



## Avaliação da formação dos compostos secundários durante o processo fermentativo de produção da cachaça

Bárbara Dias Machado<sup>1</sup>

Elaine Cristina da Conceição<sup>2</sup>

Thatiane Magalhães Teixeira<sup>3</sup>

Alan Rodrigues Teixeira Machado<sup>4</sup>

### RESUMO

A cachaça é um produto típico do Brasil que vem ganhando espaço no mercado. Ela é obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar e seu processo de produção pode ser resumido em: preparação dos insumos, extração do caldo, fermentação e destilação. Durante a fermentação alcoólica, são formados álcoois, dióxido de carbono e outros compostos secundários que são responsáveis pelo aroma e sabor dos destilados. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a formação desses compostos durante o processo fermentativo realizado em uma fábrica de cachaça localizada em Bom Jesus do Amparo – Minas Gerais. O processo foi acompanhado por 35 dias e a formação dos compostos orgânicos foi investigada em função do tempo. Além disso, foi observada a relação com os padrões estipulados pela legislação brasileira. Ao longo do estudo, foram obtidas variações significativas do produto final em alguns parâmetros, tais como: o aumento da acidez volátil e de ésteres totais e a redução dos álcoois superiores. Por outro lado, contaminantes orgânicos não foram registrados em quantidades significativas.

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, Campus Buritis. É pesquisadora do Laboratório Amazile Biagioni Maia (LABM), na área de alimentos e bebidas, MG, Brasil. E-mail: [barbaradias96@hotmail.com](mailto:barbaradias96@hotmail.com).

<sup>2</sup>Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, Campus Buritis. É pesquisadora e coordenadora no Laboratório Amazile Biagioni Maia (LABM), na área de alimentos e bebidas, MG, Brasil. E-mail: [elainecon2008@hotmail.com](mailto:elainecon2008@hotmail.com).

<sup>3</sup>Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, Campus Buritis. Pós-Graduada em Gestão e Auditoria de Sistemas da Qualidade pelo Centro Universitário Una. É analista de qualidade na Rede Metrológica de Minas Gerais (RMMG), MG, Brasil. E-mail: [thatianemteixeira@outlook.com](mailto:thatianemteixeira@outlook.com).

<sup>4</sup>Graduado em Química e Mestre em Agroquímica pela Universidade Federal de Lavras – UFLA. Doutor em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Atualmente é professor da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, do Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH e orientador permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UEMG, Unidade de Frutal, MG, Brasil. E-mail: [alanvisconde@gmail.com](mailto:alanvisconde@gmail.com).



**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar. Cromatografia. Álcoois Superiores. Fermentação.

## *Evaluation of formation of secondary compounds during the fermentation process of cachaça production*

### **ABSTRACT**

*Cachaça is a typical Brazilian product that has been gaining space on the market, it is obtained by the distillation of the fermented must from the sugarcane juice and its production process can be summarized in: preparation of the inputs, extraction of the juice, fermentation and distillation. During alcoholic fermentation, alcohols, carbon dioxide and other secondary compounds are formed that are responsible for the aroma and flavor of the distillates. The objective of the work was to evaluate the formation of these compounds during the fermentation process of a sugarcane liquor factory located in Bom Jesus do Amparo – Minas Gerais, for 35 days, where the formation of these compounds was investigated according to time and related to the stipulated standards Brazilian law. Throughout the study, significant variations were obtained in the final product in some parameters, such as: the increase in volatile acidity and total esters and the reduction of higher alcohols. On the other hand, organic contaminants were not recorded in significant amounts.*

