

Figura 27 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para massa seca de raiz aos 270 e 450 DAP em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

É possível verificar a resposta do acúmulo de massa seca na raiz em função das doses de vinhaça aplicada. Os resultados de massa seca de raiz encontrados neste estudo estão de acordo com os valores observados por Barreiro Neto et al. (1998) que encontraram em média 8,6 g de massa seca da raiz aos 250 DAP.

Verifica-se que os maiores valores de massa seca de raiz foram obtidos na colheita, este resultado é contraditório ao relato de Py, Lacoeyllhe e Teisson (1984), que afirma que as raízes das mudas plantadas se alongam até o quarto e quinto mês, para a partir deste período de tempo ocorrer novas emissões de raízes. É importante salientar que a disposição dos gotejadores do tipo espaguete pode ter sido fundamental para o baixo desenvolvimento radicular no período de crescimento vegetativo, uma vez que os nutrientes provenientes da vinhaça, eram fornecidos diretamente na axilas das plantas, não exigindo que as raízes se desenvolvessem para absorver nutrientes e água no solo. A partir do momento em que houve a interrupção das fertirrigações com vinhaça, as plantas alongaram seu sistema radicular para aumentarem a absorção de nutrientes.

4.4 Produção e qualidade dos frutos

4.4.1 Peso dos frutos e produtividade

De acordo com a análise de regressão para peso dos frutos houve efeito significativo das doses de vinhaça em nível de 0,01 de significância (Tabela 26).

Tabela 26 - Resumo da análise de regressão para o peso dos frutos do abacaxizeiro em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F
		Peso de frutos
Linear	-	30,80**
Quadrática	-	5,68*
Cúbica	-	4,22*
Tratamentos	4	14,70**
CV (%)	-	12,77
Média Geral (g)	-	945,33

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Ajustou-se modelo de resposta quadrático para o peso de frutos, conforme apresentado na Figura 28, com valores máximo e mínimo estimados de 1.019,8 e 834,3 g.

Figura 28 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para peso dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

Melo et al. (2006) verificaram efeito quadrático da massa dos frutos em resposta à lâminas de irrigação, os mesmos obtiveram massa média estimada de

1.736 g. Souza (2010) encontraram valores de peso de frutos sem coroa na ordem de 1.360 g com relação K/N de 1:1. Paula et al. (1999) estudaram o efeito da aplicação de potássio via vinhaça (0 – 100 – 200 – 400 m³ ha⁻¹) e cloreto de potássio (12 g/planta de K₂O), em solo cultivado com o abacaxizeiro cultivar Smooth Cayenne, e verificaram efeito significativo dos tratamentos sobre a massa média dos frutos, com o maior peso encontrado na maior dose de vinhaça (400 m³ ha⁻¹) com acréscimo de 73% em relação à testemunha.

Resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho foram encontrados por Razzaque e Hanafi (2001) que observaram uma diminuição do peso médio dos frutos com o aumento de doses de potássio, os autores atribuíram tal resultado aos elevados níveis de potássio no solo que limitou a absorção de amônio e demais cátions, resultando em desequilíbrio nutricional das plantas. Rodrigues (2009) não verificou efeito significativo das doses de potássio no peso dos frutos do cultivar de abacaxi Pérola.

A relação potássio/nitrogênio (K/N) neste estudo foi de 1,2:1, portanto os resultados obtidos estão de acordo com por Souza (2010), que encontraram maiores pesos de frutos com a relação K/N de 2,5:1. Resultado contrário foi verificado Marchal et al. (1981) que verificaram que quanto menor a relação K/N maior será o peso final de fruto obtido.

Considerando a densidade de plantio de 38.460 plantas ha⁻¹, e as perdas verificadas neste estudo de 15%, estima-se uma produtividade média de 41,2; 40,6; 36,3; 40,3 e 32,3 Mg ha⁻¹, respectivamente para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5. A produtividade brasileira em 2010 foi de 26,09 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2010), dessa forma, a produtividade para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 foram superiores à produtividade brasileira em 157,7; 155,8; 139,0; 154,4 e 123,6%, respectivamente.

Veloso et al. (2001) verificaram que a adição de cloreto de potássio aumentou a produção de forma quadrática, estimando-se uma produção máxima de 79 Mg ha⁻¹, de frutos sem coroa com uma dose de 22 g planta⁻¹ de K₂O, bem superior à maior dose deste estudo (17 g planta⁻¹). Melo et al. (2006), verificaram uma produtividade de 77,2 Mg ha⁻¹, com uma densidade de plantio de 55.555 plantas ha⁻¹ e peso estimado máximo de frutos de 1.736 g. Avaliando o efeito de diferentes lâminas e frequências de irrigação no cultivar Pérola, Sousa et al. (2012), verificaram uma produtividade de 77,40 Mg ha⁻¹ com peso médio dos frutos de 1.640 g. Spironello et al. (2004), trabalhando com a cultivar Smooth Cayenne,

obtiveram produtividade máxima de frutos com coroa de 72 Mg ha⁻¹ aplicando 498 e 384 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente.

Ao avaliarem genótipos de abacaxi resistente à fusariose, característica da cultivar vitória avaliada neste estudo, Cunha et al. (2007), concluíram que a cultivar Imperial e o cruzamento PE x SC60 apresentaram valores de massa do fruto de 680 e 670 g, respectivamente. Estes resultados foram confirmados por Sampaio et al. (2011), que verificaram peso máximo de frutos do cultivar Imperial de 670 g.

Verificou-se neste estudo que o maior peso dos frutos sem coroa foi de 1.276 g referente ao tratamento T1 e o menor peso foi de 759,9 g referente ao tratamento T5. Estes pesos encontrados enquadram-se, segundo Coelho e Cunha (1982), nos padrões de peso de 700 a 1.500 g destinados ao consumo *in natura*. No entanto, o mercado interno de fruta fresca dá preferência por frutos médios a grandes, que apresentam peso superior à 1.500 g (SANTANA et al., 2001), portanto, nenhum tratamento avaliado neste estudo atingiu este valor desejado. A variação com relação ao peso do abacaxi esta relacionada a fatores genéticos, ambientais e tecnológicos, além de variações espaço temporal em um ou mais desses fatores (CUNHA et al., 1999). Há de se destacar, que as mudas utilizadas para produção foram produzidas *in vitro* e estas apresentam crescimento vegetativo e produção inferiores aos obtidos com mudas convencionais. Os resultados de peso médio de frutos poderão ser significativamente superiores, seguindo o que foi verificado neste estudo, em um ciclo subsequente com o uso de mudas tipo filhote ou rebentões desta cultivar de abacaxi. Acredita-se que, além do tipo de muda utilizada, o cultivo em casa de vegetação e a bordadura podem ter resultado neste baixo peso dos frutos. O cultivo de abacaxi em casa de vegetação não é usual, ainda não se sabe ao certo quais os efeitos das condições climáticas deste ambiente no desenvolvimento do abacaxizeiro. Casas de vegetação, devido ao filme de polietileno utilizado na cobertura, interferem na qualidade da radiação e reduzem a irradiância na faixa do ultravioleta e a razão entre vermelho e vermelho distante, isto ocorre pelas características do material e em virtude de, com o tempo, acumular impurezas no filme, o que resultam na diminuição entre a radiação global interna e externa. O abacaxizeiro é altamente exigente em radiação solar, e este componente climático, pode ter resultado em menores pesos médios dos frutos.

