



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PRODUÇÃO VEGETAL E BIOPROCESSOS ASSOCIADOS**

**SISTEMAS DE MANEJO E VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NA
COMPOSIÇÃO DA VINHAÇA DE CACHAÇA DE ALAMBIQUE**

DANILO SIDNEY MATTOS

Araras

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PRODUÇÃO VEGETAL E BIOPROCESSOS ASSOCIADOS

SISTEMAS DE MANEJO E VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NA
COMPOSIÇÃO DA VINHAÇA DE CACHAÇA DE ALAMBIQUE

DANILO SIDNEY MATTOS

ORIENTADOR: PROFa. Dra. SANDRA REGINA CECCATO ANTONINI

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Produção
Vegetal e Bioprocessos Associados
como requisito parcial à obtenção do
título de MESTRE EM PRODUÇÃO
VEGETAL E BIOPROCESSOS
ASSOCIADOS

Araras

2017

MATTOS, DANILO SIDNEY

SISTEMAS DE MANEJO E VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR
NA COMPOSIÇÃO DA VINHAÇA DE CACHAÇA DE ALAMBIQUE /
DANILO SIDNEY MATTOS. -- 2017.

67 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus
Araras, Araras

Orientador: PROFa. Dra. SANDRA REGINA CECCATO ANTONINI

Banca examinadora: PROF. Dr. DOUGLAS ROBERTO BIZARI, PROF.
Dr. CHRISTIANN DAVIS TOSTA

Bibliografia

1. VINHAÇA DE CACHAÇA. 2. INFLUÊNCIA DE VARIEDADES DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM MANEJO ORGÂNICO E CONVENCIONAL. 3.
MACRO E MICRONUTRIENTES. I. Orientador. II. Universidade Federal de
São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados

Folha de Aprovação

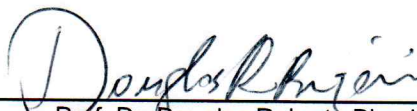
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Danilo Sidney Mattos, realizada em 27/04/2017:



Profa. Dra. Sandra Regina Ceccato Antonini
UFSCar



Prof. Dr. Christiann Davis Tosta
IFSP



Prof. Dr. Douglas Roberto Bizari
UFSCar

À Lúcia do Nascimento e Nilson Sidney Mattos (*in memoriam*),
meus pais e cúmplices durante toda minha vida, pela paciência
e desvelo com que tem apoiado todas as minhas missões,
o meu amor e carinho.

Aos meus irmãos,
Diego Sidney Mattos e Denner Sidney Mattos, jovens
empreendedores da tecnologia, que souberam compreender e dar
apoio incontestado a este projeto, sacrificando o nosso precioso tempo
de estarmos juntos.
Muito obrigado!

À Profa. Dra. Sandra Regina Ceccato Antonini,
orientadora e amiga, que através de seus conselhos e ajuda,
tornou factível a realização deste projeto.

“Não há nada em uma lagarta que diga que ela se tornará uma borboleta”

Buckminster Fuller

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas e entidades foram parceiras fundamentais para a conclusão do presente projeto, para as quais quero deixar meus agradecimentos.

- Primeiramente a Deus, que jamais colocou um obstáculo na minha vida maior que minha fé.

- Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar - *Campus Araras*, por ter facilitado e oferecido uma fantástica estrutura para realização do presente mestrado, juntamente com minha segunda graduação em Engenharia Agrônoma.

- Ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados, CCA-UFSCar, pela vanguarda nos conhecimentos biotecnológicos, em nome de todos os seus orientadores e, em especial, à competente Coordenação das Profas. Sandra Regina Ceccato Antonini e Monalisa Sampaio Carneiro, pelo zelo e desprendimento com que nos conduziram ao longo deste mestrado.

- Às secretárias da Pós-Graduação do CCA-UFSCar, Sirlene Lima e Teresa Cristina Roesler Ré (Cris), fantásticas funcionárias sempre solícitas nas dúvidas burocráticas e administrativas.

- Ao Engenheiro Dr. Ricardo Coeli Simões Coelho, por todo o aprendizado, parceria e amizade compartilhados, sendo importante salientar que é uma das pessoas com maior conhecimento agrônomo que já conheci.

- Ao Prof. Dr. Luiz Antonio Correia Margarido, responsável pelo Laboratório de Agricultura Orgânica do CCA-UFSCar, pela disponibilidade da estrutura para realização de experimento em campo, e pelas orientações importantes na

qualificação e por toda sua história agroecológica precursora visando o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, holística e produtiva no país.

- Ao Prof. Dr. José Carlos Casagrande, responsável pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do CCA-UFSCar, pela disponibilidades da estrutura para realização das análises laboratoriais e orientações importantes na qualificação, um grande exemplo de competência.

- Ao Prof. Dr. Hélio José Castilho, do Laboratório de Agricultura Orgânica do CCA-UFSCar, por sua inestimável ajuda nas análises estatísticas dos dados, companheirismo e amizade.

- Ao Prof. Dr. André Eduardo de Souza Belluco, pelo convite e incentivo para ingresso na Pós-Graduação.

- Aos técnicos do Laboratório de Fertilidade do solo do CCA-UFSCar, João Henrique do Nascimento e Silva e João Luiz Consoni, pela inestimável ajuda nas análises químicas.

- À Dona Editie Rosa da Silva, minha avó de coração, por todas as orações feitas para minha proteção e todo carinho para com a minha pessoa.

- À todos os familiares e amigos, que de certa forma pensaram e agiram de forma positiva para a concretização deste projeto.

Obrigado!

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	03
2.1 Geral.....	03
2.2 Específicos.....	03
3 REVISÃO DA LITERATURA	04
3.1 Cana-de-açúcar: manejos e variedades.....	04
3.2 Importância econômica da cachaça.....	08
3.3 Vinhaça.....	11
4 MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1 Cana-de-açúcar.....	14
4.2 Experimento no campo.....	14
4.3 Processamento da cana-de-açúcar.....	21
4.4 Análises da vinhaça.....	24
4.5 Análises estatísticas.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6 CONCLUSÕES	56
7 LITERATURA CITADA	57

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Atributos qualitativos das três variedades de cana-de-açúcar (RB-867515, RB-966928, RB-855453) utilizadas no experimento.....	09
Tabela 2. Análise inicial de fertilidade do solo onde foram montados os experimentos,profundidade 0-20 cm.....	15
Tabela 3. Caracterização química do fertilizante orgânico composto Visafértil® conforme descrição na embalagem do produto.....	18
Tabela 4. Análise de variância dos valores de pH das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	27
Tabela 5. Análise de variância dos valores de carbono das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	28
Tabela 6. Comparação de médias dos valores de carbono (kg/m ³) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	29
Tabela 7. Análise de variância dos valores de nitrogênio das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	31
Tabela 8. Análise de variância dos valores de relação C/N das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	33
Tabela 9. Análise de variância dos valores de fósforo das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	34
Tabela 10. Análise de variância dos valores de potássio das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	36

Tabela 11. Comparação de médias entre blocos dos valores de potássio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	37
Tabela 12. Comparação de médias para o fator Manejo dos valores de potássio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	38
Tabela 13. Análise de variância dos valores de cálcio das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	39
Tabela 14. Comparação de médias para o fator Manejo dos valores de cálcio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	40
Tabela 15. Comparação de médias para o fator Variedade dos valores de cálcio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	40
Tabela 16. Análise de variância dos valores de magnésio das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	42
Tabela 17. Comparação de médias dos valores de magnésio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	43
Tabela 18. Comparação de médias dos valores de magnésio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	43
Tabela 19. Análise de variância dos teores de enxofre das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	44

Tabela 20. Comparação de médias dos teores de enxofre (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	45
Tabela 21. Comparação de médias dos teores de enxofre (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	46
Tabela 22. Análise de variância dos teores de ferro das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	47
Tabela 23. Análise de variância dos teores de cobre das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	49
Tabela 24. Comparação de médias dos valores de Cobre (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	49
Tabela 25. Análise de variância dos teores de manganês das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	51
Tabela 26. Comparação de médias dos teores de manganês (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	52
Tabela 27. Análise de variância dos teores de zinco das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	53
Tabela 28. Comparação de médias dos valores de zinco (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	53
Tabela 29. Resumo dos resultados obtidos no presente trabalho em comparação com dados da literatura.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Croqui da distribuição dos tratamentos e repetições do experimento no campo.....	17
Figura 2. Embalagem do composto orgânico fertilizante Visafertil® utilizado no experimento.....	17
Figura 3. Aplicação de calcário dolomítico nas parcelas com tratamentos orgânico e convencional na área experimental.....	18
Figura 4. Corte manual da cana-de-açúcar na área experimental.....	20
Figura 5. Carregamento da cana-de-açúcar para transporte da área experimental para a área de processamento.....	20
Figura 6. Moagem da cana-de-açúcar na moenda de um terno (A) e decantação do caldo na saída da moenda (B).....	21
Figura 7. Dornas de fermentação utilizadas para a produção de cachaça.....	22
Figura 8. Destilador de cobre de três corpos utilizado para a destilação do mosto fermentado (A) e caldeira de aquecimento para o destilador (B).....	24
Figura 9. Valor médio e desvio-padrão do pH das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	27
Figura 10. Valor médio e desvio-padrão do teor de carbono (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	28
Figura 11. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de nitrogênio (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	30
Figura 12. Valor médio e desvio padrão da relação C/N presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	32

Figura 13. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de fósforo (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	34
Figura 14. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de potássio (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	36
Figura 15. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de cálcio (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	39
Figura 16. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de magnésio (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	42
Figura 17. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de enxofre (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	44
Figura 18. Valor médio e desvio-padrão do teor de ferro (ppm) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	47
Figura 19. Valor médio e desvio-padrão dos teores de cobre (ppm) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	48
Figura 20. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de manganês (ppm) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....	51

Figura 21. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de zinco (ppm) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.....

52

SISTEMAS DE MANEJO E VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NA COMPOSIÇÃO DA VINHAÇA DE CACHAÇA DE ALAMBIQUE

Autor: DANILO SIDNEY MATTOS

Orientador: PROFa. Dra. SANDRA REGINA CECCATO ANTONINI

RESUMO

A cadeia produtiva da cachaça é uma das mais promissoras no desenvolvimento agroindustrial do Brasil. A vinhaça é o resíduo principal da atividade produtiva, devido ao grande volume gerado. A dinâmica ambiental atual exige o reaproveitamento dos resíduos agroindustriais, mas essa utilização pode levar a situações de poluição ambiental quando os resíduos são mal manejados ou aplicados em quantidades excessivas. Além disso, há poucos trabalhos que avaliam a composição das vinhaças oriundas da produção de cachaça e sua adequabilidade à fertirrigação. Nesse contexto, o presente trabalho consistiu em avaliar a influência do manejo e da variedade de cana-de-açúcar sobre a composição da vinhaça de cachaça de alambique. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados e o experimento montado de forma fatorial 3x3, sendo os fatores constituídos de três variedades (RB867515, RB966928 e RB855453) e três manejos (orgânico, convencional e controle). O experimento teve quatro repetições para cada manejo e variedade, totalizando assim 9 tratamentos e 36 parcelas. As amostras de vinhaça de cachaça foram avaliadas quanto ao pH e aos teores de macro e micronutrientes (Carbono, Nitrogênio, Relação Carbono/Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Ferro, Cobre, Manganês e Zinco). Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de variância (ANOVA) e no caso de diferença significativa, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, utilizando-se o programa ASSISTAT. Houve efeito do manejo (orgânico e convencional) somente sobre três elementos da composição da vinhaça, C, K e Mg, sendo que os maiores teores se apresentaram na vinhaça advinda do manejo convencional. Quanto à variedade, houve efeito significativo somente em relação ao Ca e Mg, destacando-se a variedade RB867515 para Ca, e RB855453 para Mg. Concluiu-se que o manejo e a variedade de cana-de-açúcar tiveram pouca influência sobre a composição da vinhaça de cachaça de alambique, estando esta mais sujeita às condições em que foram realizadas especialmente as destilações do mosto fermentado para obtenção da bebida. As vinhaças obtidas no presente trabalho, considerando-se os valores médios independentemente do manejo e variedade, apresentaram composição rica em macronutrientes e micronutrientes quando comparadas com as composições de vinhaça de cachaça e de destilaria encontradas na literatura, destacando-se N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e Cu.

Palavras-chave: Cachaça, Vinhaça, Macro e Micronutrientes.

SUGARCANE MANagements AND VARIETIES ON THE COMPOSITION OF THE ALEMBIC CACHAÇA VINASSE

Author: DANILO SIDNEY MATTOS

Adviser: Prof Dr SANDRA REGINA CECCATO ANTONINI

ABSTRACT

The productive chain of the alembic cachaca is one of the most promising in the developing agroindustry in Brazil. The vinasse is the main waste of the productive activity, due to the large volume generated. The environmental dynamics demands the reuse of industrial wastes, but such use may lead to situations of environmental pollution when the wastes are poorly handled or applied in excessive amounts. In addition, there are a few studies that evaluate the composition of vinasses derived from the production of cachaça and its suitability to the fertigation. In this context, the present work aimed to evaluate the influence of the sugarcane management and variety on the composition of the vinasse from alembic cachaça. A randomized block design was utilized in a factorial 3X3, with three varieties (RB867515, RB966928 and RB855453) and three cane managements (conventional, organic and control). The experiment had four repetitions for each management and variety, with 9 treatments and 36 parcels in the totality. The samples of vinasse were evaluated for pH and concentrations of macronutrients and micronutrients (Carbon, Nitrogen, Carbon/Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, Magnesium, Sulfur, Iron, Copper, Manganese and Zinc). The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) and when differences were significant, Tukey's test was applied by using Assistat program. There was significant effect of the management (organic and conventional) only on three elements of the vinasse composition, C, K and Mg, the highest concentrations were observed in the vinasse coming from conventional cane management. Regarding cane variety, there was significant effect only on Ca and Mg in the variety RB867515 and RB855453, respectively. The conclusion is that the sugarcane management and the variety had a little influence on the vinasse composition from alembic cachaça. The vinasse composition varied more in accordance with the conditions of distillation of the fermented must for the production of cachaça. The vinasses obtained in the present work, regardless the cane management and variety, presented composition rich in macronutrients and micronutrients when compared to the cachaça or ethanol vinasse compositions reported in literature, featuring N, P, K, Ca, Mg, S, Fe and Cu.

Keywords: Cachaça, Vinasse, Macronutrients, Micronutrients.

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira total de cana-de-açúcar destinada à atividade sucroenergética na safra 2016/17 foi de 694,54 milhões de toneladas, com acréscimo de 4,4% em relação à safra 2015/16. A produtividade estimada da safra atual é de 76.232 kg/ha e a área a ser colhida destinada à atividade sucroalcooleira será de aproximadamente 9.110,9 mil hectares, sendo 5,3% superior à safra anterior (cerca de 456,1 mil hectares a mais), considerada a maior área já colhida da história no Brasil (CONAB, 2017).

Dentre os produtos da cana-de-açúcar, a cachaça se destaca como uma atividade promissora e com grande agregação de valor. Concomitantemente com a produção de açúcar, a produção de cachaça se desenvolveu inicialmente nas partes litorâneas do país e expandindo em seguida para todo o território nacional (CASCUDO, 2006). Segundo o SEBRAE-MG (2001), os empreendimentos de produção de cachaça de alambique estão situados na zona rural, uma vez que requerem relevante área para o plantio da cana, tornando-se necessária a instalação do empreendimento próximo ao curso d'água de modo a captar o volume de água necessário no processo, bem como a destinação dos efluentes no mesmo, agravando ainda mais os impactos sobre este recurso.

Ao caldo extraído da cana-de-açúcar através das moendas e denominado “garapa”, em processo natural de fermentação e posteriormente destilado, foi

atribuído o nome de cachaça (CASCUDO, 1983). O processo fermentativo ocorre naturalmente por micro-organismos presentes no ambiente ou por inóculo comercial, constituído principalmente de leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, as quais através de enzimas transformam os açúcares presentes no mosto em etanol, gás carbônico, glicerol e outros compostos (CECCATO-ANTONINI, 2010).

Cachaça é a denominação típica e exclusiva para aguardente de cana produzida no Brasil possuindo graduação alcoólica de 38 a 48% em volume, a 20°C, com características sensoriais peculiares podendo ser adicionada de açúcares até 6 gramas por litro (BRASIL, 2005).