**Keywords:** *Sugarcane. Chromatography. Higher Alcohols. Fermentation.*

Artigo recebido em: 12/08/2021

Aceito em: 01/11/2021

## 1. INTRODUÇÃO

Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil. Com graduação alcoólica entre 38 e 48 % (v/v) a 20 °C, essa bebida é obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares (BRASIL, 2005). A produção da cachaça pode ser resumida nas seguintes etapas: preparação dos insumos, extração do caldo, fermentação e destilação. Durante a fermentação alcoólica, os açúcares são transformados em álcoois e dióxido de carbono, sendo o álcool etílico um dos constituintes principais. Além desses compostos, há, normalmente, a formação de quantidades reduzidas de outras substâncias, que recebem a denominação de produtos secundários. São exemplos destes os ácidos carboxílicos, os ésteres, os aldeídos e os álcoois superiores (CARDOSO, 2013; CANUTO, 2013). Esses compostos são responsáveis pelo aroma e sabor dos destilados em geral, em especial os ésteres e aldeídos (SAERENS *et al.*, 2008; MARINHO, 2017).

As quantidades verificadas desses compostos variam muito de cachaça para cachaça, ultrapassando, em alguns casos, os níveis permitidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2005). Com isso, é evidente a necessidade de o produtor estar sempre atento ao processo de fabricação da aguardente, por meio da realização periódica de análises físico-químicas para cada lote produzido (MAIA; CAMPELO, 2006), uma vez que não se sabe ao certo qual é a relação entre o tempo de troca do pé de cuba (se trata da suspensão, no mosto, dos microrganismos usados na fermentação em uma concentração ideal) com a formação dos compostos secundários.

No Brasil, os padrões de identidade e qualidade da cachaça são indicados pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. As quantidades de compostos secundários totais devem estar entre 200 mg a 650 mg/100 ml de álcool anidro, sendo os limites máximos de 150 mg/100 ml de álcool anidro, 200 mg/100 ml de álcool anidro, 5 mg/100 ml de álcool anidro, 30 mg/100 ml de álcool anidro, 360 mg/100 ml de álcool anidro para acidez volátil em ácido acético, ésteres totais (expressos em acetato de etila), soma de furfural e hidroximetilfurfural, aldeídos totais (expressos em acetaldeído) e álcoois superiores, respectivamente.

Para os contaminantes orgânicos, os limites são de 20 mg/100 ml de álcool anidro de álcool metílico, 10 mg/100 ml de álcool anidro de álcool sec-butilico, 3 mg/100 ml de álcool anidro de álcool n-butilico, e a concentração da acroleína (2-propenal) não deve ser superior a 5 mg/100 ml de álcool anidro. Além disso, o limite máximo do carbamato de etila é de 210 µg/L (BRASIL, 2005). Esse composto, pertencente ao grupo dos compostos orgânicos classificados como ésteres etílicos do ácido carbâmico (CH<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>), também é conhecido como uretana (SILVA *et al.*, 2020a). Outro ponto importante é que alguns compostos secundários representam um perigo para a saúde pública, como o metanol, que pode causar dor de cabeça e cegueira, e o carbamato de etila, que possui efeito carcinogênico (ANJOS *et al.*, 2011; JUNIOR, 2011; RIACHI *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2020b).

Diante do exposto, fica clara a importância de conhecer as concentrações dos compostos secundários durante o processo de fabricação da cachaça. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a formação desses compostos durante o processo fermentativo realizado em uma fábrica de cachaça localizada em Bom Jesus do Amparo – Minas Gerais. Também é objetivo deste trabalho apresentar a investigação, realizada por um período de 35 dias, da relação do tempo com a formação desses compostos.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Coleta e amostragem**

Durante a produção de cachaça foram realizados dois processos de destilação para obtenção do produto final. Os destilados obtidos foram armazenados em uma única dorna. Para o processo de amostragem, às 07h00, nessa mesma dorna de armazenamento, 500 ml de cachaça foram coletados. Em seguida, as amostras foram armazenadas em garrafas transparentes lacradas e devidamente etiquetadas com a data da coleta e a identificação numérica de destilação, encaixotadas e enviadas para o Laboratório Amazile Biagioni Maia (LABM). No total, 35 amostras foram coletadas entre os meses de agosto e outubro de 2020. A primeira e a última amostras foram coletadas nos dias 29/08/2020 e 04/10/2020,

respectivamente. Durante o período de coleta, ocorreram pausas na produção nos dias 09/09/2020 e 20/09/2020.