4.4.2 Firmeza da casca e polpa

Na Tabela 27 apresenta-se o resumo da análise de regressão para a firmeza da casca e da polpa. Houve efeito significativo das doses de vinhaça na firmeza de polpa em nível de 0,05 de significância e, verificou-se que não houve efeito significativo para a firmeza de casca ($p>0,05$).

A firmeza ou textura do fruto é um atributo importante, pois está diretamente associada com a composição e estrutura das paredes celulares e manutenção de sua integridade. A perda de firmeza relaciona-se com o amadurecimento dos frutos, sendo uma importante medida do ponto de colheita dos frutos. De modo geral, a polpa do abacaxi deve ser firme o suficiente para garantir resistência no processo de transporte pós-colheita.

Tabela 27 - Resumo da análise de regressão para a firmeza da casca e da polpa dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F	
		FIRMEZA	
		CASCA	POLPA
Linear	-	0,01 ^{ns}	1,49ns
Quadrática	-	0,01 ^{ns}	7,98**
Cúbica	-	0,79 ^{ns}	0,65ns
Tratamentos	4	0,31 ^{ns}	2,75*
CV (%)	-	26,75	30,62
Média Geral (N cm ⁻²)	-	74,69	38,64

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Ajustou-se modelo de resposta quadrático para a firmeza de polpa, conforme apresentado na Figura 29, com valores máximo e mínimo estimados de 42,9 e 32,6 N cm⁻², respectivamente para os tratamentos T3 e T5. Na Figura 27 verifica-se que para a firmeza de casca, os tratamentos foram representados pelo valor médio obtido nos tratamentos devido à ausência de ajuste de equação com significado biológico que representasse o modelo.

Figura 29 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para a firmeza de casca e polpa em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

Os valores de firmeza da casca obtidos foram menores do que os observados por Costa (2009), que obteve valores de 100 N cm^{-2} , e Souza (2010), que verificaram valores de 110 N cm^{-2} , ambos autores trabalharam com a cultivar Gold. Os valores de firmeza de polpa são menores dos que os observados por Costa (2009), que verificou valores médios de 53 N cm^{-2} e maiores do que Souza (2010), que observou valores médios de 30 N cm^{-2} . Estes valores são superiores aos encontrados por Camara (2011), que verificou firmeza de polpa entre 15 e 25 N cm^{-2} nos frutos de abacaxi comercializados no CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo).

A firmeza da polpa dos frutos foi negativamente influenciada nos tratamentos que receberam apenas a vinhaça como fonte de potássio. Ramos et al. (2010), verificaram que as deficiência de nitrogênio e potássio aumentaram a firmeza da polpa, ou seja, o aumento de doses de potássio tende a diminuir a firmeza, resultado este encontrado neste estudo. O potássio tem o papel de manter a turgescência das células, dessa forma sua ausência deixa os tecidos menos turgidos e, consequentemente, mais firmes. Frutos com maior turgescência tendem a aumentar o teor de suco (RAMOS et al. 2010).

Cunha et al. (1999), afirmam que doses crescentes de potássio implicam em efeito positivo sobre a consistência da polpa. Segundo Paula, Mesquita e Nogueira (1998), o potássio aumenta a firmeza da polpa do abacaxi. Acredita-se que o

fornecimento do potássio via vinhaça pode ter sido o motivo da firmeza de polpa neste estudo não se apresentar conforme resultados obtidos por outros autores. Outro fator a ser considerado é a cultivar, pois é possível que a diferença entre cultivares possa explicar a discordância nos resultados (RAMOS et al., 2010).

É importante mencionar a relação K/N na alteração de firmeza de polpa e casca. Souza (2010) encontrou maiores valores de firmeza de polpa em tratamentos com relação K/N igual a 1,5: 1 e menores valores foram verificados na relação K/N de 2:1, segundo o autor, o principal responsável para a variação na firmeza de polpa dos tratamentos foi o nitrogênio. Faria (2008) verificou que o aumento na dose de adubos nitrogenados resulta em menor firmeza de casca e polpa.

4.4.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Na Tabela 28 apresenta-se o resumo da análise de regressão para o pH obtido em função das diferentes doses de vinhaça aplicada. Verificou-se que houve efeito significativo das doses de vinhaça no pH dos frutos.

Tabela 28 - Resumo da análise de regressão para pH dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F
		pH
Linear	-	456,58**
Quadrática	-	79,85**
Cúbica	-	0,45ns
Tratamentos	4	140,15**
CV (%)	-	0,77
Média Geral	-	4,10

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Ajustou-se modelo de resposta quadrático para o pH, conforme apresentado na Figura 30, com valores máximo e mínimo estimados de 3,87 e 4,24, respectivamente para os tratamentos T5 e T1.

Figura 30 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para pH dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

O pH, assim como a acidez, está associado com o processo de amadurecimento dos frutos e pode ser utilizado na determinação do ponto de colheita (REINHARDT e MEDINA, 1992). Verificou-se que o pH diminui com o aumento do volume de vinhaça aplicado. Vasquez et al (2005), verificaram um ligeiro incremento no pH com o aumento das doses de potássio. O potássio neutraliza os ácidos orgânicos nas plantas, portanto a ausência deste nutriente nos frutos, pode causar redução no pH (TAIZ; ZEIGER, 2004). Nos tratamentos onde houve aplicações de vinhaça, a absorção do nitrogênio foi favorecida, uma vez que estes nutrientes apresentam sinergismo, desta forma, o melhor aproveitamento deste nutriente promoveu uma diminuição do pH dos frutos. Cunha et al. (1999), afirmam que doses crescentes de nitrogênio aumentam o pH da polpa do abacaxi. Rodrigues (2009) também observou que o aumento de doses de nitrogênio resulta em maiores valores de pH.

Os valores de pH observados variaram entre 3,85 a 4,25, estando de acordo com os valores citados por Freitas (2003), que verificaram variação de pH entre 3,25 a 4,18, e dos valores apresentados por Paula (2002), que variaram entre 3,7 a 4,5. Botrel (1991), afirma que o pH da polpa de abacaxi está em torno de 3,7 a 3,9. Com uma faixa mais ampla, Py, Lacoeuilhe e Teisson (1987), consideram que o pH da polpa do abacaxi está em torno de 3 a 4.

Souza (2010), em cultivares de abacaxi Gold, verificou variação no pH de 3,80 a 3,87, sendo que o menor valor correspondeu à menor dose de nitrogênio na relação K/N igual a 3:1, o maior valor foi encontrado na relação K/N de 1,5:1. Costa (2009) com o abacaxizeiro Gold verificou que os valores de pH variaram de 4,0 a 5,7 e, segundo o autor, este resultado possivelmente está relacionado ao diferente manejo nutricional aplicado a cultura. Camara (2011) verificou que 56% das amostras de abacaxi do cultivar Smooth Cayenne apresentavam pH entre 3,5 a 4,0 e, 26% das amostras apresentavam faixa de pH entre 3,0 a 3,5.