Apesar de todo o contexto histórico, cultural e econômico que a cachaça apresenta, sua produção está vinculada à diversos problemas ambientais no que se refere aos efluentes e resíduos, podendo ser citada principalmente a vinhaça como fator de maior preocupação ambiental. Seu lançamento indiscriminado para a fertilização do solo evita o descarte desse resíduo em rios, porém se mal manejado na fertirrigação pode contaminar os reservatórios aquáticos subterrâneos (SILVA, 2009).

A vinhaça é um subproduto da destilação da cachaça, tendo composição aproximadamente de 97% de água. O teor de sólidos é composto basicamente de matéria orgânica e elementos minerais, os quais são nutrientes para as plantas, o potássio representando aproximadamente 20% dos elementos presentes. A composição da vinhaça pode ser bastante diversa, devido a vários fatores como a composição da matéria prima, material utilizado no preparo do mosto, tipo de processo fermentativo, condução da fermentação alcoólica, linhagem da levedura, tipo de aparato e processo destilatório (España-Gamboa et al., 2011).

Por causa do grande volume produzido e do seu potencial uso na fertirrigação dos canaviais, a vinhaça resultante da fermentação alcoólica para produção de etanol combustível é mais conhecida e estudada quanto à sua composição. A vinhaça de alambique, que é gerada após a destilação do mosto para obtenção da cachaça, ainda carece de mais estudos a fim de avaliar a potencialidade de seu emprego na fertirrigação, e nesse contexto, estudar a sua composição é de extrema importância.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a influência dos manejos e variedades de cana-de-açúcar sobre a composição físico-química da vinhaça proveniente da produção de cachaça visando a sua aplicação na fertirrigação.

2.2 Específicos

- Avaliar a influência dos manejos orgânico e convencional sobre a composição de macronutrientes e micronutrientes da vinhaça de alambique;
- Avaliar a influência das variedades de cana-de-açúcar (RB 867515, RB 966928 e RB 855453) sobre a composição de macronutrientes e micronutrientes da vinhaça de alambique.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Cana-de-açúcar: manejos e variedades

A revolução verde fortaleceu a agricultura convencional na década de setenta, quando a disseminação de novas sementes e práticas agrícolas alterou o manejo para a produção dos alimentos. O termo Agricultura Convencional é atribuído ao modo de produção agrícola que faz uso intensivo de fertilizantes químicos ou agroquímicos, antigamente denominados agrotóxicos e atualmente chamados de fitossanitários, e variedades selecionadas geneticamente para altos rendimentos. Com o foco na produtividade máxima do sistema, ocorrem certos desequilíbrios ambientais como a degradação dos solos e cursos da água alterando também o ciclo natural das pragas e doenças da cultura e seus inimigos naturais (GLIESSMAN, 2009).

O objetivo da revolução verde era a produção de mais alimentos a partir da mesma área plantada e que os países desenvolvidos economicamente transferissem novas técnicas de agricultura para países subdesenvolvidos economicamente, assim fomentando o crescimento na produção agrícola (PASCHOAL, 1994). Essa revolução foi marcada pela industrialização da agricultura, práticas de monocultura, e alto nível de mecanização. As práticas de monocultura resultaram em aumento da produtividade, mas por serem sistemas ecológicos muito

simplificados, tornaram-se instáveis, suscetíveis a pragas, doenças e ervas daninhas (PASCHOAL, 1994). A utilização excessiva dos insumos industriais na agricultura convencional repercutiu na eliminação dos inimigos naturais das pragas, ervas daninhas e doenças, contribuindo para a desestruturação ao equilíbrio ambiental, tornando-o mais instável e desequilibrado (PRIMAVESI, 2001).

Segundo Trivellato e Freitas (2003), há crescente interesse por agrossistemas sustentáveis através de técnicas que implicam em qualidade e alto rendimento das culturas, tornando os agrossistemas equilibrados ecologicamente com o decorrer do tempo. Dessa forma, surge o interesse pelo manejo orgânico, o qual busca criar campos agrícolas mais equilibrados, preservar a biodiversidade, os ciclos e as atividades biológicas do solo. Esta é a razão pela qual o agricultor orgânico não cultiva produtos transgênicos, pois essas variedades modificadas geneticamente podem alterar a diversidade de variedades que existem na natureza.

Na Europa, áreas acima de 10% são administradas organicamente em países como a Letônia com 28,9%, Áustria com 15,9%, Suíça com 11,1% e Suécia com 10,8%. A Europa, no ano de 2008, aumentou em 0,5 milhão de hectares as áreas administradas organicamente e o mercado movimentou € 18 milhões (IFOAM, 2010). No mundo, aproximadamente 35 milhões de hectares são manejados de forma orgânica e a quantidade de produtores orgânicos chegou a 1,4 milhões, com o mercado movimentando aproximadamente US\$ 50,9 bilhões. Os maiores consumidores dos produtos orgânicos são a América do Norte e Europa, compreendendo 97% das comercializações (IFOAM, 2010).

A participação da agricultura orgânica no Brasil na safra de 2016 foi de 1,3%, ou seja, uma participação de 750 mil hectares no total de 58.481.634 hectares. Apesar da baixa representatividade total, houve aumento de mais de 50% no período inicial de 2014 para o início de 2015 (PBDCA, 2015).

Quanto à cana-de-açúcar, Matsuoka et al. (2002) afirmam que a produção orgânica é um modo produtivo com alta viabilidade técnica e econômica, pois são obtidas produtividades agrícolas semelhantes às obtidas com adubação mineral. No cultivo orgânico da cana-de-açúcar não é permitido o uso de fertilizantes sintéticos altamente solúveis e também o uso de agroquímicos defensivos. A adubação é feita apenas com adubos orgânicos e os pós de rocha também são permitidos. Os fertilizantes orgânicos usados nos sistemas de cultivo orgânico são importantes para a sustentabilidade do sistema e tem menor potencial poluidor.

O cultivo orgânico da cana-de-açúcar é ínfimo, totalizando aproximadamente 0,5% da área total cultivada com a cultura (IBGE, 2016). A produção de cana orgânica é objeto de interesse devido ao alto valor agregado de seus produtos, principalmente no mercado externo como o açúcar mascavo e cristalizado orgânico (MATSUOKA et al., 2002). Essa valorização também deverá ocorrer para a cachaça orgânica já que esse tipo de produto é ainda feito de forma artesanal e em pequena escala, assim não tendo um estudo sobre valores comparados à cachaça convencional. O açúcar produzido organicamente, seja do tipo cristalizado obtido em usinas, seja do tipo mascavo oriundo de empresas de médio porte ou pequenas empresas familiares tem tido uma grande aceitação (DELGADO; DELGADO, 1999).

Um dos fatores que pode afetar a produtividade da cana-de-açúcar em manejo convencional ou orgânico é a variedade de cana utilizada. De acordo com Sales et al. (2016), a sustentabilidade do setor sucroalcooleiro e seus derivados está intrinsecamente ligada ao conhecimento das variedades de cana-de-açúcar. As variações nos aspectos qualitativos das variedades de cana-de-açúcar podem ser grandes entre si (GOODING, 1982), assim diversos programas de melhoramento genético, com destaque para a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético, RIDESA, a qual é composta por um convênio entre dez universidades federais (UFPR, UFSCar, UFV, UFRRJ, UFS, UFAL, UFRPE, UFG, UFMT e UFPI) tem pesquisado intensivamente novas variedades, conhecidas pela sigla RB (RIDESA, 2010). Essas universidades criam clones em seus respectivos estados a partir da semente produzida pela UFAL e anualmente os melhores clones selecionados em cada universidade são enviados para as outras, o que permite incrementar o número de clones a serem avaliados na rede de experimentos estabelecidos por cada universidade em seu respectivo estado (RIDESA, 2010).

As variedades RB de cana-de-açúcar corresponderam a 69% da área de plantio na safra 2014/2015, na avaliação em 121 usinas de São Paulo e Mato Grosso do Sul, sendo que a área plantada com cana nova ou em renovação atingiu 506 mil hectares em 2014. Na segunda colocação, ficaram as variedades CTC, do Centro de Tecnologia Canavieira, com 15%, e as variedades SP desenvolvidas pelos centros de pesquisas do governo paulista, com 11% (NOVACANA, 2014).

Na safra 2014/2015, a variedade mais cultivada dentre todas foi a RB867515, com 22,4% do plantio em novas áreas e lavouras renovadas, e representou 27,3% de todo o canavial avaliado no censo da RIDESA com mais de 1 milhão de hectares.

A segunda variedade mais cultivada foi a RB966928 nesse período (NOVACANA, 2014). Na safra 2015/2016, a variedade mais plantada foi a RB966928 com 17,3%, e em segunda colocação ficou a RB867515 com 16,7%. Com relação à área total, a primeira colocada foi a RB867515 com 26% e em segunda colocação a RB966928 com 9,7% (CANA ONLINE, 2015).

As primeiras variedades RB transgênicas serão apresentadas nos próximos anos, em projetos feitos em parceria com a multinacional Dupont. As duas variedades mais plantadas, RB867515 e RB966928, já foram transformadas em transgênicas com resistência ao glifosato e à *Diatraea*, a broca da cana, e aguardam a liberação dos órgãos reguladores (NOVACANA, 2014).

Os critérios para a escolha das variedades levam em consideração características agrônômicas importantes como resistência a doenças, alta capacidade de brotação, fechamento das 'ruas' e a elevada produtividade. Essas características geneticamente selecionadas possibilitam melhor desempenho no manejo orgânico, aumentando a cobertura do solo e evitando a concorrência por água, luz e nutrientes com as plantas infestantes (RIDESA, 2010).

A determinação da variedade de cana-de-açúcar é um dos fatores principais para uma boa produtividade, já que a interação planta e ambiente é determinante para o sucesso financeiro na lavoura. A escolha inadequada da variedade para uma determinada região poderá acentuar os efeitos de tombamento, ocorrência de pragas e doenças, afetando drasticamente a produtividade (COELHO, 2016). No presente trabalho, foram escolhidas três variedades, cujas características estão descritas a seguir (RIDESA, 2010):

VARIEDADE RB855453 – Rápido desenvolvimento e colmos arroxeados ao sol, entrenós curtos, com muita cera. Tem despalha média e gemas pouco salientes. Apresenta teor de sacarose muito alto, colheita entre maio e julho e alta restrição com relação às exigências ambientais. Recomenda-se não plantar como cana-de-ano e colocá-la em ambientes favoráveis.

VARIEDADE RB867515 – Apresenta hábito de crescimento ereto e despalha fácil. O perfilhamento é médio com colmos de diâmetro médio e alta uniformidade. Os colmos possuem entrenós cilíndricos, de cor verde arroxeadada sob a palha, e roxo intenso quando expostos ao sol. Essa variedade pode ser opção para corte em áreas de vinhaça com aplicações de maturadores e com teor de fibra relativamente

alto. Atende a demanda em canaviais com solos de baixa fertilidade, solos arenosos e com restrições hídricas.

VARIEDADE RB966928 – A alta produtividade agrícola juntamente ao médio teor de sacarose dá grande destaque para essa variedade que apresenta sanidade elevada para diversas doenças e excelente brotação, tem sua maturação precoce a média. É indicada para cultivo em ambientes de médio a alto potencial, já que em ambientes mais restritivos apresenta afinamento de colmos em soqueira (CANA ONLINE, 2015).

Os atributos qualitativos das três variedades acima estão detalhados na Tabela 1.

Assim há o interesse em conhecer a influência do manejo da cana-de-açúcar e das diferentes variedades de cana sobre os produtos obtidos bem como caracterizar os resíduos e subprodutos. Desta forma, vários fatores, como sistema de produção, qualidade da cana, tipo de manejo, além das condições ambientais, são de extrema relevância para recomendações eficazes e que atendam as expectativas dos produtores e consumidores.

3.2 Importância econômica da cachaça

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil começou logo no início da história do país, concomitante com a colonização, quando os portugueses trouxeram as primeiras mudas. Devido ao sucesso da cultura no país com clima favorável, a produção de açúcar começou inicialmente no litoral e posteriormente expandiu para o interior. Paralelamente ao desenvolvimento produtivo do açúcar, a cachaça também se desenvolveu em quase todas as regiões brasileiras (BIZELLI et al., 2000).

A cachaça é uma bebida naturalmente valorizada devido às diversas lendas e mitos acerca do seu surgimento e também do seu modo produtivo, assim o folclore de certa forma torna o produto ainda mais valioso (CAETANO, 2008).

De acordo com Moraes (2001), os primeiros documentos oficiais da construção de um engenho datam de 1532 em São Vicente, SP, com recursos de Duarte Coelho e Martin Afonso de Souza. Segundo Melo (2011), a origem da cachaça no Brasil se confunde com o início da fabricação de açúcar desde o ano de 1516, na ilha de Itamaracá, Pernambuco.

Tabela 1. Atributos qualitativos das três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966928 e RB855453) utilizadas nos experimentos.

Atributo	Variedade de cana-de-açúcar		
	RB867515	RB966928	RB855453
Produtividade agrícola	Alta	Alta	Alta
Colheita	Julho – Setembro	Abril – Maio	Maio – Julho
PUI ¹	Médio	Médio	Curto
Teor de sacarose	Alto	Médio	Muito alto
Perfilhamento cana planta	Médio	Alto	Médio
Perfilhamento cana soca	Médio	Alto	Médio
Brotação da soca	Boa	Boa	Ótima
Fechamento entre linhas	Bom	Bom	Bom
Velocidade de crescimento	Rápido	Rápido	Regular
Porte	Alto	Médio	Médio
Hábito de crescimento	Ereto	Semi-decumbente	Ereto
Tombamento	Eventual	Eventual	Raro
Florescimento	Eventual	Raro	Frequente
Choçamento	Médio	Ausente	Médio
Maturação	Média – Tardia	Precoce	Precoce
Despalha	Média	Fácil	Normal
Exigência em ambientes	Média restrição	Média restrição	Alta restrição
Teor de fibra	Médio	Médio	Médio
Doença Carvão	Tolerante	Tolerante	Resistente
Doença Ferrugem marrom	Resistente	Tolerante	Resistente
Doença Escaldadura	Tolerante	Tolerante	Resistente
Doença Mosaico	Tolerante	Tolerante	Resistente

¹ Período de Utilização Industrial

Fonte: APOLARI (2015), modificado

A primeira produção de aguardente de cana-de-açúcar data oficialmente de 1536, e desde a fabricação vem sendo continuamente aperfeiçoada apresentando crescimento no mercado internacional. A bebida ocupa o volume de 50% dos segmentos de destilados no Brasil, e segundo colocado como maior mercado de bebidas alcoólicas, ficando abaixo somente da cerveja, que é uma bebida fermentada (ABRABE, 2015).

Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% a 48% v/v, a 20°C, obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g/L, expressos em sacarose (BRASIL, 2005).

Devido ao aumento do consumo da bebida e a busca pela produção em escala industrial, surge o processo de produção de coluna da cachaça, em contraposição à cachaça de alambique ou artesanal. A cachaça de alambique é produzida em alambiques de cobre com produção limitada a poucos litros por dia. Os produtores normalmente tem pequenas plantações e sem queima de cana, sendo o caldo de cana fermentado de forma lenta e controlada. A utilização de alambique de cobre resulta em uma cachaça sensorialmente mais rica em aromas. Em seguida à destilação, pode ocorrer o envelhecimento em tonéis de madeiras, cuja prática modifica a qualidade química e sensorial da bebida, tornando-a um produto diferenciado da cachaça de coluna, industrial (MIDDAS, 2015).

A capacidade produtiva do Brasil dá posição de destaque para a cachaça como terceiro destilado mais consumido no mundo, com 1,4 bilhões de litros produzidos anualmente (IBGE, 2016). De acordo com o IBRAC (2015), são mais de 40 mil produtores de cachaça espalhados por todas as regiões do país e apenas 1% da produção é exportada, sendo então consumida quase em sua totalidade em território nacional.

A aguardente de cana, produzida em todas as regiões do país, faz com que a bebida seja diferenciada pelos métodos de produção, pelas características culturais e históricas de cada região. O estado de São Paulo lidera a produção industrial da cachaça e Minas Gerais se destaca como o principal produtor artesanal. No país aproximadamente apenas 25% da produção total de aguardente de cana-de-açúcar é realizada em alambiques onde tem maior valor agregado e o restante dos 75% são feitos em colunas de destilação (BERNARDES et al., 2014).