## **2.2 Determinação do teor alcoólico**

Os teores alcoólicos aparente e real das amostras foram obtidos segundo metodologia de Brasil (2005). Para tanto, utilizou-se um alcoômetro digital SNAP-41 (Anton Paar) e, para determinação do teor alcoólico real, as amostras foram destiladas em um micro destilador de álcool TE-250 (Tecnal).

## **2.3 Avaliação dos compostos secundários**

A quantificação dos compostos secundários foi realizada segundo a metodologia de Brasil (2005). Utilizou-se o método da curva analítica obtida em cromatógrafo gasoso GCROM Geração 8000 equipado com detector de ionização de chamas (CG-FID). A coluna cromatográfica utilizada foi Carbowax20M (30 m x 0,53 mm, 1,0 µm de diâmetro interno) da Ohio Valley (Marietta, OH, USA). A programação da rampa de temperatura do forno foi de 35 °C (3,0 min), 35-80 °C (5,0 °C/min), 80 °C (3 min), 80-165 °C (6,1 °C/min). As temperaturas do injetor e do detector foram de 140 e 180 °C, respectivamente. O volume de injeção foi 2 µL no modo split (1:1) e o gás de arraste utilizado foi o nitrogênio (6,0 ml/min).

## **2.4 Avaliação do carbamato de etila**

A quantificação do carbamato de etila foi realizada utilizando um cromatógrafo a gás Agilent 7820 A com detector de espectrometria de massas Agilent 5977E. A coluna cromatográfica utilizada foi uma HP-FFAP (50 m x 0,20 mm x 0,33 µm). Empregou-se a seguinte programação de temperatura para o forno: 90 °C (2 min) elevada a 10 °C/min até 150 °C e então elevada a 40 °C/min até 230 °C. A temperatura do injetor foi de 230 °C, com volume de injeção de 2,0 ml no modo Split, com razão (5:1) e utilizando como gás de arraste o hélio com fluxo de (1,5 ml/min).

## 2.5 Avaliação do carbamato de etila

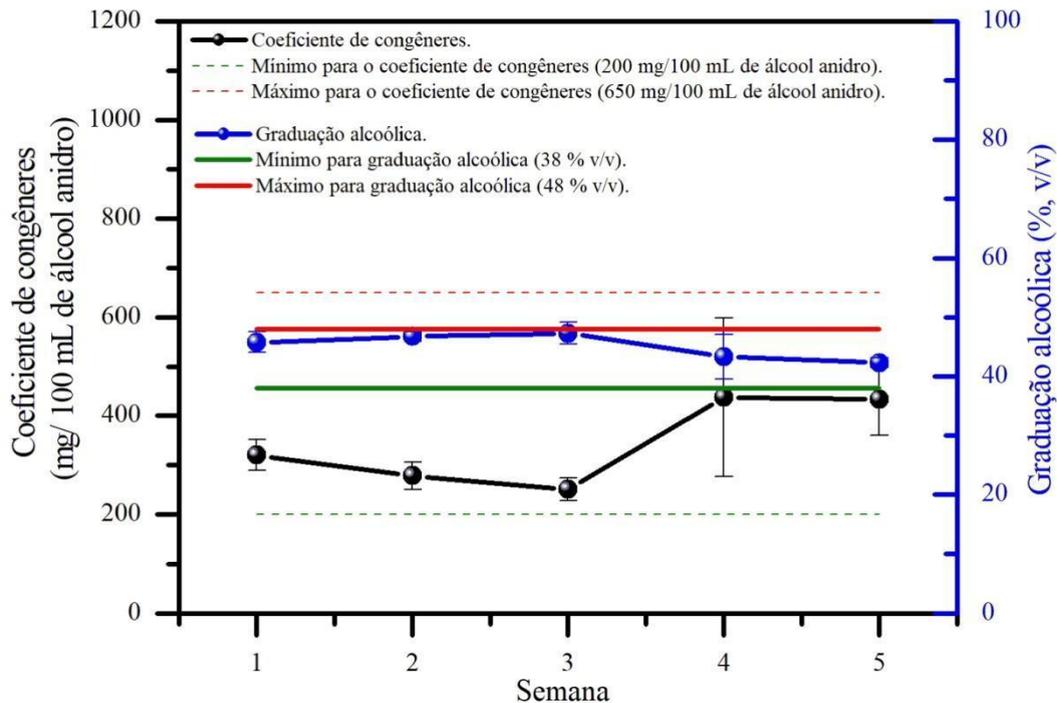
A acidez volátil obtida foi calculada pela diferença entre a acidez total e a acidez fixa, de acordo com a metodologia de Brasil (2005).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As trinta e cinco amostras foram analisadas nos parâmetros: grau alcoólico, acidez total, acidez volátil, aldeído acético, acetato de etila, álcool metílico, álcool sec-butílico, álcool n-propílico, álcool isobutílico, álcool n-butílico, álcool isoamílico, lactato de etila, furfural, ésteres totais, álcoois superiores totais e coeficiente de congêneres (soma das concentrações dos seguintes compostos: acetaldeído, acetato de etila, álcool n-propílico, álcool isobutílico, álcoois isoamílicos, furfural e hidroximetilfurfural).