4.4.4 Sólidos solúveis (SS)

De acordo com a análise de regressão para SS houve efeito significativo das doses de vinhaça em nível de 0,01 de significância (Tabela 29). Os SS indicam a quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos na polpa das frutas. Quanto maior seu valor, maior o teor de açúcares presentes no fruto. OS SS são denominados comumente graus Brix e tendem a aumentar com o avanço da maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 29 - Resumo da análise de regressão para SS dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F
		SOLIDOS SOLUVEIS
Linear	-	11,62**
Quadrática	-	0,01 ^{ns}
Cúbica	-	0,09 ^{ns}
Tratamentos	4	3,11*
CV (%)	-	4,04
Média Geral (%)	-	13,44

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

*,** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Na Figura 31 está apresentado o efeito das fertirrigações com vinhaça sobre o teor de SS, de forma que se ajustou equação linear em função das doses de vinhaça. Os valores máximo e mínimo estimados foram 13,97 e 12,90 para os tratamentos T5 e T1, respectivamente.

Figura 31 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para SS dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

Verifica-se que os SS dos frutos de abacaxi aumentaram linearmente com o aumento da dose de vinhaça aplicada. Os valores observados neste estudo ficaram entre 12,30 e 14,60%. Segundo o Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros, do Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura, um abacaxi com SS inferior a 12ºBrix é considerado imaturo (HORTIBRASIL, 2010). No mercado europeu preferem-se frutos com teor de pelo menos 14ºBrix ou mais (SOLER, 1992).

Os resultados obtidos neste estudo são concordantes com os encontrados por outros autores. Coelho et al. (2007) verificou resposta quadrática do SS com o aumento da adubação de NPK. Paula et al. (1999), observaram aumento de SS com aplicação de potássio via vinhaça, verificando efeito positivo do aumento das doses de vinhaça aplicadas com os teores de SS encontrados nos frutos. Paula et al. (1991) verificaram que a menor porcentagem de SS foi encontrada em plantas carentes de potássio. Spironello et al. (2004) e Teixeira et al. (2002), encontraram correlação negativa para o nitrogênio e positiva para o potássio em relação à concentração de SS em frutos de abacaxi.

A elevação dos teores de sólido solúveis em função das doses de potássio ocorreu, pois este nutriente participa na síntese de carboidratos, degradação, translocação e síntese proteica e neutralização de ácidos orgânicos, além de sua presença nos tecidos das plantas aumentarem o potencial e o volume de fluxo de

fotossintatos no floema, resultando em aumento na concentração de açúcares (KUMAR; KUMAR, 2007).

Souza (2010) verificou que a maior relação K/N resultou em maiores concentrações de SS nos frutos de abacaxi da cultivar Gold. Martins et al. (2008) estudaram o efeito da relação K/N sobre a acidez e SS do abacaxi 'Gold' cultivado em Sooretama-ES em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, e verificaram efeito significativo da relação K/N sobre as referidas variáveis. Silva (2010) verificou que a concentração de sólidos solúveis em frutos de abacaxi do cultivar MD-2 diferiu em função da relação K/N utilizada, o autor concluiu que sob doses mais elevadas de nitrogênio, o sinergismo deste nutriente com o potássio culmina em aumento na concentração de SS. O nitrogênio propicia frutos de maior tamanho, mas, em contrapartida, tende a reduzir os teores de sólidos solúveis e a acidez. Já o potássio, tem menor influencia no desenvolvimento do fruto do que o N, mas é o nutriente que mais influencia a sua qualidade (TEIXEIRA et al., 2002 e SPIRONELLO et al., 2004).

Segundo Malezieux e Bartholomew (2003), a diminuição dos SS no abacaxi, em plantas deficientes de potássio, pode ser explicada pelo específico papel desse nutriente na abertura e fechamento dos estômatos, o qual regula a troca de gases, incluindo a absorção de CO₂ durante a fotossíntese. Paula et al. (1999), realizando adubação potássica do abacaxizeiro com vinhaça e cloreto de potássio, não verificaram diferença significativa entre as fontes de potássio sobre a concentração de SS. Segundo Marchal et al. (1981), os efeitos das fontes de K sobre as características tecnológicas dos frutos dependem das condições climáticas, da época de aplicação e do estágio de desenvolvimento da planta.

4.4.5 Acidez Titulável Total (ATT)

De acordo com a análise de regressão para ATT houve efeito significativo das doses de vinhaça em nível de 0,01 de significância (Tabela 30). A acidez é calculada com base no principal ácido presente no fruto, considerando frutos de abacaxi, os principais são o ácido cítrico e o ácido málico. No início da formação do fruto do abacaxizeiro o conteúdo de ácido málico é superior ao do cítrico, mas com o decorrer do processo de maturação o teor de ácido cítrico chega a ser três vezes maior que o do málico, contribuindo com 80% da acidez do fruto (GONÇALVES,

2000). Portanto, a determinação da ATT foi realizada com base no conteúdo de ácido cítrico presente nos frutos de abacaxi.

Tabela 30 - Resumo da análise de regressão para ATT dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F
		SOLIDOS SOLUVEIS
Regressão Linear	-	482,45**
Regressão Quadrática	-	121,76**
Regressão Cúbica	-	27,68**
Tratamentos	4	158,38**
CV (%)	-	1,46
Média Geral (%)	-	0,79

** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Na Figura 32 está apresentado o efeito das fertirrigações com vinhaça sobre a ATT, de forma que se ajustou equação quadrática em função das doses de vinhaça. Os valores máximo e mínimo estimados foram 0,91 e 0,71 para os tratamentos T5 e T1, respectivamente.

Verifica-se que o aumento das doses de vinhaça fornecida às plantas aumentou a ATT dos frutos de abacaxi vitória. Resultados semelhantes foram encontrados por Paula et al. (1999), que verificaram que o aumento do potássio fornecido pela vinhaça aumentou a ATT dos frutos de abacaxi Pérola. Os referidos autores encontraram valores de ATT de 0,63 com o fornecimento de 400 m³ ha⁻¹ de vinhaça.

Figura 32 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para ATT dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

Os valores de ATT, expressa em porcentagem de ácido cítrico, encontradas neste estudo foram superiores aos valores de 0,61 a 0,65% e 0,15 a 0,56% encontrados por Reinhardt e Medina (1992) e Costa (2009), respectivamente. No entanto, os valores de acidez em frutos de abacaxi são muito divergentes na literatura: Gonçalves (200) relata uma variação de 0,6 a 1,6%; Chitarra e Chitarra (2005) indicam valores de 1,0% para cultivares Smooth Cayenne; Cunha et al. (2007) verificaram valores de 0,35; Bengozi et al. (2007) encontraram valores entre 0,38 a 0,59.

De acordo com Botrel (1991) e Abreu (1991), a ATT de frutos de abacaxi é aumentada com o avanço do amadurecimento dos frutos, dessa forma, tendo sido os frutos dos distintos tratamentos colhidas na mesma época, acredita-se que os tratamentos caracterizados pela fertirrigação com vinhaça apresentaram uma maturação mais acelerada. Esta afirmação pode ser complementada quando se analisa o aumento no teor de SS dos frutos com o aumento das doses de vinhaça (Figura 29).