Analisando a cadeia produtiva em âmbito nacional, o mercado representa mais de R\$ 7 bilhões/ano. Assim, a indústria da cachaça brasileira atualmente conta com 4 mil marcas comerciais, sendo pequenos produtores em sua quase totalidade, tendo estimativa aproximada de 98% composta por pequenos e microempresários. O mercado da cachaça então gera mais de 600 mil postos de empregos diretos e indiretos em todas regiões do país (PBDCA, 2015).

O grande gargalo do setor é a exportação, que devido as adequações às normas internacionais de qualidade por poucas empresas do setor, gera divisas aproximadas de R\$ 13 milhões, sendo a Alemanha o maior consumidor mundial com aproximadamente 20% do total exportado (PBDCA, 2015).

A cachaça orgânica, fruto da produção orgânica de cana-de-açúcar ainda não está totalmente estabelecida, sendo que a área cultivada organicamente é menor que 1% da área total (APOLARI, 2009). Segundo Margarido et al (2005), a cachaça orgânica valoriza o produto final agregando valor e sendo uma opção de aumento na receita dos pequenos produtores sem aumento considerável dos custos.

3.3 Vinhaça

A grande limitação ligada ao setor sucroalcooleiro e também para a produção industrial de cachaça é a produção de grande quantidade de resíduos gerados no final do processo de fermentação e destilação. A vinhaça é o resíduo gerado em maior quantidade, oriundo da destilação do mosto fermentado. A produção de cachaça pode gerar quantidades variadas de vinhaça por batelada, mas estima-se que são gerados aproximadamente de 8 – 15 litros de vinhaça na produção de etanol combustível (FREIRE; CORTEZ, 2000), o qual se assemelha à produção de vinhaça de cachaça.

Fazendo uma estimativa com base na produção brasileira de etanol em 2013 (MME, 2015), e considerando o volume médio de produção de vinhaça de 8 litros de vinhaça por litro de álcool, tem-se uma produção de mais de 200 bilhões de litros deste resíduo, anualmente, no país.

Desde o início do século XX, em meados de 1910, houve grande preocupação em controlar a ação poluidora da vinhaça em corpos aquáticos (ALMEIDA, 1952), mas a proibição do descarte de vinhaça nos rios, lagoas e baixios foi determinada em 1967, através do Decreto-Lei N° 303. Assim o problema sobre a disposição da vinhaça foi amenizado no Brasil e, em 1988, foram criadas novas regras sobre a preservação dos aquíferos naturais subterrâneos (Lei n° 6.171). Hoje em dia, por consequência do volume do efluente disposto no solo, o Estado de São Paulo tem sido pioneiro na utilização de critérios e procedimentos para controle da vinhaça em áreas agrícolas, seguindo a Norma Técnica P4.231 da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006).

A vinhaça é normalmente de coloração marrom escura, levemente ácida e com teor de 2 a 6% de constituintes sólidos, contendo quantidade considerável de potássio, cálcio e magnésio. Entretanto, sua composição pode variar com as diferentes composições de vinho (mosto fermentado), em função da composição da matéria prima e outros fatores como o sistema utilizado na confecção do mosto e métodos fermentativos adotados, tipos de aparelhos destilatórios, velocidades de destilação, e tipo de separador de flegma, entre outros fatores (SILVA; ORLANDO FILHO, 1981; ESPAÑA-GAMBOA et al., 2011).

A vinhaça ocasionou diversos problemas ambientais devido ao descarte sem tratamento em corpos hídricos (SATYAWALI; BALAKRISHANAN, 2008). A vinhaça era habitualmente descartada em mananciais superficiais, entre alguns exemplos estão ribeirões, represas e rios próximos das destilarias, onde propiciou um desequilíbrio no ciclo natural da microbiota formadora de plâncton (ALMEIDA, 1952; FERREIRA, 2009). A poluição imposta pela vinhaça pode ser comparada à do esgoto doméstico, mas devido à sua alta carga orgânica é até cem vezes mais danosa. Os elementos nitrogênio, fósforo e potássio oferecem efeitos nocivos aos corpos hídricos ocorrendo a desoxigenação das águas, devido à elevada demanda química (DQO) e bioquímica (DBO) de oxigênio da vinhaça (SILVA et al., 2007).

Uma vez que a vinhaça resiste à maioria dos tratamentos normalmente empregados com outros resíduos industriais, a pressão sobre produtores de cachaça e principalmente de álcool levou ao desenvolvimento de novos tratamentos e alternativas para o seu descarte de maneira sustentável (FERREIRA et al., 2011). Segundo Granato (2003) e Laime et al. (2011), as alternativas mais indicadas para o descarte ou aproveitamento da vinhaça são: a concentração do resíduo, adição na ração animal, fabricação de tijolos, vinhodutos marítimos, geração de biogás (biodigestão anaeróbia), incineração, combustão, produção de leveduras e fertirrigação em solos agrícolas. Entre as diversas opções, a utilização na fertirrigação é considerada a melhor forma de reduzir a poluição ambiental, uma vez que todo o resíduo formado é devolvido à cultura, onde fertiliza solos agrícolas (OLIVEIRA et al., 2009; CHRISTOFOLETTI et al., 2013) e evita que a vinhaça seja descartada nos rios (COPERSUCAR, 1978; LAIME et al., 2011).

Entretanto, para realizar a disposição em solos agrícolas de maneira consciente, a norma técnica P4.231 (CETESB, 2006) determina que a dosagem de aplicação para o enriquecimento dos solos deve ser calculada considerando-se a

capacidade de troca catiônica do solo, a concentração de potássio (no solo e vinhaça) e a extração média desse elemento pela cultura de cana, em cada ciclo. Estes critérios, principalmente baseados em características químicas dos solos e vinhaças, tem o objetivo de prevenir desequilíbrio de nutrientes, saturação de sais no solo e lixiviações para águas subterrâneas (RIBEIRO et al., 2010). Estes critérios podem ainda proteger algumas propriedades físicas do solo, pois se sabe que a aplicação deste efluente também tem consequências sobre a estabilidade de agregados do solo, entre outros parâmetros, os quais estão ligados às altas concentrações de sais que causam dispersão de argila (FERREIRA; MONTEIRO, 1987; TEJADA et al., 2007; LEAL et al., 2009).

De certa forma, a vinhaça de alambique contém altas concentrações de material orgânico, potássio, ferro e pequenas porções de outros macros e micronutrientes. Portanto, sua utilização ajuda a repor os elementos essenciais para as plantas. Entretanto, devido à grande variação na composição das diferentes vinhaças produzidas, há dúvidas sobre a dose da vinhaça de alambique necessária para a substituição parcial ou total da adubação química na lavoura de cana. Estudos mostram que a aplicação de vinhaça proveniente de alambique com e sem complementação de nitrogênio proporciona maior rendimento de colmo quando comparado com a cana sem aplicação de vinhaça (OLIVEIRA et al., 2009).

Há poucos e esparsos estudos sobre a caracterização físico-química da vinhaça de alambique e se há influência da variedade de cana-de-açúcar e do manejo da cultura sobre as características desse resíduo, visando a sua aplicação na agricultura. Neste sentido, o presente trabalho pretende contribuir, avaliando o efeito da variedade de cana e do manejo da cultura sobre a composição da vinhaça de cachaça de alambique.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Cana-de-açúcar

As plantas de cana-de-açúcar foram fornecidas pelo PMGCA - Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da UFSCar – *Campus* de Araras pertencente à RIDESA. As variedades utilizadas foram RB867515, RB966928 e RB855453.

4.2 Experimento no campo

O experimento foi realizado no campo experimental próximo ao LAO (Laboratório de Agricultura Orgânica) na UFSCar – *Campus* de Araras/SP, durante os anos de 2015 e 2016. O campo experimental e os laboratórios onde foram realizadas as análises localizam-se no município de Araras, no centro do estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas: 640 metros de altitude, Latitude: 22° 21' 25" Sul e Longitude: 47° 23' 03" Oeste de Greenwich.

A área útil do experimento foi de 0,32 hectares ou 3200 m², com relevo em declive suave. O clima é definido segundo Köppen como Cwa, mesotérmico, com invernos secos e verões quentes e úmidos. A temperatura média no período do experimento foi de 21,6°C e a precipitação anual de 2.116 mm. O solo é classificado como Latossolo vermelho-escuro (EMBRAPA-CNPS, 2006).

A área experimental ficou em pousio por um ano, onde foram realizadas apenas gradagens para controle de plantas daninhas e incorporação do material orgânico ao solo. Este repouso da área atende as normas vigentes para agricultura orgânica (Margarido, L.A.C., comunicação pessoal).

Foi realizada amostragem de solo em fevereiro de 2014 para análise química de fertilidade, na profundidade de 0-20 cm. Esta amostra foi enviada ao Laboratório de Fertilidade do Solo da UFSCar – *Campus* de Araras para análise de fósforo (P resina), teor de matéria orgânica (MO), pH, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+AL), alumínio (Al), saturação por bases (V%), capacidade de troca catiônica (CTC), soma de bases (SB), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Os resultados da análise de fertilidade do solo estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise inicial de fertilidade do solo onde foram montados os experimentos, profundidade 0-20 cm.

Análise	Unidade	Valor
P resina	mg/dm ³	8
K	mmol _o /dm ³	1,4
Ca	mmol _o /dm ³	10
Mg	mmol _o /dm ³	4
H+Al	mmol _o /dm ³	43,5
Al	mmol _o /dm ³	1,5
S	mg/dm ³	20
B	mg/dm ³	0,15
Cu	mg/dm ³	0,8
Fe	mg/dm ³	10
Mn	mg/dm ³	11,8
Zn	mg/dm ³	0,8
MO	g/dm ³	27,5
pH	em CaCl ₂	4,9
SB	mmol _o /dm ³	15,4
CTC	mmol _o /dm ³	58,9
V	%	26

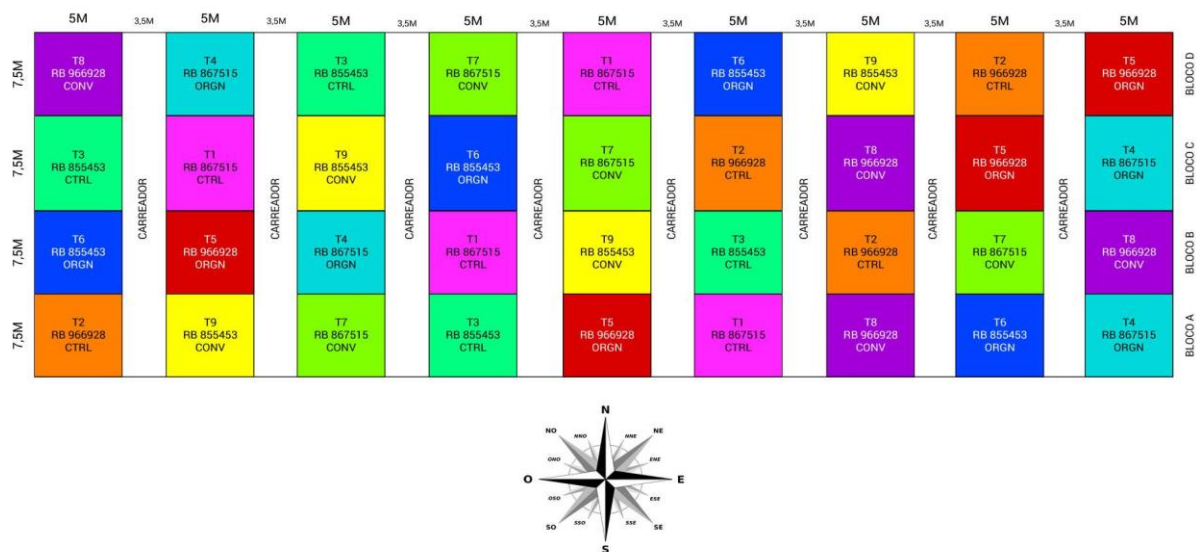
As recomendações de adubação e calagem foram realizadas a partir dos resultados da análise química de solo realizada (Tabela 2), orientando-se também pelas recomendações de fertilização orgânica contidas em Kiehl (1985) e recomendações de fertilização mineral contidas em Rajj et al. (1996).

A área experimental foi implantada em abril de 2014, estabelecendo um delineamento estatístico de blocos ao acaso montados em fatorial com nove tratamentos (3 manejos X 3 variedades de cana) e quatro repetições totalizando trinta e seis parcelas. A distribuição das parcelas foi feita de maneira aleatória, de forma que em cada bloco havia todos os tratamentos. Cada parcela possuía cinco sulcos de plantio, espaçados em 1,5 metros entre sulcos e com 5 metros de comprimento, totalizando uma área de 37,5 m² para cada parcela (Figura 1). Foi desconsiderado o efeito de bordadura nas parcelas, a fim de compor uma parcela mais volumosa para moagem e produção de cachaça.

Foram realizados os seguintes procedimentos para cada tipo de manejo estudado:

- **CONTROLE:** Apenas controle de ervas espontâneas realizado por meio de capinas manuais.
- **ORGÂNICO:** Tratamento com fertilizante orgânico Visafertil® na quantidade de 81,67 kg/parcela ou 16,3 kg/sulco de plantio; e aplicação de calcário dolomítico (PRNT 70) na quantidade de 11,25 kg/parcela, equivalente a 3 ton/ha. O controle de ervas espontâneas foi realizado por meio de capinas manuais.
- **CONVENCIONAL:** Tratamento com adubação química nas quantidades de 22,5 kg 6-30-20 (para N-P-K) e 2,5 kg de cloreto de potássio, total de 25 kg, sendo 2,08 kg/parcela ou 0,42 kg/sulco; e aplicação de calcário dolomítico (PRNT 70) na quantidade de 11,25 kg/parcela, equivalente a 3 ton/ha. O controle de ervas daninhas foi realizado por meio da aplicação do herbicida Demolidor BR na dosagem de 9,375 g por parcela, equivalente a 2,5 kg/ha, diluído em galão de 20 litros.

Figura 1. Croqui da distribuição dos tratamentos e repetições do experimento no campo.



As matérias primas componentes do fertilizante orgânico composto são esterco e camas de aviário, farelos e tortas de origem vegetal, casca de pinus/eucalipto e cinzas, conforme descrição e composição química constantes da embalagem do composto (Figura 2, Tabela 3).

Figura 2. Embalagem do composto orgânico fertilizante Visafertil® utilizado no experimento.



Fonte: APOLARI (2015)

Tabela 3. Caracterização química do fertilizante orgânico composto Visafertil® conforme descrição na embalagem do produto.

Análise	Unidade	Valor
pH	%	6,0
C	%	15
N	%	1
P ₂ O ₅	%	1,5
K ₂ O	%	0,5
CTC/C	%	20
Umidade	%	50
CTC	mmol/dm ³	20
C/N	-	13/1

A acidez do solo foi corrigida com a dose de 11,25 kg de calcário dolomítico parcela ou 2,25 kg/sulco. Essa dosagem correspondeu a 3,0 toneladas por hectare de calcário dolomítico com PRNT de 70%. A calagem foi realizada em 01/04/2014, com aplicação a lanço em área total (Figura 3).

Figura 3. Aplicação de calcário dolomítico nas parcelas com tratamentos orgânico e convencional na área experimental.



Fonte: do Autor

Em março de 2014 foi efetuada a abertura dos 20 sulcos para o plantio da cana-de-açúcar, utilizando o espaçamento de 1,5 metros entre as linhas. Foram demarcadas as parcelas, com comprimento de 5 metros e largura de 7,5 metros (5 sulcos com espaçamento de 1,5 metros). A área de cada parcela foi de 37,5 m², e entre as parcelas foi deixado um carreador de 3,5 metros. Ao todo foram demarcadas 36 parcelas, divididas em 4 blocos, com 9 parcelas por bloco.

A adubação mineral de plantio foi feita com formulação 05 - 25 - 25 nos tratamentos T7, T8 e T9 (adubação convencional), aplicada no sulco de plantio. A dosagem usada foi de 2,25 kg de N-P-K por parcela, equivalente a 600 kg/ha. A adubação de cobertura foi realizada em abril de 2014, utilizando adubos na formulação 6 - 30 -20 com a dose de 2,08 kg/parcela, mais o adubo cloreto de potássio na dose de 0,42 kg/parcela.