Optou-se por apresentar os resultados a partir do agrupamento das amostras em função das semanas das coletas, isto é, cinco grupos [semana 1 (amostras 1 a 7), semana 2 (amostras 8 a 14), semana 3 (amostras 15 a 21), semana 4 (amostras 22 a 28), e semana 5 (amostras 29 a 35)]. Em cada grupo, os resultados representam a média simples de cada parâmetro, realizada em triplicata. Esse agrupamento foi realizado devido à baixa variação dos resultados dos compostos durante o período de produção da cachaça. Observou-se que o grau alcoólico variou entre 42,30 e 47,30 % v/v, estando dentro dos limites mínimo e máximo estabelecidos pela legislação (Figura 1). Os resultados obtidos para os coeficientes congêneres e aldeídos totais também foram registrados na faixa estabelecida pela legislação (Figuras 1 e 2).

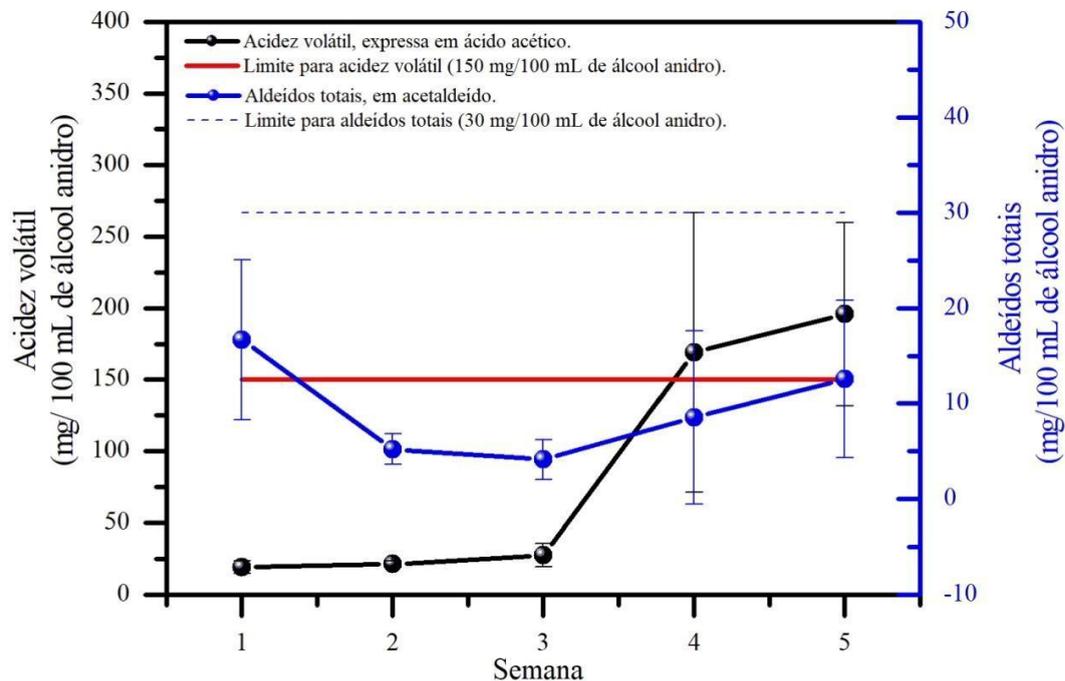
**Figura 1:** Graduação alcoólica e coeficiente de congêneres de amostras de cachaça coletadas durante cinco semanas\*