Souza (1999) afirma que a acidez dos frutos relaciona-se com a nutrição mineral das plantas, havendo um consenso de que aumentos dos níveis de potássio provocam acréscimos de acidez dos frutos. Reinhardt (1980) verificou que o aumento da relação K/N promoveu redução na acidez dos frutos, isso implica que o nitrogênio possui uma correlação negativa e o potássio possui correlação positiva com a acidez. Em contrapartida, Veloso et al. (2001) verificaram o efeito significativo do aumento de doses de potássio em relação à diminuição da acidez dos frutos de abacaxi dos cultivares Smooth Cayenne e Pérola.

4.4.6 Relação SS/ATT

De acordo com a análise de regressão para a relação SS/ATT houve efeito significativo das doses de vinhaça em nível de 0,01 de significância (Tabela 31).

Tabela 31 - Resumo da análise de regressão para a relação SS/ATT dos frutos de abacaxi em função das doses de vinhaça aplicadas

Fonte de Variação	GL	TESTE F
		SOLIDOS SOLUVEIS
Regressão Linear	-	53,92**
Regressão Quadrática	-	22,47**
Regressão Cúbica	-	1,95 ^{ns}

Tratamentos	4	19,59**
CV (%)	-	4,09
Média Geral	-	17,03

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de significância pelo Teste F

** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de significância, respectivamente, pelo Teste F

Na Figura 33 apresenta-se o efeito das fertirrigações com vinhaça sobre a relação SS/ATT, de forma que se ajustou equação quadrática em função das doses de vinhaça. Os valores máximo e mínimo estimados foram 18,2 e 15,1 para os tratamentos T1 e T5, respectivamente.

Figura 33 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste para relação SS/ATT dos frutos em função das doses de vinhaça aplicadas. Barras verticais indicam o desvio padrão da média

Verificou-se que o aumento das doses de vinhaça resultou em menores valores de relação SS/ATT. Estes resultados já eram esperados, pois as doses de vinhaça resultaram em acréscimo da concentração de açúcares (Figura 32) e da ATT (Figura 30). Resultados semelhantes foram obtidos por Rodrigues (2009) que verificou que o aumento das doses de potássio promoveu redução linear na relação SS/ATT, sendo registrados valores entre 13,9 e 16,4. Owusu-Benoah et al. (1996) também observaram que o aumento das doses de potássio reduziu os valores da relação SS/ATT de frutos do cultivar Smooth Cayenne. Conforme Bartholomew, Paul e Rohrbach (2003), apesar dos efeitos bastante conhecidos do K sobre os atributos de qualidade dos frutos podem ocorrer uma diminuição nos valores da relação com a

elevação das doses de K, em função dos efeitos mais pronunciados do K na elevação da acidez. Resultados contrários foram obtidos por Silva (2010) que verificou que o aumento de doses de potássio aumentou a relação SS/ATT. Os valores de 53,98 e 49,65 encontrados por este autor foram superiores aos encontrados neste estudo.

Os valores de relação SS/ATT encontrados neste estudo estão dentro da faixa de 13,18 a 48,7 apresentada por Manica (2000) e, se encontram abaixo daqueles encontrados por Cunha et al. (2007), que verificaram valores de 42,7; 30,8 e 30,6 para os cultivares Pérola, Jupi e Gold, respectivamente. Sarzi et al. (2002), encontraram valores de 22,38 e Souto et al. (2004) de 34,55 para frutos de abacaxi Pérola.

O mercado externo e a indústria exigem frutos que atinjam valores de relação SS/ATT próximos a 12, ao passo que o mercado interno exige uma relação maior, devido aos consumidores brasileiros serem mais exigentes por frutos mais adocicados (SOUZA, 1999). Por essas exigências do mercado, a relação SS/ATT é muito utilizada na avaliação do sabor dos frutos de abacaxi, pois reflete o balanço entre açúcares e ácidos. No entanto, Bartholomew, Paul e Rohrbach (2003) alerta que embora a variação do ácido tenha um impacto maior sobre a relação do que a do teor de SS, uma relação de 20°Brix com 1% de acidez não indicará o mesmo sabor que 10°Brix com 0,5% de acidez. O autor ainda afirma que a relação SS/ATT é influenciada pelos cultivares, estágio de maturação, posição amostrada na fruta e condições de desenvolvimento dos frutos e cita que diversos autores encontraram relações que vão de 8 até 40.

4.4.7 Análise Sensorial

Os resultados da análise de variância mostraram que não houve diferença estatística nas notas atribuídas na aceitação dos frutos de abacaxi sob as diferentes doses de vinhaça aplicada (Tabela 32).

Tabela 32 – Resumo da análise de variância para aceitação dos frutos de abacaxi submetidos às diferentes doses de vinhaça

Atributo	Significância de F	CV (%)
Aparência	0,60 ^{ns}	25,25
Odor	1,16 ^{ns}	28,83
Textura	0,73 ^{ns}	29,31
Sabor	2,14 ^{ns}	39,54
Impressão Global	0,55 ^{ns}	29,67

^{ns} não significativo a 0,05 de significância pelo teste F

Na Tabela 33 apresentam-se os valores médios das notas com relação aos atributos aparência, odor, textura, sabor e impressão global de cada tratamento avaliado e o resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 33 – Valores médios das notas com relação à aparência, odor, textura, sabor e impressão global de cada tratamento

Tratamentos	Aparência	Odor	Sabor	Textura	Impressão Global
T1	5,4 ^a	4,8 ^a	5,2 ^a	5,4 ^a	5,2 ^a
T2	5,4 ^a	5,3 ^a	4,9 ^a	5,1 ^a	5,0 ^a
T3	5,1 ^a	5,0 ^a	4,3 ^a	5,0 ^a	4,9 ^a
T4	5,5 ^a	5,0 ^a	5,2 ^a	5,1 ^a	4,8 ^a
T5	5,3 ^a	4,7 ^a	5,1 ^a	5,3 ^a	4,9 ^a

*Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

As notas atribuídas aos diferentes atributos hedônicos adotados neste estudo foram muito semelhantes para os frutos dos distintos tratamentos. No entanto, segundo comentário de alguns provadores, os frutos com adubação química apresentavam menos sabor. Os menores valores de SS deste tratamento podem ter sido percebidos por alguns provadores, a ponto de as notas não terem diferido estatisticamente.

Quando avaliadas as distribuições de frequência das respostas dos consumidores em relação aos parâmetros avaliados, verifica-se que as maiores proporções de respostas ocorreram na região de escala da aceitação hedônica entre *gostei ligeiramente* e *gostei muito*.

Considerando o atributo hedônico aparência (Figura 34A), verifica-se que as maiores frequências de notas ocorreram na avaliação *gostei moderadamente*, com o

tratamento com adubação química recebendo a maior frequência de notas. Para os tratamentos T1, T2 e T5, 2% dos provadores avaliaram os frutos no atributo hedônico *desgostei muito* da aparência dos frutos de abacaxi.

Com relação ao odor (Figura 34B), o tratamento T2 foi o melhor avaliado, com 48% dos provadores avaliando os frutos na escala hedônica entre *gostei muito* e *gostei moderadamente*. No entanto, os frutos do tratamento T2, foram os que mais receberam rejeição, com 4% dos provadores avaliando os frutos no atributo hedônico *desgostei muito*. Do total de provadores, 44% *nem gostaram* e *nem desgostaram* do odor dos frutos do tratamento T5.