A adubação orgânica foi realizada em abril de 2014, nos tratamentos T4, T5 e T6. O composto orgânico foi aplicado no sulco de plantio. A dose utilizada foi de 16,5 kg/parcela ou 4,4 toneladas/hectare.

O plantio das três variedades de cana-de-açúcar foi realizado em abril de 2014.

Nas parcelas com manejo convencional (T7, T8 e T9), para o controle das plantas daninhas, foi utilizado em final de maio de 2014, o herbicida comercial Demolidor® (Diuron 488 g/kg - 48,8% m/m + Hexazinona 142 g/kg - 14,2% m/m) na dosagem recomendada pelo fabricante, nas fases de pré-emergência da cana-de-açúcar e na fase de pós-emergência das plantas daninhas, aplicando 1,67 litros/parcela.

Nas parcelas de manejo orgânico (T4, T5 e T6) e nas parcelas controle (T1, T2 e T3), o controle das plantas espontâneas foi feito por capina manual em julho de 2014.

O processamento da cana-de-açúcar para produção de cachaça se iniciou em 30 de agosto de 2015. Cada parcela foi totalmente cortada, manualmente (Figura 4), sendo feitas as despalhas das canas e a retirada do ponteiro na própria área.

Os colmos colhidos de cada parcela foram transportadas com auxílio de carregadeira até a área de recebimento da matéria-prima (Figura 5).

Figura 4. Corte manual da cana-de-açúcar na área experimental.



Fonte: COELHO (2016)

Figura 5. Carregamento da cana-de-açúcar para transporte da área experimental para a área de processamento.



Fonte: COELHO (2016)

4.3 Processamento da cana-de-açúcar

Os cortes de 4 parcelas foram programados para acontecer na segunda-feira e na quarta-feira da semana devido ao número limitante de quatro dornas de fermentação. Foi estabelecida uma ordem para o corte da cana seguindo sucessivamente os blocos 1, 2, 3 e 4. Para cada bloco foram 9 parcelas processadas. O processamento da cana foi feito sempre no mesmo dia do corte da cana-de-açúcar, nas dependências do LAO (Laboratório de Alimentos Orgânicos, CCA/UFSCar-Campus de Araras).

O caldo de cana foi extraído através de moenda de um terno (Figura 6A), da marca Metalúrgica Barro Branco, modelo M38-E-6X8, com capacidade de 500 kg/hora. A moenda utiliza motor elétrico de 5cv, com capacidade de moagem de 1 tonelada de cana por hora. As moendas foram limpas com água antes e após cada parcela processada. Na saída da moenda foi utilizado um decantador para a retirada das impurezas e bagacilhos, evitando-se a passagem de partículas grosseiras (Figura 6B).

Figura 6. Moagem da cana-de-açúcar na moenda de um terno (A) e decantação do caldo na saída da moenda (B).

A



B



Fonte: do Autor

Para evitar contaminações, a cada nova parcela processada, tomou-se o cuidado de fazer uma lavagem e higienização dos equipamentos (dorna, decantador) com água, detergente e álcool 70%.

Após a extração do caldo puro da cana-de-açúcar, foram realizadas as leituras dos teores de sólidos solúveis utilizando o areômetro de Brix. Em concentração acima de 20°Brix, o caldo foi diluído até 14°Brix, utilizando água potável de poço artesiano.

As fermentações foram realizadas em quatro dornas de aço inox, de capacidade de 1000 litros (Figura 7). O volume final do mosto, após diluição, foi de 250 a 350 litros por parcela.

Para cada parcela foi utilizado fermento biológico fresco prensado novo, sem reaproveitamento do pé-de-cuba, utilizando-se uma quantidade de 10 g de fermento/L de mosto. O fermento utilizado foi da marca comercial Itaiquara®, anteriormente diluído em água morna (35°C). O fermento foi caracterizado quanto ao número de células viáveis, no LAMAM - Laboratório de Microbiologia Agrícola e Molecular, UFSCar – *Campus* de Araras, apresentando a concentração de 10^7 a 10^8 células/mL.

As fermentações tiveram duração média de 48 horas, quando o Brix do mosto fermentado atingiu valor próximo a zero, sendo somente o sobrenadante enviado para a destilação. O pé-de-cuba foi descartado.

Figura 7. Dornas de fermentação utilizadas para a produção de cachaça.



Fonte: COELHO (2016)

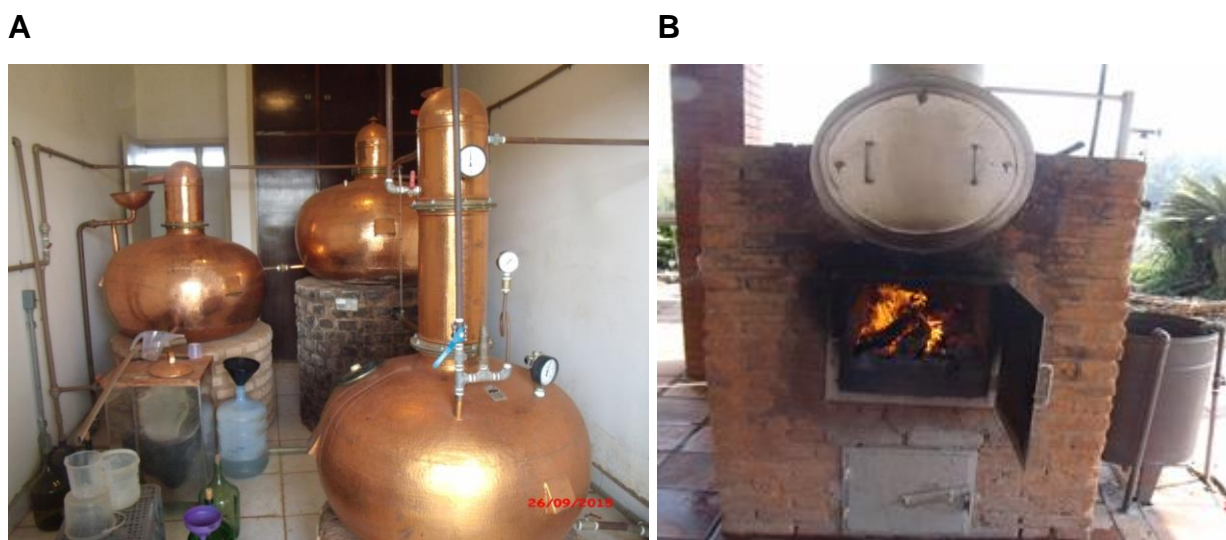
Utilizou-se alambique de cobre marca Metalúrgico Barro Branco, tipo cebolão, modelo M 35 300, de três corpos (pré-aquecedor, destilador e condensador), com capacidade volumétrica de 300 litros (Figura 8A). O equipamento era equipado com conjunto de serpentina e caldeira de aquecimento, que possibilitam um melhor controle da temperatura (Figura 8B).

A destilação ocorreu na quarta-feira e sexta-feira da semana de corte da cana, iniciando o processo com acendimento da caldeira em torno de 4 horas da manhã e início da primeira destilação às 7 horas da manhã. A pressão da caldeira foi controlada para que a destilação fosse a mais lenta possível, observando-se o gotejamento ao final do processo, de forma que as destilações duravam em torno de 3 horas cada.

A destilação iniciou-se com um teor alcóolico em aproximadamente 70% e assim foi extraída a primeira fração de 10% denominada cabeça, e separada para outras finalidades. Com o decorrer da destilação, o grau alcóolico foi diminuindo até chegar em 38%, que consiste em 80% da cachaça calculada para extração e denominada coração. Essa porção foi armazenada em garrafões de vidro para posterior envelhecimento em barris de madeira. Os 10% restantes finais da destilação (denominado cauda) contendo os compostos não desejáveis para uma cachaça de qualidade foram descartados. A vinhaça foi transferida para um tanque de armazenamento, sendo que anteriormente à estocagem no tanque, foram coletadas as amostras de vinhaça para as análises.

As amostras de vinhaça foram coletadas ao final de cada batelada utilizando-se um béquer de vidro de 2 litros e deixado resfriar a temperatura ambiente, sendo em seguida armazenadas em garrafas Pet de 2 litros em freezer a -5°C para posteriores análises.

Figura 8. Destilador de cobre de três corpos utilizado para a destilação do mosto fermentado (A) e caldeira de aquecimento para o destilador (B).



Fontes: A- COELHO (2016); B- do Autor

4.4 Análises da vinhaça

Alíquotas de 50 mL da vinhaça de cada uma das 36 amostras (3 manejos X 3 variedades X 4 repetições) foram enviadas para o Laboratório de Fertilidade dos Solos, UFSCar – *Campus* de Araras para a análise de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn), matéria orgânica, e pH.

Para análise de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, inicialmente as amostras de vinhaça foram solubilizadas com ácidos oxidantes concentrados. Em seguida foram realizadas a digestão das amostras e as seguintes metodologias para a determinação da concentração de cada um dos elementos:

- N: utilizando o método Semimicro Kjeldahl;
- P: por espectrofotometria de absorção molecular;
- K: por espectrometria de emissão atômica;
- Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn: por espectrometria de absorção atômica;
- S: por turbidimetria

O carbono da vinhaça foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando dicromato de sódio. O teor de matéria orgânica foi obtido por meio da multiplicação da porcentagem de carbono pelo fator 1,724.

O pH das amostras de vinhaça foi medido por potenciometria com eletrodo combinado.

4.5 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificar o efeito das variedades e do manejo sobre as características físico-químicas da vinhaça. No caso de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Foi utilizado o software ASSISTAT para ambas as análises.

Foram utilizadas transformações dos resultados para a análise de variância (ANOVA) da seguinte forma:

- para carbono: $\text{Arcsen } \sqrt{x/100}$;
- para nitrogênio: $X + 5$;
- para ferro, cobre e relação C/N: $\text{Log } X$;
- para fósforo: $X + 1$;
- para o potássio: $X + 5$
- para cálcio, manganês e enxofre: \sqrt{x} ;
- para magnésio: $\text{Sen } X$;
- para zinco: $1/\sqrt{x}$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios, desvios-padrão e análise estatística dos valores de pH das amostras de vinhaça estão apresentados na Figura 9 e Tabela 4. O valor médio de pH da vinhaça foi de aproximadamente 4,0 para todas as amostras (Figura 9), o que a caracteriza como moderadamente ácida. Não houve influência significativa dos tratamentos manejo do solo e variedade de cana sobre os valores de pH (Tabela 4).

Segundo Ludovice (1997), o pH da vinhaça proveniente de caldo obtida de destilarias para produção de etanol varia entre 3,7 e 4,3. Poucos estudos apresentaram os valores de pH de vinhaça de alambique, como o de Margarido et al. (2010), cujas amostras de vinhaça de alambique apresentaram médias de pH em torno de 4,3 e de Oliveira et al. (2009), com valores entre 3,3-3,5. Apesar da natureza ácida da vinhaça, pesquisas demonstraram que solos agrícolas tratados com vinhaça apresentam aumento do pH (SILVA et al., 2014).

Esse efeito foi explicado por Leal et al. (1983) como sendo resultado das reações de redução, pelo consumo de H^+ pela matéria orgânica com carga negativa presente na vinhaça, a qual é resultado da presença de substâncias húmicas como ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e partículas coloidais carregadas negativamente. O aumento do pH também pode ser explicado pela introdução de cátions presentes na vinhaça e pelo decréscimo do potencial redox, o qual é proveniente da anaerobiose resultante do consumo de oxigênio na degradação da matéria orgânica presente

nesse resíduo, assim sofrendo uma redução de oxi-hidróxidos de ferro e manganês (NUNES et al., 1981).

Além disso, com a alteração do pH do solo, a CTC (capacidade de troca catiônica) sofre alterações, assim modificando a disponibilidade de alguns íons, aumento da capacidade de retenção de água e melhoria da estrutura do solo (GLÓRIA; ORLANDO FILHO, 1983).

Figura 9. Valor médio e desvio-padrão dos valores de pH das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

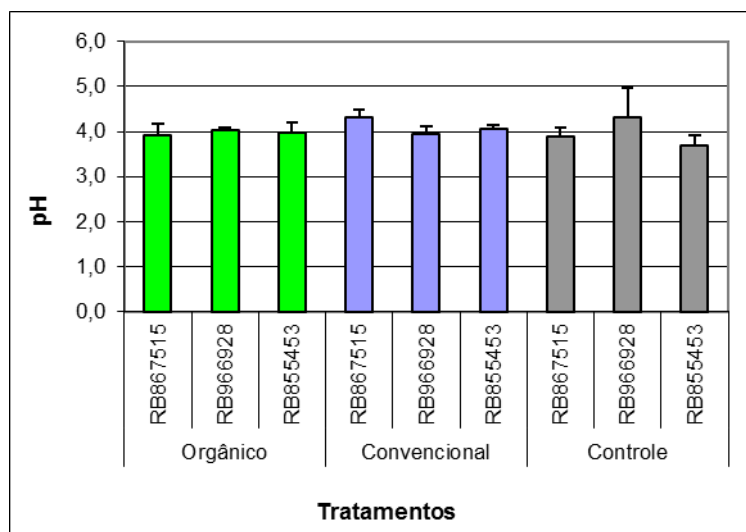


Tabela 4. Análise de variância dos valores de pH das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	2,05889	0,25736	1,3151 ns
Manejo	2	0,51056	0,25528	1,3045 ns
Variedade	2	0,13722	0,06861	0,3506 ns
Interação	4	1,41111	0,35278	1,8027 ns
Blocos	3	0,57333	0,19111	0,9766 ns
Resíduo	24	4,69667	0,19569	
Total	35	7,32889		

ns= $p \geq 0,05$

Coefficiente de variação= 11,18%

Os teores de carbono nas diferentes amostras de vinhaças estão apresentados na Figura 10. A análise de variância apontou diferenças nos valores ao nível de significância de 5% para o fator manejo, não havendo diferença entre as variedades (Tabela 5).

Figura 10. Valor médio e desvio-padrão do teor de carbono (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

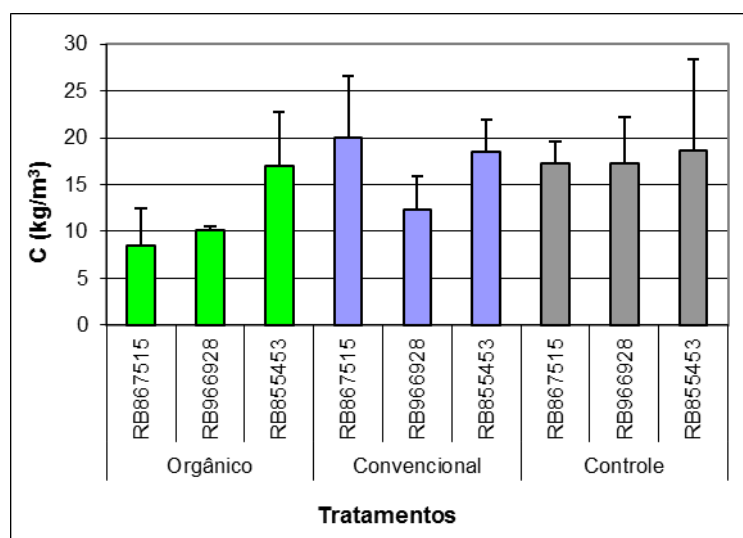


Tabela 5. Análise de variância dos valores de carbono das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	378,09298	47,26162	3,1491*
Manejo	2	174,75618	87,37809	5,8221 **
Variedade	2	85,29611	42,64806	2,8417 ns
Interação	4	118,04068	29,51017	1,9663 ns
Blocos	3	94,22212	31,40737	2,0927 ns
Resíduo	24	360,19430	15,00810	
Total	35	832,50939		

ns= $p \geq 0,05$ Coeficiente de variação= 16,99%

Comparando-se as médias dentro do fator manejo, verificou-se que o manejo orgânico apresentou um teor significativamente menor quando comparado com os manejos convencional e controle, os quais não diferiram entre si (Tabela 6). A maior concentração de carbono na vinhaça proveniente do manejo convencional pode estar relacionada ao tipo de nutrição mineral e a utilização de herbicida, já que essas foram as diferenças aplicadas nos tratamentos utilizados. A nutrição mineral é mais concentrada e sua forma está mais prontamente disponível para absorção pelas plantas e isso pode ter acarretado o acúmulo maior de carbono. Outra possibilidade pode estar ligado ao tratamento com herbicida que tem efeito residual e apresentou um melhor controle das plantas espontâneas, assim inibindo de forma mais efetiva a competição por luz e nutrientes da cultura com as plantas espontâneas.