\*Os limites apresentados são estabelecidos pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005

Fonte: Autoria própria.

Observou-se ainda um aumento considerável da acidez volátil na cachaça (Figura 2). Na semana 1, a média dos resultados da acidez foi de 19,07 mg/100 ml de álcool anidro, e nas semanas 4 e 5 os valores médios foram de 169,06 e 195,73 mg/100 ml de álcool anidro, respectivamente. Esses resultados estão acima do máximo permitido pela legislação (150 mg/100 ml de álcool anidro). A acidez volátil elevada é geralmente atribuída à contaminação do mosto por bactérias lácticas e acéticas ou pelas próprias leveduras, que produzem o ácido acético (CARDOSO, 2013). As bactérias acéticas causam a oxidação do acetaldeído em ácido acético. Por isso, é registrado o aumento da acidez volátil. Já as bactérias lácticas causam um efeito de oxidação parcial dos açúcares em ácido láctico, contribuindo, também, para o aumento da acidez volátil (MARINHO, 2017). Deve-se ainda destacar que a assepsia inadequada das dornas e a variações das condições de fermentação também contribuem para a acidez elevada (SILVA *et al.*, 2014).

**Figura 2:** Acidez volátil e aldeídos totais nas amostras de cachaça coletadas durante o período de produção de cinco semanas\*

\*Os limites apresentados são estabelecidos pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005

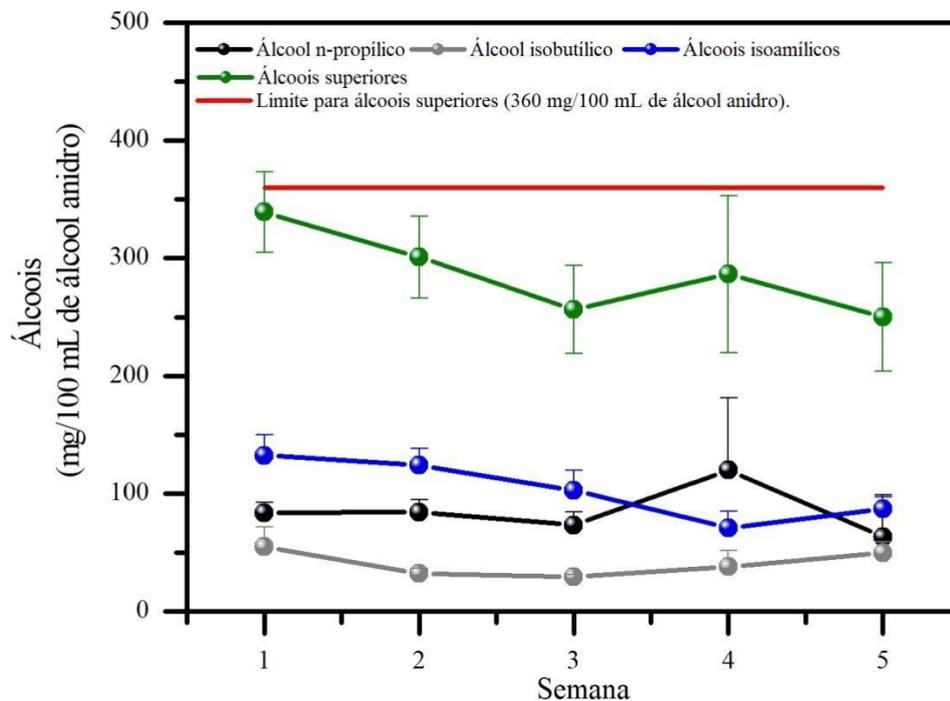
Fonte: Autoria própria.