Figura 34 - Distribuição de frequência das respostas dos provadores (%) para a aceitação dos frutos de abacaxi vitória produzidos sob diferentes doses de vinhaça considerando os atributos hedônicos de aparência e odor

A distribuição de frequências das notas do atributo hedônico textura obteve maior proporção de respostas na escala hedônica de *gostei moderadamente*, com as avaliações de 42 e 46% para os tratamentos T1 e T2, respectivamente (Figura 35A). Verificou-se que estes tratamentos também receberão rejeição com avaliação *desgostei muito*, neste quesito os tratamentos T1 e T2 receberam avaliações de 6 e 4%, respectivamente. Analisando a frequência de distribuição do atributo hedônico impressão global, Figura 35B, verifica-se que os tratamentos que apresentaram maiores relação SS/ATT receberam melhores avaliações dos provadores, uma vez

que os consumidores do mercado interno dão preferência a frutos que apresentam uma maior relação SS/ATT.

Figura 35 - Distribuição de frequência das respostas dos provadores (%) para a aceitação dos frutos de abacaxi vitória produzidos sob diferentes doses de vinhaça considerando os atributos hedônicos de textura e impressão global

Na Figura 36 apresenta-se a distribuição de frequência para os atributos hedônicos sabor e aceitação dos frutos de abacaxi vitória produzidos sob diferentes doses de vinhaça.

Figura 36 - Distribuição de frequência das respostas dos provadores (%) para a aceitação dos frutos de abacaxi vitória produzidos sob diferentes doses de vinhaça considerando os atributos hedônicos de sabor e aceitação

Verifica-se na Figura 36A, que o tratamento T4 recebeu 32% de avaliações no atributo hedônico *gostei muito*, porém é importante destacar que com exceção do tratamento T3, todos os demais receberam boa avaliação. Considerando os atributos hedônicos entre *gostei muito* e *gostei moderadamente*, o tratamento T1 obteve 24 e 30%, respectivamente, da avaliação dos provedores nestes dois atributos. Analisando os resultados da Figura 36B, verifica-se que a maior aceitação foi pelos frutos do tratamento T1, enquanto que os frutos do tratamento T3 obtiveram maior rejeição pelos provadores. Possivelmente, a maior relação SS/ATT da polpa dos frutos do tratamento T1 contribuiu para suas maiores médias de aceitação sensorial quanto ao sabor, sugerindo que os valores da relação SS/ATT dos demais frutos devem estar próximos aos observados neste tratamento para que tenham uma boa aceitação do mercado interno. De acordo com Miguel et al. (2007), outras características também são relevantes ao consumidor brasileiro no ato da compra, como firmeza da polpa, tamanho, estado de conservação e defeitos dos frutos.

Os resultados deste trabalho de análise sensorial permitem inferir que os frutos da cultivar de abacaxi vitória fertirrigados com vinhaça se equiparam aos frutos comercialmente produzidos, uma vez que os provadores não verificaram a diferença entre os tratamentos. No entanto, vale ressaltar que a avaliação físico-química dos frutos apontou para uma melhor qualidade dos frutos quando submetidos às doses de vinhaça.

Em análise sensorial realizada com as cultivares de abacaxi Vitória, EC-93, Pérola e Gold, Berilli et al. (2011), a cultivar de abacaxi vitória, resistente à fusariose, possui bom potencial de comercialização, visto que apresentou intenção de compra e aceitação quanto à aparência do fruto, aroma, sabor, textura e impressão global similar ou superior às atribuídas às cultivares Pérola e Gold, já estabelecidas no mercado consumidor

5 CONCLUSÕES

- 1) O aumento das doses de vinhaça refletiu em aumento da CTC do solo e do teor de matéria orgânica, no entanto a retenção de água no solo diminuiu com o aumento das doses de vinhaça aplicadas.
- 2) A condutividade elétrica, o pH, o nitrato e o potássio aumentaram seus valores na solução do solo com o aumento das doses de vinhaça.
- 3) A altura das plantas, o número de folhas, o comprimento e largura da folha “D”, a área foliar e a matéria seca da parte aérea e raiz foram afetados positivamente pelo aumento das doses de vinhaça.
- 4) O peso dos frutos e a produtividade foram afetados negativamente pelas doses de vinhaça, no entanto os frutos produzidos com aplicação deste efluente apresentaram qualidades físico-químicas superiores.
- 5) Visando atender o mercado interno, recomenda-se a adoção da dose de vinhaça utilizada no tratamento T2, pois esta aumentou a relação SS/ATT e, considerando uma visão de mercado externo, a dose recomendada foi do tratamento T5, por ter diminuído esta relação.
- 6) Considerando uma condição de cultivo em casa de vegetação, a utilização da maior dose pode ser utilizada como disposição final da vinhaça. Mas é importante frisar que este volume de vinhaça somente apresentou esse comportamento por estar associado ao cultivo do abacaxizeiro em ambiente protegido, dessa forma, é preciso que sejam avaliados, de forma rigorosa, critérios para disposição final deste resíduo em outras condições de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C.M.P. **Alterações no escurecimento interno e na composição química do abacaxi cv. Smooth Cayenne durante seu amadurecimento com e sem refrigeração.** 1991. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.
- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura Brasileira.** São Paulo: FNP, 2009. 497p.
- ALMEIDA, O.A.; SOUZA, L.F.S, REINHARDT, D.H., CALDAS, R.C. (2002) Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro cv. Pérola em área de Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.431-435, ago. 2002.
- ANA. **Manual de Conservação e Reuso de Água na Agroindústria Sucroenergética.** Brasília, 2009. 294p.
- 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.** 2009. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.
- AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International.** 16th ed. Gaithersburg: AOAC, 1997. 771p.
- BARREIRO NETO, M.; SANTOS, E.S.; FRANCO, C.F.O.; LACERDA, J.T.; CARVALHO, R.A. Crescimento e mudas meristemáticas e filhotes de abacaxizeiro em viveiro. **Pesquisa Agropecuária Abacaxi**, João Pessoa, v.1, n.10, p.33-39, jun. 1998.
- BARROS, F.M.; MARTINEZ, M.A.; NEVES, J.C.L.; MATOS, A.T.; SILVA, D.D. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Suplemento, v.9, (Suplemento), p.47-51, 2005.
- BARROSO, P.A.V.; MOURA, G.E.D.D.; BRITO, L.K.F.; MARTINS, C.P.; MACEDO, C.E.C.; LOPES, D.B.; ALLOUFA, M.A.I. Efeito do cultivo in vitro na presença de NaCl em plantas de abacaxizeiro no estágio de aclimação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.473-477, Dez. 2003.
- BARTHOLOMEW, R.E.; PAUL, R.E.; ROHRBACH, K.G. **The pineapple: botany, production and uses.** London: CABI Publishing, 2003. 301p.
- BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura.** São Paulo: RIMA, 2003. 253p.
- BEBE, F.V.; ROLIM, M.M.; PEDROSA, E.M.R.; SILVA, G.B.; OLIVEIRA, V.S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.781–787, abr. 2009

BENGOZI, F.J. SAMPAIO, A.C.; SPOTO, M.H.F.; MISCHAN, M.M.; PALLAMIN, M.L. Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na CEAGESP – São Paulo. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.540-545, dez. 2007.