Os teores médios de carbono presente no experimento variaram de 8,53 a 19,95 Kg/m³. Em experimento montado na mesma área há alguns anos, Margarido et al. (2010) obtiveram teor médio de carbono de 15,8 Kg/m³ em vinhaça de alambique.

Tabela 6. Comparação de médias dos valores de carbono (kg/m³) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Manejo	Carbono (kg/m ³) ¹
Controle	17,7 a
Orgânico	11,9 b
Convencional	16,9 a

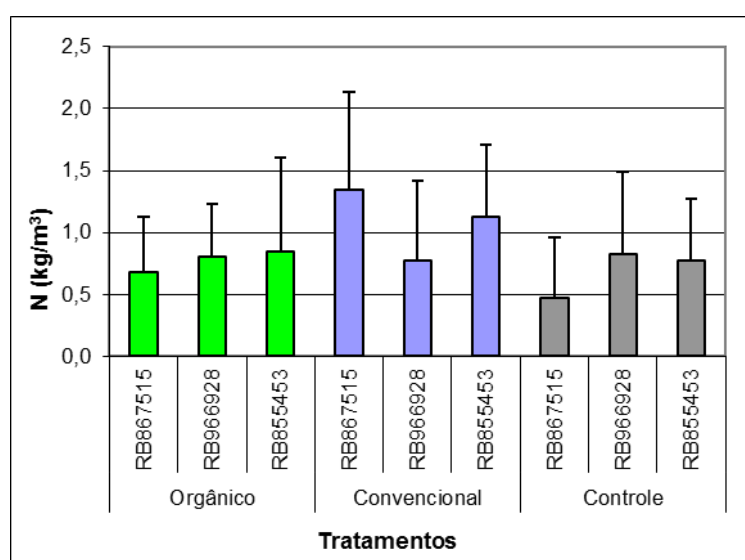
¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

O carbono presente na vinhaça tem relação direta com a reserva de matéria orgânica da mesma. Assim a utilização da vinhaça na fertirrigação deverá resultar em alterações no estoque de carbono presente nos solos onde a mesma será aplicada, contribuindo para reestruturação do solo e o aumento de agregados que facilitam a infiltração e aumentam a relação C/N. A maior problemática da matéria orgânica presente na vinhaça é o seu poder poluidor ocasionando salinização,

lixiviação de elementos e contaminação das águas subterrâneas ocasionando sérios problemas ambientais (MARGARIDO et al., 2010).

Os teores de nitrogênio nas diferentes amostras de vinhaça estão apresentados na Figura 11. Não houve diferença significativa entre os tratamentos (manejo e variedades) para este elemento (Tabela 7). Esse resultado pode ser explicado devido ao nitrogênio ser um elemento constituinte da estrutura dos vegetais, sendo componente de proteínas e outras moléculas dentro da planta, presentes em todas as variedades e independente do manejo.

Figura 11. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de nitrogênio (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.



Os valores de concentração de nitrogênio encontrados no experimento (de $0,48$ a $1,35 \text{ Kg/m}^3$) foram superiores aos encontrados por Margarido et al. (2010), $0,28 \text{ Kg/m}^3$ e Oliveira et al. (2009), $0,23-0,33 \text{ Kg/m}^3$, para vinhaça de cachaça de alambique, e por Silva et al. (2014), $0,10-0,33 \text{ Kg/m}^3$, para vinhaça de destilaria de etanol. O alto teor desse elemento em todas as amostras, independentemente do manejo e variedade, pode se justificar por fatores como características do plantio, época de colheita e processamento, como determinantes para estes resultados. Este resultado pode ser explicado devido a área estar um longo tempo sendo manejada no sistema orgânico, o que soma para a aumento nos teores de matéria

orgânica de forma geral, assim como o aumento da mineralização e disponibilidade de nutrientes. Contudo, é um ponto interessante a ser estudado, pois esse nutriente é importante economicamente para a cultura da cana-de-açúcar sendo necessária a suplementação que pode ser fracionada na fertirrigação.

Tabela 7. Análise de variância dos valores de nitrogênio das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	2,04500	0,25563	0,6544 ns
Manejo	2	1,02167	0,51083	1,3077 ns
Variedade	2	0,08667	0,04333	0,1109 ns
Interação	4	0,93667	0,23417	0,5995 ns
Blocos	3	0,37000	0,12333	0,3157 ns
Resíduo	24	9,37500	0,39063	
Total	35	11,79000		
ns= p≥ 0,05		Coeficiente de variação= 10,68%		

O nitrogênio é um macronutriente importante para as plantas de forma que é requerido em grandes quantidades para todas as culturas. Devido a sua ausência em rochas e somente presente naturalmente em material vegetal e animal, demanda fabricação química através de um processo chamado Haber-Bosch, que consiste em um processo de fixação do nitrogênio atmosférico de forma industrial utilizando altas temperaturas e altas pressões (HUNGRIA et al., 1997). Assim é formada a amônia anidra, que é matéria prima para todos os adubos nitrogenados.

O uso de fertilizantes de nitrogênio sintéticos precisa ser otimizado do ponto de vista da sustentabilidade e proteção ambiental, pois a desnitrificação resulta na liberação de gases causadores de efeito estufa. Assim no Brasil, a produção comercial de cana-de-açúcar utiliza doses moderadas de adubação nitrogenada em torno de 60 – 100 kg de nitrogênio por hectare por ano, já na maioria dos países o uso comum consiste na aplicação de 250 kg de nitrogênio por hectare por ano para a cultura da cana-de-açúcar (FUENTES-RAMIREZ et al., 1999). Esse processo demanda altos custos energéticos de forma que não é um processo sustentável.

Uma fonte de nitrogênio presente na vinhaça é uma alternativa de baixo custo que está incorporada a uma matriz líquida, pois outros adubos nitrogenados sofrem processo de volatilização para adubos granulados e lixiviação para adubos líquidos devido às características de cada adubo. Uma desvantagem em relação ao nitrogênio sintético é a baixa concentração já que o elemento está diluído na vinhaça. Isso acarreta altos custos com transporte e aplicação da vinhaça (SILVA et al, 2014).

A relação C/N foi estimada a partir da relação entre os valores da concentração de carbono e nitrogênio obtidos nas análises químicas das amostras (Figura 12). Não houve diferença significativa entre os manejos e entre as variedades (Tabela 8), provavelmente devido aos altos valores de desvio-padrão.

Figura 12. Valor médio e desvio-padrão da relação C/N presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

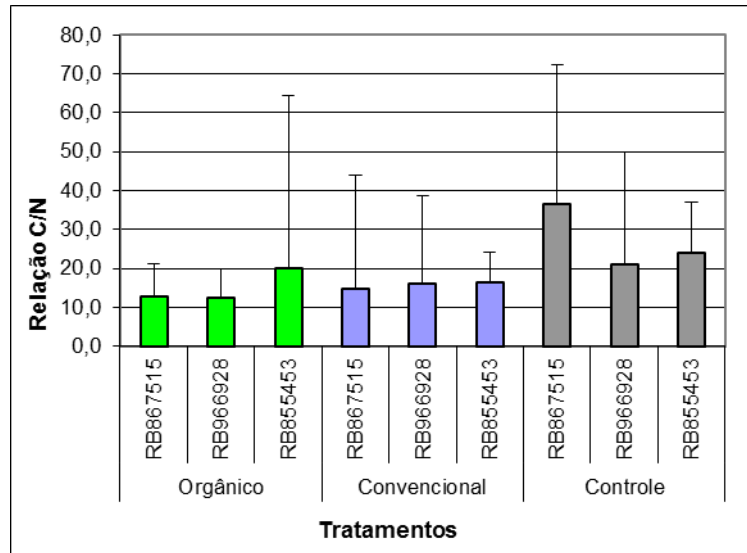


Tabela 8. Análise de variância dos valores de relação C/N das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	0,98314	0,12289	1,0516 ns
Manejo	2	0,53416	0,26708	2,2854 ns
Variedade	2	0,06570	0,03285	0,2811 ns
Interação	4	0,38328	0,09582	0,8199 ns
Blocos	3	0,28241	0,09414	0,8055 ns
Resíduo	24	2,80474	0,11686	
Total	35	4,07029		

ns= $p \geq 0,05$ Coeficiente de variação= 25,39%

Os valores da relação C/N variaram de 12,58 a 36,42 constatando diferentes graus de decomposição não associados aos tratamentos em si, já que não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos. Margarido et al. (2010) encontraram valor de 56 para relação C/N para vinhaça de alambique. A baixa relação C/N aqui encontrada deve estar relacionada com o alto teor de nitrogênio presente na vinhaça do experimento, o qual estando no denominador da relação C/N faz com que os valores sejam mais baixos, já que os valores das concentrações de carbono foram semelhantes.

Com relação ao fósforo, houve uma variação de 0,09 a 0,47 kg/m³ de P₂O₅ (Figura 13), porém não significativa tanto para manejo quanto para variedade (Tabela 9). Os teores de fósforo são elevados também quando comparados com valores de fósforo na literatura para vinhaças proveniente de destilarias de etanol. Oliveira et al. (2009) encontraram uma grande variação na concentração de fósforo de 0,07 a 0,20 kg/m³ de P₂O₅, enquanto Margarido et al. (2010) relataram teores médios de 0,352 kg/m³ de P₂O₅, ambos os trabalhos com vinhaça de cachaça de alambique.

Figura 13. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de fósforo (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

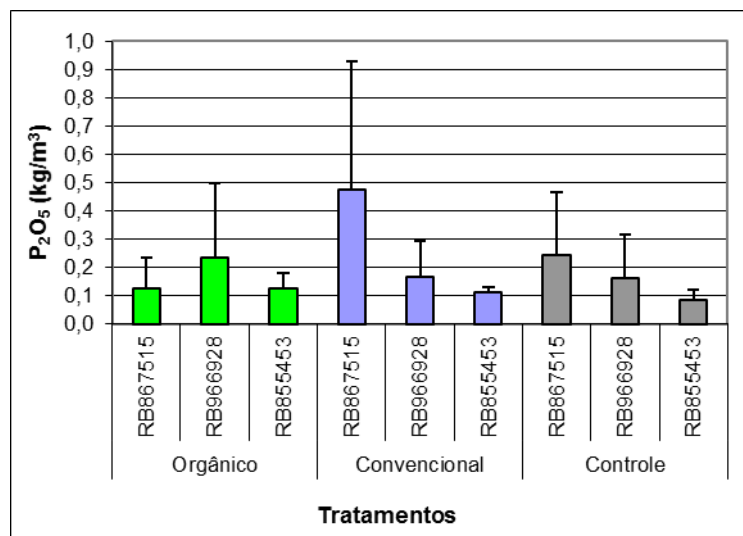


Tabela 9. Análise de variância dos valores de fósforo das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	0,50264	0,06283	1,6670 ns
Manejo	2	0,13241	0,06620	1,7565 ns
Variedade	2	0,21677	0,10839	2,8757 ns
Interação	4	0,15346	0,03836	1,0179 ns
Blocos	3	0,03651	0,01217	0,3229 ns
Resíduo	24	0,90457	0,03769	
Total	35	1,44371		

ns= $p \geq 0,05$ Coeficiente de variação= 16,56%

O fósforo é um macronutriente importante para as plantas de forma que é requerido em grandes quantidades para todas as culturas. O fósforo pode ser encontrado em rochas e também em vários adubos solúveis disponíveis, requerendo manejo diferenciado devido a forma na qual o adubo se encontra. Os adubos provenientes de rochas fosfatadas moídas como termofosfatos podem ser

distribuídos de forma uniforme na área a fim de propiciar uma melhor interceptação radicular sendo que solos ácidos propiciam uma melhor solubilização da rocha (GOEDERT; LOBATO, 1980).

Os adubos fosfatados líquidos tem seu uso restrito no manejo orgânico e devem ser aplicados de forma localizada na linha de plantio, pois esse nutriente possui característica imóvel no solo. Esses adubos podem sofrer processo de mineralização passando da solução do solo para formas lábeis e posteriormente para formas não lábeis (RAIJ, 2011).

Segundo Novais e Smith (1999), a disponibilidade de fósforo está relacionada com a ciclagem de matéria orgânica em solos com menor ação de adubação. Assim, fontes alternativas de fósforo como no caso da vinhaça pode ser uma alternativa para o produtor, principalmente o produtor orgânico, que não pode utilizar fertilizantes líquidos sintéticos. Apesar de a forma líquida ser de fácil aplicação, existem as limitações de transporte. Porém o fato de estar solúvel facilita a absorção pelas plantas, podendo ser utilizado em situações de deficiência e necessidade de rápida reposição desse nutriente.

A Figura 14 traz os teores de potássio nas diferentes amostras de vinhaça de alambique. Houve diferença significativa entre os manejos e entre os blocos, conforme resultados apresentados na Tabela 10. Nesse trabalho, foram observados valores médios de 0,94 a 2,43 kg/m³ de K₂O, os quais são superiores aos valores encontrados para vinhaça de cachaça de alambique (0,46 kg/m³, MARGARIDO et al. 2010; 0,73-0,88 kg/m³, OLIVEIRA et al. 2009) e similares à vinhaça de destilaria de etanol (1,25-1,70 kg/m³, SILVA et al. 2014).

Figura 14. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de potássio (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

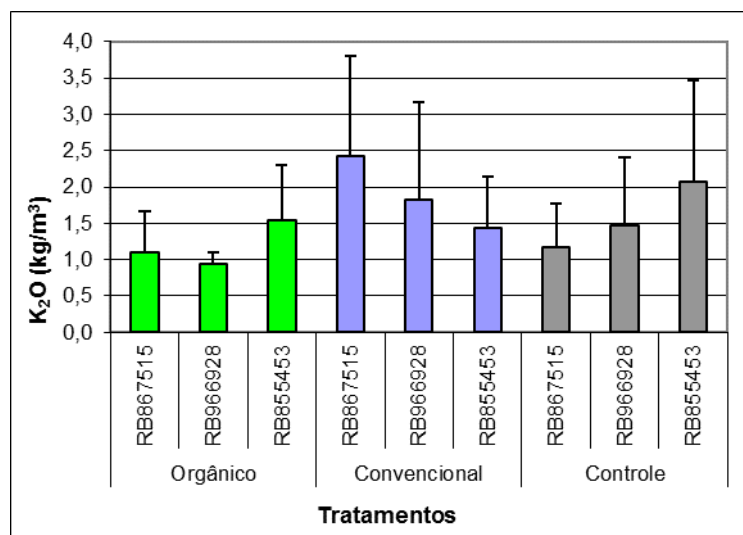


Tabela 10. Análise de variância dos valores de potássio das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	7,48119	0,93515	2,1500 ns
Manejo	2	3,00195	1,50098	3,4509 *
Variedade	2	0,43362	0,21681	0,4985 ns
Interação	4	4,04561	1,01140	2,3253 ns
Blocos	3	14,19895	4,73298	10,8817 **
Resíduo	24	10,43874	0,43495	
Total	35	32,11888		

ns= p ≥ 0,05 Coeficiente de variação= 10,06%

Com relação aos blocos, verificou-se que os teores de potássio da vinhaça advinda dos blocos 1 e 2 foram estatisticamente semelhantes, assim como entre os blocos 3 e 4, porém houve diferença significativa entre os blocos 1 e 2 em relação aos blocos 3 e 4. Essa diminuição do teor de potássio com o decorrer do experimento pode estar ligada ao fato do período da colheita, assim as canas colhidas em setembro representadas pelos blocos 1 e 2 apresentaram maiores

quantidades do nutriente quando comparado com as canas colhidas no mês de outubro representadas pelos blocos 3 e 4. Assim essa diferença verificada entre os blocos possivelmente está ligada à maturação da cana, que devido ao período presente no campo apresentou diferenças na concentração de potássio nas diferentes épocas de colheita.

Tabela 11. Comparação de médias entre blocos dos valores de potássio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Blocos	Potássio (kg/m^3) ¹
1	2,30 a
2	2,05 a
3	1,05 b
4	0,82 b

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

Comparando-se os manejos, a vinhaça de alambique proveniente de cana sob manejo convencional apresentou teor de potássio significativamente superior ao da vinhaça do manejo orgânico (Tabela 12). Essa variação pode indicar diferenças no tipo de nutrição da planta, que no caso da nutrição mineral química, por estar na forma mais concentrada resultou em maior concentração deste elemento também na vinhaça.