Neste sentido, deve-se lembrar que durante a safra ocorreram pausas quinzenais, registradas nos dias 09/09/2020 (semana 2) e 20/09/2020 (semana 4). Observou-se que a acidez volátil mensurada na semana 2 apresentou média próxima aos valores encontrados para semana 1 e semana 3, porém, na semana 4, o valor registrado foi elevado. A partir disso, formula-se a hipótese de que a diminuição da viabilidade celular do inóculo na segunda pausa contribuiu para o aumento da acidez. Deve-se destacar ainda o maior tempo de permanência do vinho dentro da dorna de fermentação, isto é, o contato com as leveduras propicia a intoxicação delas e, provavelmente, favoreceu a contaminação por bactérias acéticas, uma vez que essas são extremamente sensíveis a variações de condições do processo (PEREIRA *et al.*, 2003).

Por isso, o monitoramento da acidez é necessário, pois os ácidos formados têm um efeito inibitório sobre as leveduras. O ácido acético, por exemplo, pode atravessar a membrana celular e provocar um aumento da quantidade de adenosina trifosfato (ATP) necessária para manutenção da função celular (MAIA e CAMPELO, 2006; CARVALHO 2011). Segundo CARDOSO (2006), a alta concentração de ácido acético faz com que a fermentação alcoólica se torne acética, aumentando a acidez e diminuindo o rendimento da

produção de etanol. TARGINO (2009) realizou um estudo comparando a influência das variedades de cana-de-açúcar e dos fermentos e obteve resultados para acidez volátil que variaram de 18,51 a 144,23 mg/100 ml de álcool anidro. Já PELLENZ *et al.* (2017) compararam amostras de cachaça produzidas no Mato Grosso e encontraram resultados entre 13,58 a 329,07 mg/100 ml de álcool anidro.

**Figura 3:** Concentrações de álcoois nas amostras de cachaça coletadas durante o período de produção de cinco semanas\*



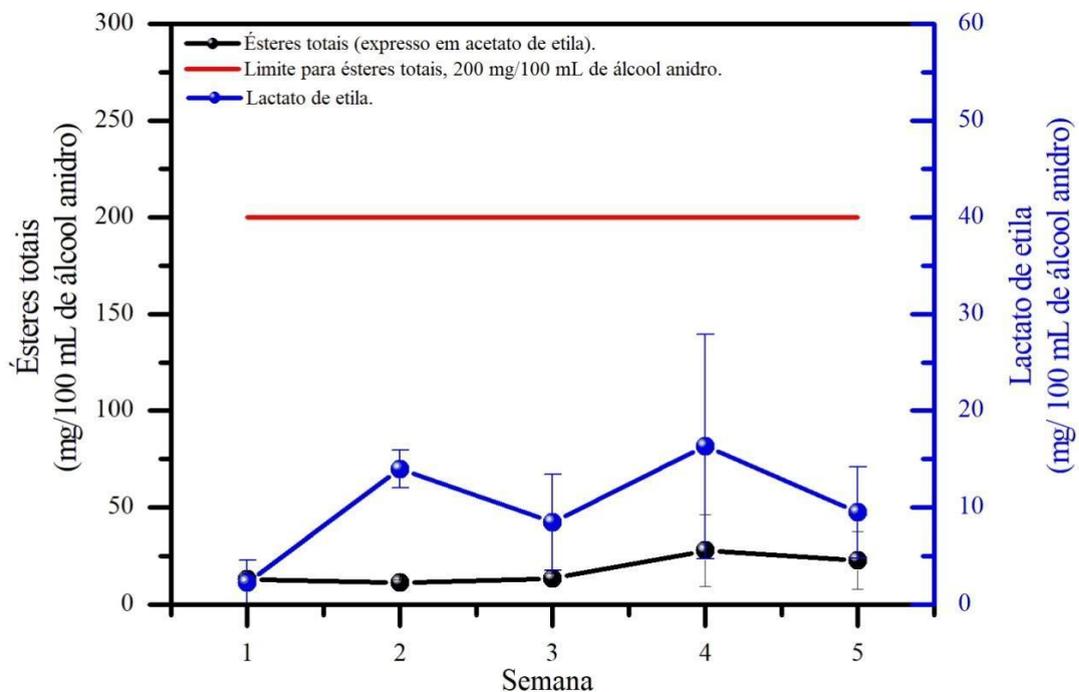
\*O limite apresentado é estabelecido pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005