BERILLI, S.A.; ALMEIDA, S.B.; CARVALHO, A.J.C.; FREITAS, S.J.; BERILLI, A. P.C.G.; SANTOS, P.C. Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo in natura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n. especial, p.592-598, out. 2011.

BERTONCINI, E.I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, São Paulo, v.1, n.1, p.152-169, jun. 2008. Disponível em: <http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/t%26ia/T&IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_118.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2012.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: II. Crescimento e partição de matéria seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p.34-40, 2008.

BOTREL, N. **Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi Smooth Cayenne**. 1991. 81p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.

BOUYOUCUS, G.J.A. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. **Agronomy Journal**, Madison, v.43, n.9, p. 434-438, sep.1951.

BRADDOCK, D; DOWNS, P. Wastewater irrigation a strategy for increasing sugar cane production. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 24., 2001, Brisbane. **Abstracts...** Brisbane: MACKAY, 2001. p.171-173.

BRASIL. Portaria n. 323/78, de 29 de novembro de 1979. Proíbe o lançamento, direto ou indireto, do vinhoto em qualquer coleção hídrica, pelas destilarias de álcool. **Diário Oficial**, Brasília, 15 jun. 1978. Seção 1, p. 1062-1062.

BRASIL. Resolução n.0001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial**, Brasília, 17 de fev. 1986. Seção 1, p.2548-2549.

BRASIL. Resolução n.0002, de 05 de junho de 1984. Dispõe sobre a poluição causada pelos efluentes das destilarias de álcool. **Boletim de Serviço n.921**, Brasília, 20 de jul. 1984.

BRASIL. Resolução n.357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial**, Brasília, 18 de mar. 2005. Seção 1, p.58-63.

CABRAL, J.R.S. Caracterização e avaliação de cultivares de abacaxi. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.130, p. 14-16, 1985.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E.; SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhço e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.5, p.935-944, 2003.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C. L.(Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap.7, p.375-470.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam v.68, n.2, p.135-149, Aug. 2004.

CETESB. **Avaliação do Potencial Poluidor da Agroindústria Sucroalcooleira na 7ª Zona Hidrográfica do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1986. 88p.

CETESB. **Vinhaça**: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. São Paulo, 2006. 12p.

CHAVES, J.B.P.; SPROESSER, R.L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. 81p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CIOTTA, N.M.; BAYER, C.; FONTOURA, V.M.S.; ERNANI, R.P.; ALBUQUERQUE, A. J. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164, dez. 2003.

COELHO, R.I.; LOPES, J C.; CARVALHO, A.J.C.; AMARAL, J.A.T.; MATTA, F. P. Estado nutricional e características de crescimento do abacaxizeiro “Jupi” cultivado em latossolo amarelo distrófico em função da adubação com NPK. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1696-1701, dez. 2007.

COELHO, Y.S.; CUNHA, G.A. P. **Critérios de avaliação da maturação e qualidade de frutos, com ênfase para citros e abacaxi**. Cruz das Almas: EMBRAPA – CNPMF, 1982. 20p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar. Brasília: CONAB, 2013. 19p.

COSTA, J.P. **Fisiologia pós-colheita e qualidade de abacaxi ‘Golden’ produzidos na Paraíba**. 2009. 103p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

CRUZ, C.J.D.; PARRON, L.M.; ROCHA, A.L.A. Disponibilidade e mobilidade de íons em solução de solo sob cultura de cafeeiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9., 2008, Brasília. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA, 2008. p.283-289.

CUNHA, G.A.P. Teste preliminar sobre o controle da floração natural do abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.11, n.3, p.59-62, 1989.

CUNHA, G.A.P. Implantação da cultura. In: CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F. (Org.). **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa, 1999. cap.6, p.139-167.

CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S. Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F.S. **O abacaxizeiro: Cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa, 1999, cap.1, p. 17-52.

CUNHA; G.A.P.; CABRAL, J R.S.; MATOS, A.P.; CALDAS, R.C. Avaliação de genótipos de abacaxi resistentes à fusariose em Coração de Maria, Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas, v.19, n.3, p. 219-223, jul./set., 2007.

DANCER, W S.; PETERSON, L.A.; CHESTER, G. Ammonification and nitrification of N as influenced by soil pH and previous N treatments. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.37, n.1, p.67-69, 1973.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009. 367p.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L.(Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 8, p.551-594.

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de Água Residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.5, p.467–477, maio 2010.

FAO. **The state of food and agriculture**. Roma, 2011. 160p.

FARIA, D.C. **Desenvolvimento e produtividade do abacaxizeiro Smooth Cayenne em função da adubação nitrogenada e tipos de mudas no norte fluminense**. 2008. 67p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2008. 67p.

FEITOSA, H.O. **Crescimento e extração de nutrientes pelo abacaxizeiro cv. vitória sob doses crescentes de micronutrientes em dois tipos de coberturas do solo**. 2010. 108p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

FERREIRA, O.E.; BELTRÃO, N.E.M.; KONIG, A. Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.9, n.1/3, p.893-902, 2005.

FIDELES FILHO, J.; NOBREGA, J.; SOUSA, J. T.; DANTAS, J. P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.328-332, 2005.

FONSECA, A.F.; HERPIN, U; PAULA, A.M.; VICTORIA, R.L.; MELFI, A.J. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.64, n.2, p.194-209, Mar./Apr. 2007.

FRANCO, L.R.L. **Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro 'pérola' sob diferentes lâminas de irrigação por gotejamento**. 2010. 60p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2010.

FREITAS, N.C. **Crescimento e produção do abacaxizeiro Pérola, com mudas tipo filhote, em Dom Aquino-MT**. 2003. 90p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2003.

GARIGLIO, H.A.A. **Alterações físicas e químicas e mobilidade de solutos em solos submetidos à aplicação de vinhaça proveniente da fabricação de álcool carburante**. 2008. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2008.

GONÇALVES, N.B. (Org.). **Abacaxi pós-colheita**. Embrapa Agroindústria de Alimentos. Brasília: Embrapa, 2000. 45p.

GONZALO, D DP.; CASA GRANDE, J.C.; SOARES, M.R. Lixiviação de potássio em solos adubados com vinhaça. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.

HORTIBRASIL. **Programa Brasileiro de Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros – abacaxi**. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/folders/abacaxi.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2013.

IBGE. **Banco de dados agregados SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática**. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro: SIDRA, v.25 n.2 p.1, fev. 2012.

KAISER, D.R. **Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo**. 2006. 114p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa de cor**: controle e qualidade da percepção à instrumentação. Osaka: Konica Minolta. 1998. 59p.

KUMAR, A.R.; KUMAR, N. Sulfate of potash foliar spray effects on yield, quality and post-harvest life of banana. **Better Crops**, Bern, v.91, n.2, p.22-24, 2007.

LACOEUILHE, J.J. Cuidados com o fruto após a colheita. In.: Simpósio Brasileiro sobre Abacaxicultura, 1., 1982, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1982. p.217-234.