O potássio é o macronutriente exportado em maior quantidade pela cana-de-açúcar (COLETI et al., 2006). A maior parte do potássio presente na planta, aproximadamente 55%, está localizada no colmo e por consequência é o grande motivo do sucesso da vinhaça na fertirrigação, de modo que o potássio retorna ao campo agrícola em forma de resíduo do processo industrial, na vinhaça (ROSSETTO et al., 2008).

Segundo Margarido et al. (2010), a aplicação contínua de vinhaça sem o devido cuidado pode acarretar salinização e até contaminação do subsolo, principalmente pelo fato do potássio ser um íon trocável, portanto retido com forças eletrostáticas de baixa energia pelos colóides do solo, sendo móvel e facilmente lixiviado.

Tabela 12. Comparação de médias para o fator Manejo dos valores de potássio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Manejo	Potássio (kg/m^3) ¹
Controle	1,57 ab
Orgânico	1,19 b
Convencional	1,90 a

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

Na Figura 15 estão apresentados os resultados para o elemento cálcio nas diferentes amostras de vinhaça. Houve diferença significativa tanto para manejo quanto para variedade (Tabela 13). Quanto ao manejo, o teor de cálcio da vinhaça advinda de cana cultivada sob manejo orgânico foi semelhante ao do manejo convencional e inferior ao do tratamento controle (Tabela 14).

A partir desses resultados pode-se inferir diversas causas para as diferenças nas concentrações dos elementos nos diferentes manejos de forma que o tipo de nutrição pode estar relacionado. Mas para tal afirmação, novos experimentos devem ser conduzidos com diferentes dosagens de adubo a fim de verificar se foi realmente a qualidade do adubo o motivo da diferença.

De alguma forma a ausência de suplementação resultou em um aumento no teor de cálcio de vinhaça de cana no manejo controle. Pode-se supor que esse aumento se deve à menor competição na absorção de cálcio com os outros cátions provenientes da suplementação como por exemplo, o magnésio, zinco e potássio.

Figura 15. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de cálcio (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

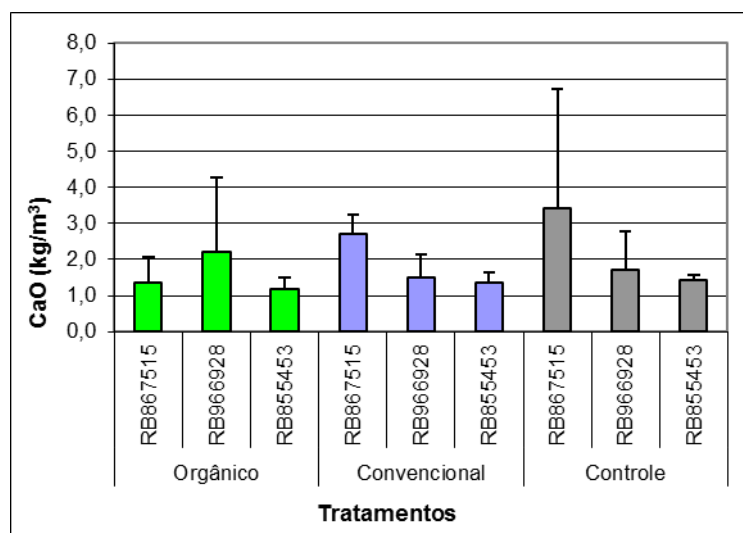


Tabela 13. Análise de variância dos valores de cálcio das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação		Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos		8	2,27340	0,28417	2,3756 *
	Manejo	2	0,96107	0,48054	4,0171 *
	Variedade	2	1,02384	0,51192	4,2795 *
	Interação	4	0,28849	0,07212	0,6029 ns
Blocos		3	0,24508	0,08169	0,6829 ns
Resíduo		24	2,87093	0,11962	
Total		35	5,38941		

ns= $p \geq 0,05$ Coeficiente de variação= 27,68%

Tabela 14. Comparação de médias para o fator Manejo dos valores de cálcio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Manejo	Cálcio (kg/m^3) ¹
Controle	2,19 a
Orgânico	1,58 b
Convencional	1,85 ab

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

A vinhaça advinda da fermentação do caldo de cana da variedade RB855453 apresentou maior teor de cálcio, semelhante à da variedade RB966928 (Tabela 15). Esse resultado evidencia que diferentes variedades podem gerar resíduos com composições diferentes, o que não foi encontrado na literatura. Mais avaliações experimentais devem acontecer a fim de averiguar o efeito das variedades de cana na composição dos resíduos gerados como vinhaça, bagaço e palhada.

Tabela 15. Comparação de médias para o fator Variedade dos valores de cálcio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle, com transformação \sqrt{x} .

Variedade	Cálcio (kg/m^3) ¹
RB855453	1,31 a
RB867515	2,49 b
RB966928	1,81 ab

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

A faixa de variação do teor de cálcio das diferentes amostras de vinhaça ficou entre 1,17 a 3,42 Kg/m^3 de CaO. Esse resultado é superior ao encontrado para vinhaça de alambique, segundo Oliveira et al. (2009), o qual observou teores médios de cálcio em torno de 0,13 e 0,14 Kg/m^3 . Para vinhaça de destilaria, Silva et al. (2014) obtiveram teores médios de cálcio em torno de 0,31 a 0,57 Kg/m^3 .

O cálcio é um macronutriente secundário muito importante para as plantas devido a sua função estrutural na membrana plasmática. Outra grande importância é

ser responsável pela correção dos solos agricultáveis de forma que figura como principal componente dos corretivos de solo mais usados, como o calcário e o gesso (ALCARDE, 1985).

A suplementação de cálcio é comum devido à prática de correção de acidez do solo, os quais foram aplicados tanto no manejo orgânico quanto no manejo convencional. Assim sua reação no solo eleva os valores de pH e a saturação de bases. Esse efeito se dá aumentando as quantidades de Ca e Mg, e reduzindo a quantidade relativa de Al, modificando a disponibilidade de nutrientes para as plantas (MIRANDA; MIRANDA, 2000).

Outros neutralizantes contendo cálcio também são utilizados na correção de acidez, somente se contiver um “constituente neutralizante” ou “princípio ativo”, óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e também de magnésio (ALCARDE, 1985). Esse elemento melhora a estrutura do solo, aumentando a permeabilidade da água, assim melhorando a tolerância ao estresse hídrico (BLANKENAU, 2007).

Na Figura 16 estão apresentados os resultados para o elemento magnésio nas diferentes amostras de vinhaça. Houve diferença significativa tanto para manejo quanto para variedade (Tabela 16). O magnésio presente nas vinhaças de alambique do presente experimento, que variou de 1,84 a 3,64 kg/m³, apresentou concentrações até dez vezes superiores quando comparadas às vinhaças provenientes do processo de produção do etanol (0,20-0,35, SILVA et al. 2014). Oliveira et al. (2009) mostraram resultado para vinhaça de alambique na faixa de 0,13-0,14 kg/m³ de MgO.

A vinhaça proveniente de cana sob manejo convencional apresentou teor superior de magnésio quando comparado com o manejo orgânico (Tabela 17). Essa variação pode ser explicada devido aos diferentes tipos de nutrição aplicados nos tratamentos, enfatizando ainda mais a necessidade de testes com diferentes dosagens nutricionais para poder inferir o quão significativa são as interferências dos manejos e entender melhor o comportamento desses manejos na composição do resíduo da cultura de cana-de-açúcar. Mas de certa forma corrobora para o fato de a nutrição mineral mais concentrada resultar em maior concentração do elemento magnésio também no resíduo.

Figura 16. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de magnésio (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

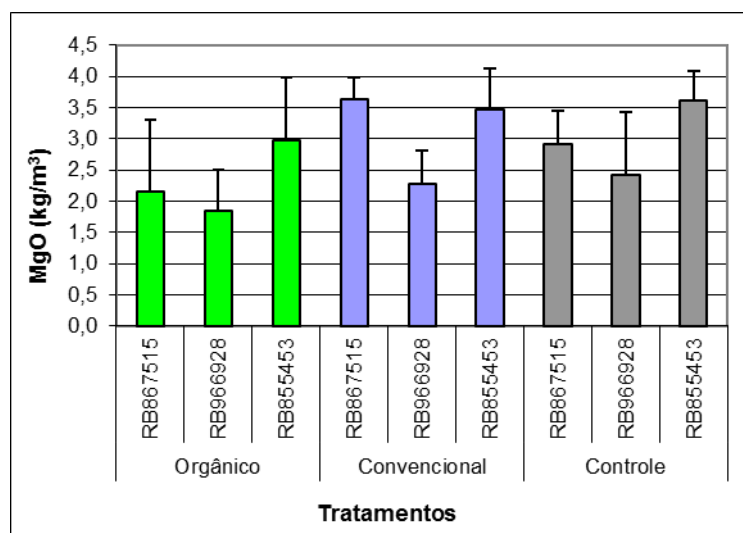


Tabela 16. Análise de variância dos valores de magnésio das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	0,00437	0,00055	3,1502 *
Manejo	2	0,00130	0,00065	3,7491 *
Variedade	2	0,00258	0,00129	7,4244 **
Interação	4	0,00050	0,00012	0,7137 ns
Blocos	3	0,00053	0,00018	1,0106 ns
Resíduo	24	0,00417	0,00017	
Total	35	0,00907		

ns= $p \geq 0,05$ Coeficiente de variação= 26,86%

Tabela 17. Comparação de médias dos valores de magnésio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Manejo	Magnésio (kg/m^3) ¹
Controle	2,98 ab
Orgânico	2,33 b
Convencional	3,12 a

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

A comparação entre médias dentro do fator variedade de cana mostrou que a variedade RB966928 apresentou um teor superior de magnésio quando comparada com a variedade RB867515 (Tabela 18). Essa diferença pode ser atribuída a adequabilidade da área experimental, que constitui um ambiente favorável, assim a RB966928 que é apropriada para ambiente com alto potencial produtivo se diferencia da variedade RB867515, que geralmente é recomendada para situações mais adversas como baixa fertilidade, solos arenosos e com restrições hídricas. A variedade RB855453 não apresentou diferenças em relação às outras variedades.

Tabela 18. Comparação de médias dos valores de magnésio (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Variedade	Magnésio (kg/m^3) ¹
RB855453	3,35 ab
RB867515	2,91 b
RB966928	2,18 a

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

O magnésio é um macronutriente secundário, o qual tem funções de correção de acidez nos solos e importante função metabólica nas plantas de tal forma que tem presença central na molécula de clorofila, sendo essencial na fotossíntese assim como nas reações de fixação de carbono, e por isso importante na formação de proteínas, gorduras e vitaminas (WIEND, 2007). Esse elemento compete com o cálcio no processo de retenção por sítios ativos no solo e também na absorção pelas plantas como citado por Andreotti et al. (2000).

Os resultados quanto aos teores de enxofre nas amostras de vinhaça estão apresentados na Figura 17. Houve diferença significativa entre blocos e entre manejos quanto ao teor de enxofre das vinhaças, conforme Tabela 19.

Figura 17. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de enxofre (kg/m^3) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

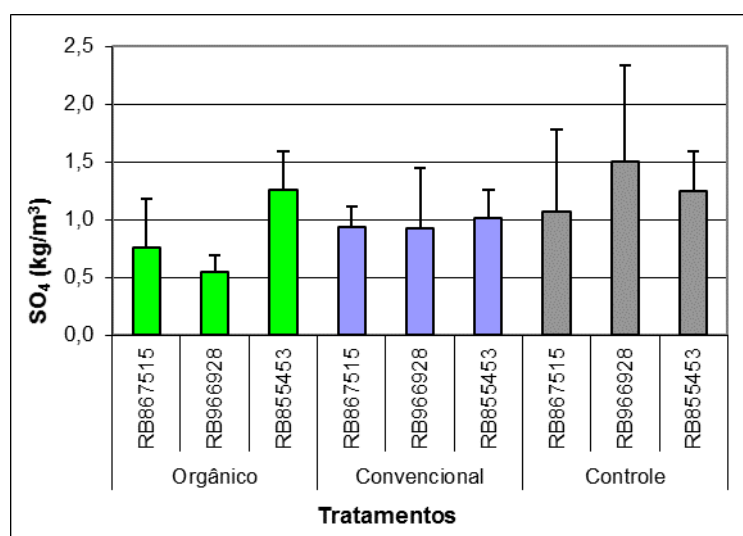


Tabela 19. Análise de variância dos teores de enxofre das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	0,63485	0,07936	2,2526 ns
Manejo	2	0,24772	0,12386	3,5158 *
Variedade	2	0,14369	0,07185	2,0393 ns
Interação	4	0,24344	0,06086	1,7275 ns
Blocos	3	0,49156	0,16385	4,6510 *
Resíduo	24	0,84551	0,03523	
Total	35	1,97192		
ns= p≥ 0,05		Coeficiente de variação= 19,01%		

A faixa de concentração do teor de enxofre nos experimentos aqui realizados variou de 0,55 a 1,51 Kg/m³ de SO₄, semelhante às determinações de vinhaça de destilaria com teores entre 1,3 a 1,5 Kg/m³ (SILVA et al., 2014) e superiores à vinhaça de cachaça de alambique, entre 0,33-0,35 Kg/m³ de SO₄ (OLIVEIRA et al., 2009).

A comparação entre os blocos mostra um teor superior no bloco 1 quando comparado com o bloco 3 e semelhante aos demais, já os blocos 2 e 4 não diferiram dos outros blocos (Tabela 20). Como já explicado anteriormente, esses resultados de diferença entre blocos se deve à variação referente a maturação das canas, por causa das diferentes épocas de colheita para fins de obtenção da cachaça.

Tabela 20. Comparação de médias dos teores de enxofre (kg/m³) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Blocos	Enxofre (kg/m ³) ¹
1	1,42000 a
2	0,97000 ab
3	0,74000 b
4	0,99000 ab

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

As médias dentro do fator manejo não apresentaram diferença significativa entre os manejos orgânico e convencional (Tabela 21). Pode-se atribuir esse resultado à reserva de material orgânico presente no solo, já que o nutriente enxofre está intimamente ligado a reserva de matéria orgânica dos solos. Assim de certa forma, a não aplicação de adubos e corretivos favoreceu a absorção de enxofre pela cultura evidenciando que a disponibilidade desse elemento está mais dependente dos processos de mineralização do que propriamente dos adubos aplicados (PAIVA, 1994).

O enxofre é um macronutriente secundário encontrado na natureza nas formas de sulfato, sulfeto e S elementar. Tem importância metabólica nas plantas para a síntese de proteínas, assim sua carência ocasiona distúrbios metabólicos de forma a prejudicar a fotossíntese e a atividade respiratória, assim como o acúmulo de carboidratos (VITTI et al., 2007).

Tabela 21. Comparação de médias dos teores de enxofre (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Manejo	Enxofre (kg/m^3) ¹
Controle	1,27 a
Orgânico	0,86 b
Convencional	0,96 ab

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

A Figura 18 mostra os teores de ferro presente nas diferentes vinhaças de cachaça. Para esse micronutriente não foram observadas diferenças estatísticas para os fatores manejo e variedades (Tabela 22).

Os teores de ferro variaram entre 31,03 a 93,52 ppm, superiores aos valores encontrados por Oliveira et al. (2009) para vinhaça de cachaça de alambique (22-24 ppm) e para vinhaça de destilaria de etanol, segundo Silva et al. (2014), com valores variando de 5 a 8 g/m^3 ($\text{g/m}^3 = \text{ppm}$). Verifica-se que a vinhaça de cachaça de alambique apresenta teor muito mais elevado que a vinhaça de destilaria, provavelmente devido à característica das instalações. No presente trabalho, esse alto valor de ferro encontrado pode ser atribuído as tubulações oxidadas de ferro fundido da instalação, que transmite o mosto da dorna até os alambiques, assim como na tubulação de descarte da vinhaça.

Os micronutrientes são exigidos pelas plantas em pequenas quantidades, porém sua importância é vital no desenvolvimento de forma geral. A falta desses elementos acarreta na redução na produtividade e até a morte das planta. Essas consequências são advindas de desarranjos nos processos metabólicos e funções fisiológicas importantes em vários estados fenológicos das plantas como floração, propagação e frutificação além de proteção contra doenças e pragas (MARSCHNER, 1986).