Fonte: Autoria própria.

Os álcoois superiores totais são formados pelo n-propanol (álcool n-propílico), iso-butanol (álcool isobutílico) e iso-pentanol (álcool isoamílico). Os resultados registrados atendem à legislação vigente, sendo o limite máximo estabelecido de 360 mg/100 ml de álcool anidro (Figura 3). Observou-se também que, na semana 1, houve uma formação em maior concentração desses compostos e, nas semanas posteriores, ocorreu uma redução. Segundo Marinho (2017), é comum que a cachaça apresente teores de álcoois superiores mais elevados no início da safra e que ocorra um abaixamento espontâneo com o passar das semanas. Isso porque o produto resultante da ação das leveduras age sobre a matéria-prima natural (cana), a qual reage a diversos fatores de difícil padronização e controle.

Os compostos voláteis avaliados também foram registrados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Vale destacar que a média para os ésteres totais, na semana 4, foi superior àquelas registradas para as outras semanas (Figura 4). Além disso, um comportamento análogo foi registrado para o lactato de etila. É sabido que a presença de bactérias acéticas e lácticas favorecem a formação dos ácidos (acético e láctico), conseqüentemente, promovem a formação de ésteres. Pellenz *et al.* (2017) também observaram, em amostras de cachaças, uma relação proporcional entre acidez volátil e ésteres.

**Figura 4:** Concentrações de álcoois nas amostras de cachaça coletadas durante o período de produção de cinco semanas\*



\*O limite apresentado é estabelecido pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005

**Fonte:** Autoria própria.

Por fim, observou-se também que as concentrações obtidas pela soma das concentrações dos compostos furfural e hidroximetilfurfural foram menores que 1,30 mg/100 ml de álcool anidro em todas as amostras avaliadas. Além disso, não houve formação dos álcoois metílico, sec-butílico, n-butílico e carbamato de etila (Tabela 1). Esses compostos voláteis (Tabela 1) são prejudiciais à saúde e são considerados contaminantes orgânicos e indesejáveis na cachaça (MARINHO, 2017).

**Tabela 1:** Concentrações para os contaminantes orgânicos e indesejáveis na cachaça

Semanas	1	2	3	4	5
Álcool metílico (mg/100 mL de álcool anidro)	< 3,20	< 3,20	< 3,20	< 3,20	< 3,20
Álcool sec-butílico (mg/100 mL de álcool anidro)	< 1,70	< 1,70	< 1,70	< 1,70	< 1,70
Álcool n-butílico (mg/100 mL de álcool anidro)	1,36 ± 0,65	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90
Carbamato de etila (µg/L)	< 50,00	< 50,00	< 50,00	< 50,00	< 50,00