LIMA, C.J.G.S. **Manejo da fertirrigação no cultivo de roseiras em ambiente protegido**. 2013. 169p. Tese (Doutorado em Ciências, área de concentração: Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

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, jul./set. 2009.

MALÉZIEUX, E. Dry matter accumulation and yeld elaboration of pineapple in Cote d'Ivoire. **Acta Horticulture**, Wageningen, v.1, n.334, p.149-158, Oct. 1993.

MALÉZIEUX, E.; BARTHOLOMEW, D.P. Plant Nutrition. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAUL, R E.; ROHRBACH, K.G. **The Pineapple: Botany, Production and Uses**. CABI Publishing, New York. 2003. chap. 7, p.143-165.

MANICA, I. **Abacaxi: do plantio ao mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 122p.

MANTOVANI, A.; ERNANI, P.R.; SANGOI, L. A adição de superfosfato triplo e a percolação de nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n.2 p.887-895, 2007.

MARCHAL, J.; PINON, A.; TEISSON, C. Effects de la forme d'engrais potassiques sur la qualité de l'ananas en Côte d'Ivoire. **Fruits**, Paris, v.36, n.12, p.737-743, 1981.

MARINHO, F.J.L.; FERNANDES, P D.; GHEYI, H.R. Desenvolvimento inicial do abacaxizeiro, cv. Smooth Cayenne, sob diferentes condições de salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.1, p.1-5, 1998.

MARTINS, A.G.; VENEGAS, V.H.A.; VENTURA, J.A.; FERREIRA, J.S.J. Correlações entre características da folha D, no momento da indução floral, e características do fruto do abacaxi MD-2. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 30., 2008. Vitória, **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. 1 CD-ROM.

MATOS, A.T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, MG: AEAGRI. 2004. 132p.

MATOS, A.T.; LEMOS, A.F.; BARROS, F.M. Mobilidade de nitrato em solos de rampas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.12, n.1, p.57-65, 2004.

MATTIAZZO, M.E.; ANDRADE, C.A. Aplicabilidade do bio sólido em plantações florestais. Lixiviação de N inorgânico e toxicidade de metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa, 2000. p.203-213.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C L.; 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**, Campina Grande, v.9, n.4, p.603-612, out./dez. 2005

MELO, A.S.; NETTO, A.O.A.; NETO, J.D.; BRITO, M.E.B.; VIEGAS, P.R.A.; MAGALHAES, L.T.S.; FERNANDES, P.D. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.93-98, jan./fev. 2006.

MELO, B.; GALVÃO, S.R.A.A.; LOPES, P.S.N.; SILVA, A.P.P.; MARTINS, M.; SANTANA, J.G.; LUZ, M.Q. Doses de ethefon e comprimentos de folhas D sobre algumas características do abacaxizeiro, cv Smooth Cayenne no triângulo mineiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.1, p.7-13, 2007.

MIGUEL, A.C.A.; SPOTO, M.H.F.; ABRAHÃO, C.; SILVA, P.P M. Aplicação do método QFD na avaliação do perfil do consumidor de abacaxi pérola. **Ciência e Agrotécnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 563-569, mar./abr. 2007.

PINHEIRO NETO, L.G.P. **Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro fertirrigados com diferentes fontes e doses de nitrogênio e potássio**. 2009. 132p. Tese (Doutorado em Fitotecnia.Área de concentração em Manejo de Água e Solos) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2009.

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**, Viçosa, v.33, n.1, p.25-32, fev. 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.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; MORAES, S.O. Lixiviação de nitrato em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.171-180, 2001.

ORLANDO FILHO, J. Nutrição e adubação de cana-de-açúcar. **Brasil açucareiro**, Rio de Janeiro. v.8, n.1, p.10–16, 1977.

OTTMAN, M.J.; POPE, N.V. Nitrogen fertilizer movement in the soils as influenced by nitrogen rate and timing in irrigated wheat. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 64, p.1883-1892, 2000.

OWUSU-BENNOAH, E.; NUTSUKPO; ADU-AMANKWA, P.; AHENKORAH, Y. Effect of different levels of N:K₂O on the yield and quality of pineapple in the Forest-Savanna Ecotone of Ghana. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.29, n.425 p.45-51, Aug. 1996.

PAULA, J.M.M.C. **Florescimento, produção e qualidade do fruto do abacaxi cv. Pérola em função da idade da planta na indução floral**. 2002. 44p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, 2002.

PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; NOGUEIRA, F.D. Nutrição e adubação do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.1, n.19, p. 33-39, 1998.

PAULA, M.B.; HOLANDA, F.S.R.; MESQUITA, H.A.; CAFVALHO, V.D. Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1217–1222, jul. 1999.

PENHABEL, L.A.; PINTO, S.S. Vinhaça: Bio-fertirrigação e impacto ambiental. **Cognitio**, Lins, v.1, n.1, p.1-8, 2008.

PONCIANO, N.J.; CONSTANTINO, C.O.R.; SOUZA, P.M.; DETMANN, E. Avaliação econômica da produção de abacaxi (*Ananas cosmosus* L.) cultivar perola na região Norte Fluminense. **Caatinga**, Mossoró, v.19, n.1, p.82-91, 2006.

PORTO FILHO, F.Q.; MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; SOUSA, P.S.; DANTAS, D.C. Evolução da salinidade e pH de solo sob cultivo de melão irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.11, p.1130–1137, nov. 2011.

PY, C.; LACOEUILHE, J.J.; TEISSON, C. **L' Ananás: sa culture, ses produits**. Paris: Maisonneuve et Larose, 1984. 537p.

PY, C.; LACOEUILHE, J.J.; TEISSON, C. **The pineapple, cultivation and uses**. Paris: G. P. Maisonneuve & Larose, 1987. 568p.

QUEIROZ, F.M.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, R.A.; LEMOS, A.F. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.12, n.2, p.77-90, abr./jun. 2004.

QUEIROZ, F.M.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, R.A.; LEMOS, A.F. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.12, n.2, p.77-90, 2004.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

RAMOS, M.J.M.; MONNERAT, O.H.; PINHO, L.G.R.; CARVALHO, A.J.C. Qualidade sensorial dos frutos do abacaxizeiro imperial cultivado em deficiência com macronutrientes e de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.692-699, out. 2010.

RAZZAQUE, A.H.M.; HANAFI, M.M. Effect of potassium on growth, yield and quality of pineapple in tropical peat. **Fruits**, Paris, v.56, n.1, p.45-49, Jan. 2001.

REBOLLEDO-MARTINEZ, A.M.; MOSQUEDA-VAZQUEZ, R.; BECERRILA-ROMAM, A.E.; REBOLLEDO-MARTINEZ, L.; URZIZA-AVILA, D.E. Growth análisis of Smooth Cayenne pineapple grown under different fertilizer rates in Vera Cruz, México. **Acta Horticulture**, Wageningen, v.1, n.334, p.159-179, Oct. 1993.

REINHARDT, D.H. **Abacaxi**: Produção, pós-colheita e mercado. Fortaleza: FRUTAL/SINDIFRUTA, 2004. 139p.

REINHARDT, D.H.R.C. Produção e qualidade do abacaxi 'Pérola' em diferentes densidades de plantio e níveis de adubação NPK. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.4, p.399-404, 1980.