Figura 18. Valor médio e desvio-padrão do teor de ferro (ppm) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

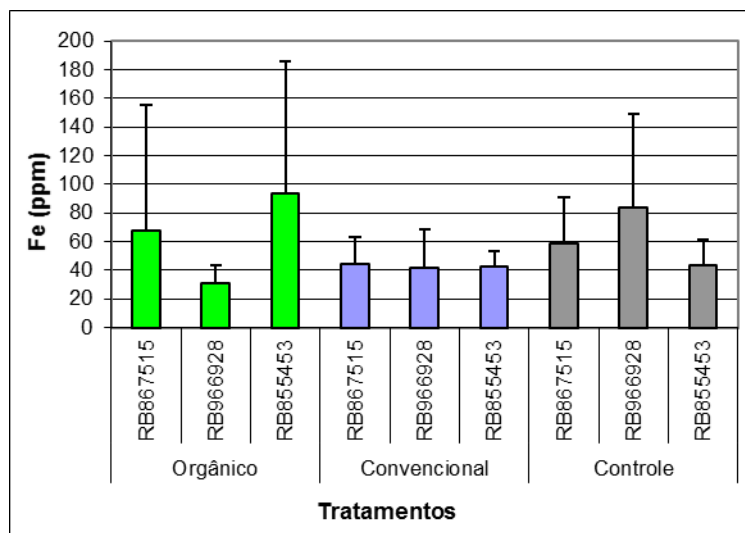


Tabela 22. Análise de variância dos teores de ferro das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	0,54500	0,06812	0,8080 ns
Manejo	2	0,11270	0,05635	0,6683 ns
Variedade	2	0,03542	0,01771	0,2100 ns
Interação	4	0,39688	0,09922	1,1768 ns
Blocos	3	0,45469	0,15156	1,7976 ns
Resíduo	24	2,02352	0,08431	
Total	35	3,02320		

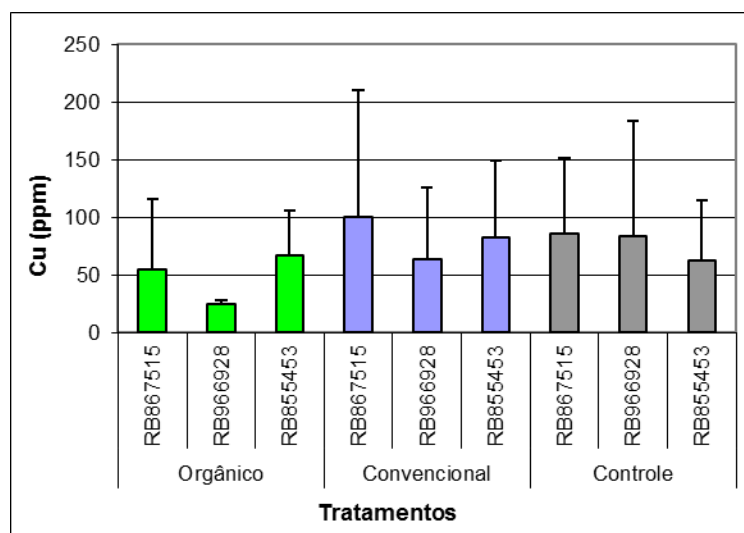
ns= p ≥ 0,05 Coeficiente de variação= 17,66%

Na cultura da cana-de-açúcar, a suplementação com micronutrientes apresenta muitas controvérsias (VASQUEZ; SANCHES, 2010). Mas de maneira geral, observou-se que a absorção de micronutrientes é influenciada por fatores como a idade da planta, o tipo de solo e a variedade considerada. No aspecto de exportação de micronutrientes a ordem é a seguinte: Fe > Mn > Zn (ORLANDO FILHO et al., 2001).

O ferro é um micronutriente importante para as plantas de forma que tem presença marcante nos cloroplastos e é essencial para a síntese da clorofila. As plantas absorvem ferro nas suas raízes na forma de Fe^{+2} e Fe^{+3} . Essa absorção é afetada por elevadas concentrações de cálcio, magnésio, cobre, zinco e principalmente manganês através de inibição competitiva (SOBRAL; WEBER, 1983).

A Figura 19 apresenta os teores de cobre nas diferentes amostras de vinhaça. A análise estatística apontou diferenças somente entre os blocos (Tabela 23).

Figura 19. Valor médio e desvio-padrão dos teores de cobre (ppm) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966928 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.



Observou-se uma variação de 25,46 e 100,21 ppm entre as diferentes amostras de vinhaça de alambique analisadas, já segundo Silva et al. (2014) obteve-se uma média de 3 a 7 g/m^3 para vinhaça de destilaria. Teores ainda menores de cobre foram encontrados por Oliveira et al. (2009) para vinhaça de cachaça de alambique (0,6-1,7 ppm).

Analisando as médias dos blocos, houve diferença significativa no teor de cobre das amostras de vinhaça advindas de cana do bloco 1 em relação aos outros blocos (Tabela 24).

Tabela 23. Análise de variância dos teores de cobre das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	0,67826	0,08478	1,3667 ns
Manejo	2	0,23622	0,11811	1,9039 ns
Variedade	2	0,21202	0,10601	1,7089 ns
Interação	4	0,23002	0,05751	0,9270 ns
Blocos	3	2,48991	0,82997	13,3789 **
Resíduo	24	1,48886	0,06204	
Total	35	4,65703		
ns= p≥ 0,05		Coeficiente de variação= 14,76%		

Tabela 24. Comparação de médias dos valores de Cobre (kg/m³) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Blocos	Cobre (ppm) ¹
1	151,50 a
2	55,04 b
3	43,98 b
4	27,38 b

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

As destilações seguiram a ordem de bloco 1, 2, 3 e 4 e assim pode observar estatisticamente um decréscimo da concentração de cobre conforme as sucessivas destilações, que pode ser indicado pelo acúmulo de cobre oxidado no interior do equipamento entre uma safra e outra. No decorrer das sucessivas destilações, houve a remoção desse elemento através do desprendimento do equipamento, fruto natural da alta temperatura e pressão. Assim no primeiro bloco houve grande deposição de cobre na vinhaça, por causa das 9 destilações sucessivas, já nos outros blocos não houve diferença significativa (Tabela 24).

O cobre é um micronutriente importante para as plantas atuando em funções relacionadas ao crescimento das plantas, além de fazer parte estrutural de algumas enzimas (AN, 2005).

Nesse experimento, o cobre assume um papel importante devido ao equipamento destilatório ser confeccionado inteiramente de cobre. A presença de cobre na cachaça está relacionada às qualidades sensoriais e adequação às normas vigentes de composição da bebida, segundo a legislação da cachaça, que estabelece o limite máximo de 5 mg/L de cobre, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1997).

A dinâmica de produção de cachaça estabelece uma rotina de produção concomitante à época de colheita nos meses de abril até novembro, assim durante um longo período os equipamentos ficam inativos e há formação de “azinhavre” (carbonato básico de cobre solúvel em ácido) nas paredes internas do equipamento destilatório feito em cobre. Essa mistura solúvel $[\text{CuCO}_3, \text{Cu}(\text{OH})_2]$ é fruto da dissolução proveniente de vapores alcoólicos ácidos segundo Lima-Neto et al. (1994). Apesar de feita a limpeza do equipamento com água e limão após destilações consecutivas, pode ter restado resíduos de cobre no equipamento, o que apareceu claramente no primeiro bloco e diminuindo conforme as 36 sucessivas destilações. No entanto, mesmo assim o menor valor de cobre encontrado é muito superior aos reportados na literatura por Oliveira et al. (2009) para vinhaça de cachaça de alambique.

Na Figura 20 estão apresentados os teores de manganês para os fatores manejo e variedades quanto à sua presença na vinhaça de cachaça de alambique. Houve diferença significativa entre os diferentes tipos de manejo (Tabela 25), não havendo diferença entre o orgânico e o convencional (Tabela 26). Os teores de manganês variaram entre 1,30 a 4,72 ppm, no entanto, Silva et al. (2014) obtiveram teores médios mais elevados, variando de 3 a 6 g/m^3 para vinhaça proveniente de destilarias de etanol. Para vinhaça de cachaça de alambique, Oliveira et al. (2009) encontraram valor de 0,9 ppm de Mn, um pouco abaixo do valor aqui encontrado.

O manganês é o segundo micronutriente mais exigido pela cultura da cana de açúcar atuando no metabolismo da planta na fotossíntese, fazendo parte da estrutura de funcionamento e multiplicação de cloroplastos assim como no transporte eletrônico (VITTI et al., 2006).

Figura 20. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de Manganês (ppm) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

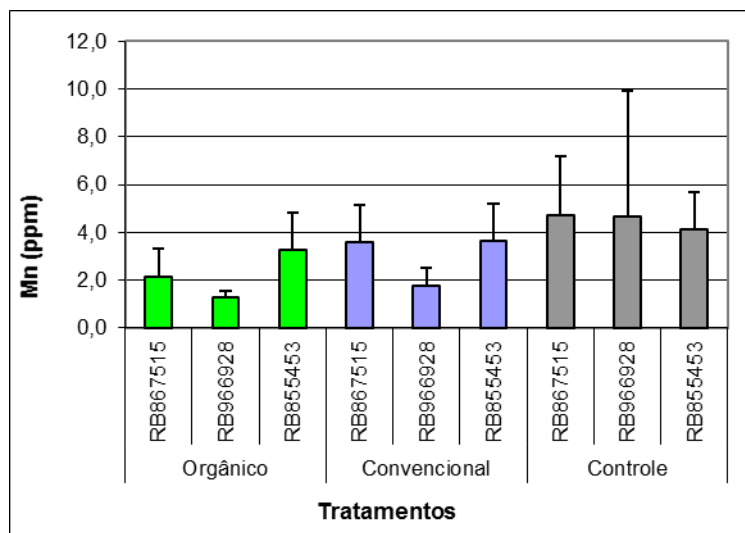


Tabela 25. Análise de variância dos teores de manganês das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	3,88482	0,48560	1,8632 ns
Manejo	2	2,19588	1,09794	4,2128 *
Variedade	2	1,10874	0,55437	2,1271 ns
Interação	4	0,58020	0,14505	0,5566 ns
Blocos	3	1,20990	0,40330	1,5474 ns
Resíduo	24	6,25492	0,26062	
Total	35	11,34964		

ns= p≥ 0,05 Coeficiente de variação= 29,84%

Tabela 26. Comparação de médias dos teores de manganês (kg/m^3) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Manejo	Manganês (ppm) ¹
Controle	4,51 a
Orgânico	2,22 b
Convencional	3,00 ab

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

Na Figura 21 estão apresentadas as concentrações de zinco das diferentes amostras de vinhaça. Houve diferença significativa somente entre os blocos, sendo as médias dos blocos 1 e 3 estatisticamente diferentes entre si (Tabelas 27 e 28). Essa diminuição no teor de zinco também evidencia a diferença na maturação das canas colhidas em setembro e colhidas em outubro. Os teores de zinco variaram entre 2,79 a 6,70 ppm, semelhantes aos teores médios encontrados por Silva et al. (2014), variando de 2 a 7 g/m^3 para vinhaças provenientes de destilarias de etanol. Para vinhaça de cachaça de alambique, Oliveira et al. (2009) observaram valores de 2,4 a 3,9 ppm.

Figura 21. Valor médio e desvio-padrão da quantidade de zinco (ppm) presente nas amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

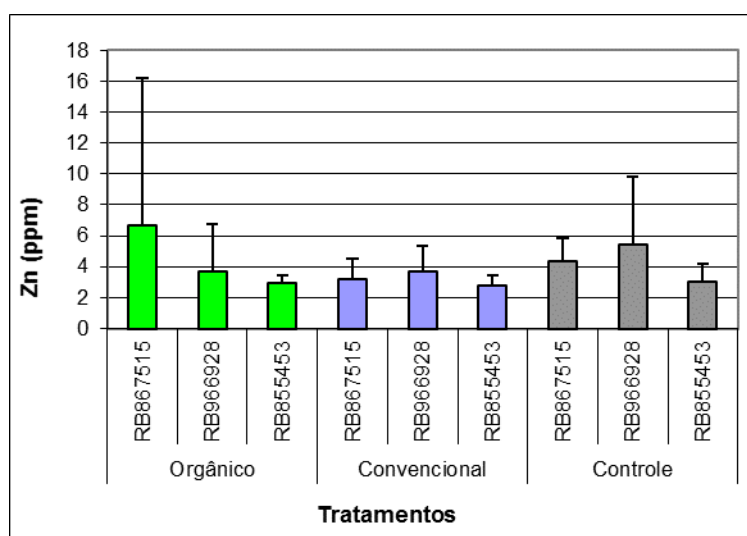


Tabela 27. Análise de variância dos teores de zinco das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Tratamentos	8	0,11905	0,01488	0,5096 ns
Manejo	2	0,06624	0,03312	1,1342 ns
Variedade	2	0,00471	0,00236	0,0807 ns
Interação	4	0,04811	0,01203	0,4119 ns
Blocos	3	0,35206	0,11735	4,0190 *
Resíduo	24	0,70081	0,02920	
Total	35	1,17193		
ns= p≥ 0,05		Coeficiente de variação= 29,18%		

Tabela 28. Comparação de médias dos valores de zinco (kg/m³) das amostras de vinhaça coletadas após destilação para obtenção de cachaça, produzida com três variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB966929 e RB855453) cultivada sob manejos orgânico, convencional e controle.

Blocos	Zinco (kg/m ³) ¹
1	6,69 b
2	3,55 ab
3	2,38 a
4	3,39 ab

¹ Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade

O zinco é um micronutriente importante devido ao seu papel na formação do ácido indol acético (AIA). Esse elemento tem atuação nas atividades genéticas das plantas de forma a inibir a hidrólise do RNA e auxiliar na síntese proteica e na divisão celular (SOBRAL; WEBER, 1983).

Para melhor visualizar o conjunto dos resultados acima descritos no intuito de avaliar se houve influência do manejo e das variedades de cana-de-açúcar sobre a composição da vinhaça de cachaça de alambique e comparar a sua composição com aquela relatada por outros autores, apresenta-se a Tabela 29, a qual sumariza os resultados ao mesmo tempo em que faz a análise comparativa.

Tabela 29. Resumo dos resultados obtidos no presente trabalho em comparação com dados da literatura.

Análise	Influência do manejo ¹	Influência da variedade ²	Faixa de variação			Destaque deste trabalho ⁶	
			Este trabalho	Vinhaça de cachaça ³	Vinhaça de cachaça ⁴		Vinhaça de etanol ⁵
pH	não	não	3,68-4,30	4,3	3,3-3,5	n.d.	
C (kg/m ³)	sim (conv>org)	não	8,53-19,95	15,8	n.d.	n.d.	
M.O. (kg/m ³) ⁷	n.d.	n.d.	14,71-34,39⁷	27,23 ⁷	n.d.	13,20-20,10	
N (kg/m ³)	não	não	0,48-1,35	0,28	0,23-0,33	0,10-0,33	+
C/N	não	não	12,58-36,42	56,42 ⁸	n.d.	35,33-76,60 ⁸	-
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	não	não	0,09-0,47	0,352	0,07-0,20	0,09-0,12	+
K ₂ O (kg/m ³)	sim (conv>org)	não	0,94-2,43	0,46	0,73-0,88	1,25-1,70	+
CaO (kg/m ³)	não	sim (RB867515)	1,17-3,42	n.d.	0,13-0,14	0,31-0,57	+
MgO (kg/m ³)	sim (conv>org)	sim (RB855453)	1,84-3,64	n.d.	0,13-0,14	0,20-0,35	+
SO ₄ (kg/m ³)	não	não	0,55-1,51	n.d.	0,33-0,35	1,30-1,50	+
Fe (ppm)	não	não	31,03-93,52	n.d.	22-24	5,0-8,0	+
Cu (ppm)	não	não	25,46-100,21	n.d.	0,6-1,7	3,0-7,0	+
Mn (ppm)	não	não	1,30-4,72	n.d.	0,9	3,0-6,0	
Zn (ppm)	não	não	2,79-6,70	n.d.	2,4-3,9	2,0-7,0	

¹ Comparação entre manejo convencional (conv) e orgânico (org)

² Variedade que apresentou maior resultado significativo

³ Margarido et al. (2010)

⁴ Oliveira et al. (2009)

⁵ Silva et al. (2014)

⁶ Teor mais elevado (+) ou mais baixo (-) que os valores das referências ^{3,4 e 5}

⁷ M.O. (Matéria orgânica)= C X 1,724

⁸ Valores calculados a partir das concentrações de matéria orgânica e nitrogênio
n.d.= não determinado

De uma forma geral, houve efeito do manejo (orgânico e convencional) somente sobre três elementos da composição da vinhaça, C, K e Mg, sendo que os maiores teores se apresentaram na vinhaça advinda do manejo convencional. Quanto à variedade, houve efeito significativo somente em relação ao Ca e Mg, destacando-se a variedade RB867515 para Ca, e a variedade RB855453 para Mg. Assim, pode-se concluir que ambos – manejo e variedade – tiveram pouca influência sobre a composição da vinhaça de cachaça de alambique, estando esta mais sujeita às condições em que foram realizadas especialmente as destilações do mosto fermentado para obtenção da bebida.