**Fonte:** Autoria própria.

#### 4. CONCLUSÃO

As amostras analisadas atendem aos padrões de identidade e qualidade da legislação vigente para cachaça, exceto no parâmetro acidez volátil (semanas 4 e 5). Entretanto, o produtor armazena toda a produção da safra em um tanque com volume útil de 15.000 L. Dessa forma, considerando que nas três primeiras semanas a concentração de acidez foi baixa, a média da acidez volátil para as cinco semanas avaliadas é igual a 86,52 mg/100 mL de álcool anidro, valor abaixo do limite máximo permitido pela legislação. Contudo, torna-se indispensável o monitoramento da acidez volátil da safra. Conclui-se também que a formação dos compostos secundários em relação ao tempo sofreu variações em alguns parâmetros, tais como a acidez volátil, o aumento dos ésteres e a diminuição da concentração dos álcoois superiores.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório Amazil e Biagioni Maia (LABM) por todo apoio, incentivo da equipe e por ceder a estrutura para a realização das análises. Agradecemos também a Gilberto Pereira (Cachaça Sagrada) por todas as informações prestadas e por disponibilizar as amostras que foram primordiais para o desenvolvimento do trabalho.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, J. P. DOS, CARDOSO, M. DAS G., SACZK, A. A., ZACARONI, L. M., SANTIAGO, W. D., DÓREA, H. S., MACHADO, A. M. DE R. *Identificação do carbamato de etila durante o armazenamento da cachaça em tonel de carvalho (quercus sp) e recipiente de vidro. Química Nova*, v. 34, n. 5, p. 874-878, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005, MAPA*. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de junho de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa nº 24 de 08 de setembro de 2005, MAPA*. Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 de setembro de 2005.

CANUTO, M.H. *Influência de alguns parâmetros na produção de cachaça: linhagem de levedura, temperatura de fermentação e corte do destilado*. Tese (Doutorado em Química) – Departamento de Química. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: Brasil, 2013.

CARDOSO, D. C. *Correlação entre a qualidade sensorial e a composição química da cachaça de alambique nova*. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto: Brasil, 2013.

CARDOSO, M. das G. *Produção de Aguardente de Cana*. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 444 p.

CARVALHO, B. T. de. *Fermentação consorciada leveduras/bactérias lácticas aplicada à produção de cachaça como possibilidade de melhoria do padrão de qualidade*. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto: Brasil, 2011.

MAIA, A. B. R. A.; CAMPELO, E. A. P. *Tecnologia da cachaça de alambique*. Belo Horizonte: SEBRAE/MG, SINDBEBIDAS, 2006. 129 p.

MARINHO, L.O.S. *Influência do alambique guilhotina em componentes voláteis da cachaça*. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: Brasil, 2017.

PEREIRA, N. E.; CARDOSO, M. G.; AZEVEDO, S. M.; MORAIS, A. R.; FERNANDES, W.. AGUIAR, P. M. *Compostos Secundários em Cachaças Produzidas no Estado de Minas Gerais*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

PELLENZ, J. M.; LIMA, M. O.; WOBETO, C.; ANDRADE, R. L. T. *Avaliação da qualidade de cachaças produzidas na região norte de Mato Grosso*. **Scientific Electronic Archives**, v. 10. n. 1, p. 20-29, 2017.

RIACHI, L. G.; SANTOS, Â.; MOREIRA, R. F. A.; DE MARIA, C. A. B. *A review of ethyl carbamate and polycyclic aromatic hydrocarbon contamination risk in cachaça and other Brazilian sugarcane spirits*. **Food Chemistry**, v. 149, p. 159–169, 2014.

SAERENS, S. M.; DELVAUX, F.; VERSTREPEN, K. J.; VAN DIJCK, P.; THEVELEIN, J. M.; DELVAUX, F. R. *Parameters affecting ethyl ester production by *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 74, n. 2, p. 454-61, 2008.

SILVA, F. L.; PERES, N. R. DE A.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M. S.; DOURADO, K. K. F. *Diagnóstico da produção de cachaça no município de Paracatu*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 201-207, 20148

SILVA, J. H. N.; BERNARDI, M. R. V.; MEDEIROS, S. D. S.; OLIVEIRA, A. L. *Monitoring the content of ethyl carbamate and copper in organic and conventional cachaça*. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 5, e20190027, 2020a.

SILVA, J. H. N.; BERNARDI, M. R. V.; OLIVEIRA, A. L. *Cachaça production in Brazil and its main contaminant (ethyl carbamate)*. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 2, e20180135, 2020b.

TARGINO, B. N. *Influência da variedade de cana-de-açúcar e do tipo de fermento na qualidade da cachaça de alambique*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Departamento de Ciência de Alimentos; Tecnologia de Alimentos; Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: Brasil, 2009.