REINHARDT, D.H.R.C.; CUNHA, G.A.P. **Abacaxi produção**: aspectos técnicos. Brasília: SPI, 2000. 77p.

REINHARDT, D.H.R.C.; MEDINA, V.M. Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e Smooth Cayenne. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.3, p.435-447, mar. 1992.

REINHARDT, D.H. **Técnicas de produção e pós-colheita do abacaxi**. Fortaleza: FRUTAL/SINDIFRUTA, 2002. 72p.

REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F.S.; CABRAL, J.R.S. (Org.) **Abacaxi produção**: aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA, 2000. 76p.

RICHARDS, L.A. Methods for mounting porous plates used in soil moisture measurement. **Agronomy Journal**, Madison, v.41, n.10, p.489-490, 1954.

RODRIGUES, A.A. **Desenvolvimento e teores foliares de nutrientes dos cultivares de abacaxi Pérola, Smooth Cayenne e Imperial nas condições edafoclimáticas do Estado da Paraíba**. 2005. 102p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

RODRIGUES, A.A.; **Nutrição mineral, produção, qualidade e análise econômica do abacaxizeiro cv pérola em função das relações K/N**. 2009. 166p. Tese (Doutorado em Agronomia... Área de Concentração Agricultura Tropical) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

SAMPAIO, A.C.; FUMIS, T.F.; LEONEL, S. Crescimento vegetativo e características dos frutos de cinco cultivares de abacaxi na região de Bauru-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.3, p. 816-822, set. 2011.

SANTANA, L.L.A.; REINHARDT, D.H.; CUNHA, G.A.P.; CALDAS, R.C. Altas densidades de plantio na cultura do abacaxi cv. Smooth Cayenne, sob condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2 p.353-358, ago. 2001.

SANTOS, S.S.; SOARES, A.A.; MATOS, A.T.; MANTOVANI, E.C.; BATISTA, R. O. Efeitos da aplicação localizada de esgoto sanitário tratado nas Características químicas do solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.14 n.1, 32-38, já./mar. 2006.

SÃO PAULO. Lei n. 6.134, de 2 de junho de 1988. Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo e da outras providências. **Diário Oficial**, São Paulo, 03 jun. 1988. Seção 1, p.1.

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento**. 2002. 100p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**. Version 8.2. Cary, 2001. 1028p.

SIDERIS, C.P.; KRAUS, B.H. The growth of pineapple plants in complete water cultures with either ammonia or nitrate salts. **Crystal Growth**, Amsterdam, v.2, n.2, p.204-210, Sept. 1938.

SILVA, A.P. **Sistema para recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro**. 2006. 181p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L.(Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap.6, p. 275-374.

SILVA, J.P. **Qualidade de infrutescência de abacaxizeiro MD-2 cultivado sob diferentes relações K/N**. 2010. 100p. Dissertação (Mestre em Agronomia: Área de Concentração Agricultura Tropical) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

SIMAS, J.M.; NUSSIO, C.M.B. Reciclagem de nutrientes do esterco tendo em vista o controle da poluição do meio ambiente. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.383-394.

SOLER, A. **Ananas: Critères de qualité**. Paris: CIRAD-COLEACP, 1992. 48p.

SOUTO, R.F.; DURIGAN, J.F.; SOUZA, B.S.; DONADON, J.; MENEGUCCI, J.L. P. Conservação pós-colheita de abacaxi Pérola colhido no estágio de maturação pintado associando-se refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.24-28, abr. 2004.

SOUZA, C.B.; SILVA, B.B.; AZEVEDO, P.V. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v.11, n.2, 2007.

SOUZA, E.P. **Desenvolvimento, nutrição mineral, produção e qualidade de infrutescência do abacaxizeiro 'gold' em função das relações K/N**. 2010. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

SOUZA, L.F. Adubação In: REINHARDT, D.H, SOUZA, L.F.S.; CABRAL, J.R.S. (Org.) **Abacaxi – Produção**: Aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA, 2000. cap.10, p.30-34.

SOUZA, L.F.S. Exigências edáficas e nutricionais. In: CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F.S. **O abacaxizeiro, cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: EMBRAPA, 1999. cap. 3, p.67-82.

SPIRONELLO, A. Abacaxi. In DONADIO, L.C. **História da fruticultura paulista**. Jaboticabal: CATI, 2010. cap.3 p.61–82.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; TEIXEIRA, L.A.J.; FURLANI, P.R.; SIGRIST, J.M.M. Adubação NPK do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' na região Central Paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Lavras: UFLA, 1998. p.26-30.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A.; TEIXEIRA, L.A.J.; FURLANI, P. .; SIGRIST, J.M.M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.155-159, Apr. 2004.

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

RANDI, M.C; GREENBERG, A.E.; TARAS, M.J.; **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC: APHA, 1976. 1193p.

TEISSON, C. Développement et croissance de l' inflorescence d'Ananas comosus (cv. Cayenne Lisse). **Fruits**, Paris, v.28, n.6, p.433-439, 1973.

TEIXEIRA, L.A.J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P.R.; SIGRIST, J.M. M. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 219-224, abr. 2002.

VAN GENUTCHEN, M.T.; LEIJ, F.J.; YATES, S.R. **The RETC Code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils: version 1.0**. Riverside: USDA, 1991. 93p.

VASQUEZ, M.A.; FOLEGATTI, M.V.; DIAS, N.S.; SOUSA, V.F. Qualidade pós-colheita de frutos de meloeiro fertirrigado com diferentes doses de potássio e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.199-204, abr./jun. 2005.

VELOSO, C.A.C.; OEIRAS, A.H.L.; CARVALHO, E.J.M.; SOUZA, F.R.S. Response of pineapple to nitrogen, potassium and limestone in a yellow latosol in Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p. 396-402, ago. 2001.

VENTURA, A.J.; CABRAL, J.R.S.; MATOS, A.P.; COSTA, H. Vitória, cultivar de abacaxi resistente à fusariose. Vitória: Incaper, 2006. 1 folder.

VIANA, A.B. **Tratamento anaeróbio da vinhaça em reator UASB operado em temperatura na faixa termofílica (55°C) e submetido ao aumento progressivo de carga orgânica**. 2006. 102p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

VIANA, E.T.; BATISTA, M.A.; TORMENA, C.A.; COSTA, A.C.S.; INOUE, T.T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p.2105-2114, nov./dez. 2011.

WADT, L.C. **Cultivo de Pleurotus spp. Em vinhaça visando à produção de biomassa e exopolissacarídeos**. 2008. 72p. Dissertação (Mestrado em Biologia na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.25, n.4 p.719-734, Aug. 2002.

ZOLIN, C.A.; PAULINO, J.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; FOLEGATTI, M.V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. I. Características do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.1, p.22–28, 2011.

ANEXOS

ANEXO A – Ficha entregue aos provadores durante a análise sensorial realizada

Você está recebendo 5 amostras de abacaxi. Avalie as amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada uma delas.

7 – Gostei muito

6 – Gostei moderadamente

5 – Gostei ligeiramente

4 – Nem gostei, nem desgostei

3 – Desgostei ligeiramente

2 – Desgostei moderadamente

1 – Desgostei muito

Nºamostra	Aparência	Odor	Textura	Sabor	Impressão Global

COMENTÁRIO: _____