Cabe destacar o teor de matéria orgânica das vinhaças de cachaça, que se apresentaram mais altas, em média, em comparação com a vinhaça de etanol (LELIS NETO, 2008). Comparando-se entre vinhaças de cachaça, houve amostra que apresentou teor ainda mais elevado nos experimentos aqui realizados.

As vinhaças obtidas no presente trabalho, considerando-se os valores médios independentemente do manejo e variedade, apresentaram composição rica em macronutrientes quando comparadas com as composições de vinhaça de cachaça e de destilaria, destacando-se o N, P, K, Ca, Mg e S. Porém, também apresentaram teores mais elevados de micronutrientes como Fe e Cu, demandando uma avaliação mais criteriosa para verificar em que extensão a concentração desses micronutrientes pode afetar o desenvolvimento da planta no caso de usar a vinhaça na fertirrigação.

6 CONCLUSÕES

O manejo e a variedade de cana-de-açúcar tiveram pouca influência sobre a composição da vinhaça de cachaça de alambique, estando esta mais sujeita às condições em que foram realizadas especialmente as destilações do mosto fermentado para obtenção da bebida. As vinhaças obtidas no presente trabalho, considerando-se os valores médios independentemente do manejo e variedade, apresentaram composição rica em macronutrientes e micronutrientes quando comparadas com as composições de vinhaça de cachaça e de destilaria encontradas na literatura, destacando-se o N, P, K, Ca, Mg e S, e Fe e Cu, respectivamente.

7 LITERATURA CITADA

ABRABE-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS. Categorias. Disponível em: <<http://www.abrabe.org.br/categorias>>. Acesso em: 16 Dez 2015.

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características de qualidade. In: MALAVOLTA, E. (Coord.). **Seminário sobre corretivos agrícolas**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. p. 97–117.

ALMEIDA, J.R. O problema da vinhaça em São Paulo. **Boletim Técnico COPERSUCAR**, v.3, p.1-21, 1952.

AN, Y.J. Assessment of comparative toxicities of lead and copper using plant assay. **Chemosphere**, v.62, p.1359–1365, 2005.

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E.C.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; RODRIGUES, J.D.; TOURO, L.T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2437-2446, 2000.

APOLARI, J.P. **Sistema de produção orgânico de milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), consorciado com soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp).** 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

APOLARI, J.P. **Efeito da aplicação de composto orgânico sobre a qualidade do solo cultivado com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp).** 2015. 131 f. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2015.

BERNARDES, C.D.; FIGUEIREDO, M.C.P.; BARBEIRA, P.J.S. Developing a PLS model for determination of total phenolic content in aged cachaças. **Microchemical Journal**, v.116, p.173-177, 2014.

BIZELLI, L.C.; RIBEIRO, C.A.F.; NOVAES, F.V. Dupla destilação da aguardente de cana: teores acidez total e de cobre. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.623-627, 2000.

BLANKENAU, K. Cálcio nos solos e nas plantas. **Informações Agronômicas**, n.117, p.17-19, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto no. 2314, de 04 de setembro de 1997. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília - DF, seção 1, p.19549.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 13, de 29 de junho de 2005. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília – DF, 30 jun. 2005. p. 3.

CAETANO, A.F.P. Os Sás em maus lençóis... A revolta da cachaça e a revolta de beckman nas disputas político-econômica da América portuguesa. Disponível em: <http://www.cerescaico.ufrn.br/mneme/anais/st_trab_pdf/pdf_6/antonio_st6.pdf>. Acesso em: 01 Abril 2017.

CANA ONLINE. Variedade de cana RB966928 é a mais plantada no Brasil. Ribeirão Preto, 2015. Disponível em: <<http://www.canaonline.com.br/conteudo/variedade-de-cana-rb966928-e-a-mais-plantada-no-brasil.html#.WJs4bYWcE-h>>. Acesso em: 15 Jan 2017.

CASCUDO, L.C. **História da alimentação no Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1983.

CASCUDO, LC. **Prelúdio da cachaça**. São Paulo: Global, 2006.

CECCATO-ANTONINI, S.R. **Microbiologia da fermentação alcoólica: a importância do monitoramento microbiológico em destilarias**. São Carlos: EDUFSCar, 2010, 105 p.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma técnica P4.231**: Vinhaça: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola., São Paulo, 2006. 12 p.

CHRISTOFOLETTI, C.A.; ESCHER, J.P.; CORREIA, J.E.; MARINHO, J.F.U; FONTANETTI, C.S. Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. **Waste Management**, v.33, p.2752-2761, 2013.

COELHO, R.C.S. **Caracterização qualitativa e viabilidade da cachaça orgânica**. 2016. 123 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, 2016.

COLETI, J.T.; CASAGRANDE, J.C.; STUPIELLO, J.J.; RIBEIRO, L.D.; OLIVEIRA, G.R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em argisolos, variedades RB83486 e SP81-3250. **Revista STAB**, n.6, p.1-33, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar. Safra 2016/17. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_27_16_30_01_boletim_cana_portugues_-3o_lev_-_16-17.pdf>. Acesso em: 01 Abr 2017.

COPERSUCAR. Aproveitamento da vinhaça: viabilidade técnico-econômica.

Boletim Técnico Copersucar, v.8, p.1-66, 1978.

DELGADO, A.A.; DELGADO, A.P. **Produção de açúcar mascavo, rapadura e melaço**. Piracicaba: Ed. Alves, 1999. 154 p.

EMBRAPA-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI - Embrapa-CNPS, 2006. 306 p.

ESPAÑA-GAMBOA, E.; MIJANGOS-CORTES, J.; BARAHONA-PEREZ, L. Vinasses: characterization and treatments. **Waste Management & Research**, v.2, p.1235-1250, 2011.

FERREIRA, E.S.; MONTEIRO, A.O. Efeitos da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. **Boletim Técnico Copersucar**, v.37, p.3-7, 1987.

FERREIRA, L.F.R. **Biodegradação de vinhaça proveniente do processo industrial de cana-de-açúcar por fungos**. 2009. 134 f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FERREIRA, L.F.R.; AGUIAR, M.M.; MESSIAS, T.G.; POMPEU, G.B.; LOPEZ, A.M. Q.; SILVA, D.P.; MONTEIRO, R.T. Evaluation of sugarcane vinasse treated with *Pleurotus sajor-caju* utilizing aquatic organisms as toxicological indicators. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.74, p.132-137, 2011.

FREIRE, W.J.; CORTEZ, L.A.B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203 p.

FUENTES-RAMIREZ, L.E.; CABALLERO-MELLADO, J.; SEPULVEDA, J.; MARTINEZ-ROMERO, E. Colonization of sugarcane by *Acetobacter diazotrophicus* is inhibited by high N-fertilization. **FEMS Microbiology Ecology**, v.29, p.117-128, 1999.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 658 p.

GLÓRIA, N.A.; ORLANDO FILHO, J. **Aplicação de vinhaça como fertilizante**. São Paulo: Copersucar, 1983. 38p.

GOEDERT, W.J; LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, n.3, p.311-318, 1980.

GOODING, E.G.B. Effect of quality of cane on its value as livestock feed. **Tropical Animal Production**, v.7, n.1, p.72-91, 1982.

GRANATO, E.F. **Geração de energia através da biodigestão anaeróbica da vinhaça**. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Faculdade de Engenharia da UNESP, 2003.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ARAÚJO, R.S. **Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro**. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.188-294.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol – safra 2015/2016. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 Ago 2016.

IBRAC. INSTITUTO BRASILEIRO DA CACHAÇA. Cachaça na mídia. Disponível em: <www.ibraccachaças.org>. Acesso em: 24 Jun 2015.

IFOAM. International Federation of Organic Agriculture Movements. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Ackerstrasse, 5070 Frick, Switzerland, The

WORLD OF ORGANIC AGRICULTURE. Statistics and Emerging Trends 2010. IFOAM, Bonn and FiBL, 2010. 244p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

LAIME, E.M.; FERNADES, P.D.O.; SOUZA, D.C.D. Possibilidades tecnológicas para a destinação da vinhaça: uma revisão. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.5, p. 16-29, 2011.

LEAL, J.R.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; ROSSIELO, R.O.P. Potencial redox e pH: variação em um solo tratado com vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.257-261, 1983.

LEAL, R.M.P.; HERPIN, U.; FONSECA, A.F.; FIRME, L.P.; MONTES, C.R.; MELFI, A.J. Sodicity and salinity in a Brazilian Oxisol cultivated with sugarcane irrigated with waste water. **Agricultural Water Management**, v.96, p.307-316, 2009.

LELIS NETO, J.A. **Monitoramento de componentes químicos da vinhaça aplicados em diferentes tipos de solo**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 2008.

LIMA-NETO, B.S.; BEZERRA, C.W.B.; POLASTRO, L.; CAMPOS, P.; NASCIMENTO, R.F.; FURUYA, S.M.B.; FRANCO, D.W. O cobre em aguardentes brasileiras: sua quantificação e controle. **Química Nova**, v.17, p.220-225, 1994.

LUDOVICE, M.T.F. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático**. 1997. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, 1997.

MARGARIDO, L.A.C.; CASAGRANDE, J.C.; SILVA, L.C.F.; MANIERO, M.A.; STOLF, R.; FERREIRA, A.J.D. Vinhaça no tomateiro. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, n.63, p. 22-24, 2010.

MARGARIDO, L.A.C.; RUAS, D.G.G.; LAVORENTI, N.; BESKOW, P.R.; STOLF, R. Produção orgânica da cana-de-açúcar, açúcar mascavo, melaço e rapadura: uma experiência. **Extensão Rural e Desenvolvimento Sustentável**, v.1, p.39-43, 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in higher plants**. London: Academic, 1986. 674 p.

MATSUOKA, S.; MARGARIDO, L.A.C.; LAVORENTI, N.A.; ELIAS JÚNIOR, R.; PINELL, D.M. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar em um sistema orgânico de produção. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002, Recife. Anais... Recife: [s.n.], 2002. p. 301-308.

MELO, T.S. Registros Coloniais inscritos nos mapas da antiga Vila de Igarassu, Pernambuco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA HISTÓRICA, 1., Paraty. Anais... 2011.

MIDDAS. Entenda a diferença da produção de cachaça de alambique para a de coluna (industrial). 2015. Disponível em: <<http://www.middascachaca.com.br/news/diferenca-cachaca-alambique-para-coluna.html>>2015>. Acesso em: 25 Mar 2017.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei Pouco Húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.209 – 215, 2000.

MME-MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Resenha Energética Brasileira. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha+Energ%C3%A9tica+-+Brasil+2015.pdf/4e6b9a34-6b2e-48fa-9ef8-dc7008470bf2>>. Acesso em: 20 Out 2015.

MORAES, A.C.R. Bases da formação territorial do Brasil. **Geografares**, n.2, p.105-114, 2001.

NOVA CANA.COM. 69% de toda cana plantada no Brasil na safra 2014/15 são variedades RB. O Estado de São Paulo, São Paulo, 19 nov. 2014. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/cana/variedades/variedades-rb-respondem-plantio-cana-191114/>>. Acesso em: 16 Jan 2017.

NOVAIS, R.F.; SMITH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

NUNES, M.R.; VELLOSO, A.C.X.; LEAL, J.R. Efeito da vinhaça nos cátions trocáveis e outros elementos químicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, p.171-176, 1981.

OLIVEIRA, E.L.; ANDRADE, L.A.D.B.; FARIA, M.A.; EVANGELISTA, A.W.P.; MORAIS, A.R.D. Uso de vinhaça de alambique e nitrogênio em cana-de-açúcar irrigada e não irrigada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p. 1398-1403, 2009.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; CASAGRANDE, A. A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M. E. (Coord.). **Micronutriente e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. v. 1, p.355-373.

PAIVA, P.J.R. **Enxofre no sistema solo-planta-animal**. Campo Grande: Embrapa, 1994. 48 p.

PASCHOAL, A. D. **Produção orgânica de alimentos: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI. Guia técnico e normativo para o produtor, o comerciante e o industrial de alimentos orgânicos e insumos naturais**. Piracicaba: ESALQ / USP, 1994.

PBDCA. Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Cachaça. Disponível em: <<http://www.pbdac.com.br>>. Acesso em: 15 Dez 2015.

PRIMAVESI, A.M. **Agricultura orgânica & agricultura familiar. Sistema orgânico de produção: sustentabilidade para a agricultura familiar.** Campinas: CATI, 2001. 169 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. Ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação, 1996. 39 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RIBEIRO, B.T.; LIMA, J.M.D.; ROBERTO, L.; GUILHERME, G.; GUSTAVO, L.; JULIÃO, F. Lead sorption and leaching from an inceptisol sample amended with sugarcane vinasse. **Scientia Agricola**, v.67, p.441-447, 2010.

RIDESA. **Catálogo nacional de variedades RB de cana-de-açúcar.** Curitiba: Ridesa, 2010. 136p.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; TAVARES, S. Potássio. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar.** 1a. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. 882 p.

SALES, L.R.; CESAR, L.E.V.; BRUZI, A.T.; NUNES, J.A.R.; ANDRADE, L.A.B.; LOPES, M.F. Seleção de cultivares de cana-de-açúcar potenciais para o município de Lavras. **Revista Agrogeoambiental**, v.8, n.1, p.97-109, 2016.

SATYAWALI, Y.; BALAKRISHANAN, M. Wastewater treatment in molasses based alcohol distilleries for COD and color removal: a review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.86, p.481-497, 2008.

SEBRAE-MG. **Diagnóstico de cachaça em Minas Gerais.** Belo Horizonte: SEBRAE, 2001. 259 p.

SILVA, A.P.M.; BONO, J.A.M.; PEREIRA, F.A.R. Aplicação de vinhaça na cultura de cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.38-43, 2014.

SILVA, G.N.; ORLANDO FILHO, J. Concentração da composição química dos diferentes tipos de vinhaça do Brasil. **Boletim Técnico PLANALSUCAR**, v.8, p.5-22, 1981.

SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.62, p. 108-114, 2007.

SILVA, V.L. **Estudo econômico das diferentes formas de transporte de vinhaça em fertirrigação na cana-de-açúcar**. 2009. 46 f. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2009.

SOBRAL, A.F.; WEBER, H. Nutrição mineral de cana-de-açúcar (micronutrientes). In: ORLANDO FILHO, J. (Ed.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.103-122.

TEJADA, M.; MORENO, J.L.; HERNANDEZ, M.T.; GARCIA, C. Application of two beet vinasse forms in soil restoration: Effects on soil properties in an arid environment in Southern Spain. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.119, p.298-298, 2007.

TRIVELLATO, M.D.; FREITAS G.B. **Alimentos orgânicos: produção, tecnologia e certificação**. Viçosa: UFV, 2003. 230 p.

VAZQUEZ, G.H.; SANCHES, A.C. Formas de aplicação de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v.7, n.1, p.267-276, 2010.

VITTI, G.C.; HEIRINCHS, R. Formas tradicionais e alternativas de obtenção e utilização no nitrogênio e do enxofre: uma visão holística. In: YAMADA, T.;

ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Eds.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p.109-160.

VITTI, G.C.; OLIVEIRA, D.B.; QUINTINO, T.A. Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p.121-138.

WIEND, T. Magnésio no solo e nas plantas. **Informações Agronômicas**, n.117, p.19-21, 2007.