

CENTRO DE EDUCAÇÃO, TRABALHO E TECNOLOGIA

Boletim de Pesquisa II

**CENÁRIO ATUAL DA QUALIDADE DAS CACHAÇAS
PRODUZIDAS NO ESTADO DE GOIÁS**

Julio Cesar Colivet Briceno
Paula Novais Rabelo
Bruna Melo Miranda
Cristiane Maria Ascari Morgado
Tatianne Ferreira de Oliveira
Flávio Alves da Silva
Márcio Caliari

GOIÂNIA – GO
Março/2025

SUMARIO

Sumário

RESUMO	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	1
2. CONDIÇÕES DA PRODUÇÃO DE CACHAÇA	4
2.1. Condições geográficas e climáticas na produção de cana de açúcar e bebidas derivadas.	4
2.2. Técnicas de produção de cachaça	5
2.3. Tipos de cachaça	5
2.4. Legislação e Análises Obrigatórias.....	6
2.5. Qualidade da cachaça.....	8
2.6. Indicação Geográfica	9
3. METODOLOGIA.....	10
3.1. Coleta de amostras	10
3.2. Análises Físico-Químicas	10
3.3. Análises cromatográficas	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1. Densidade relativa.....	12
4.2. Teor alcoólico	15
4.3. Acidez volátil.....	15
4.4. Ésteres totais	16
4.5. Aldeídos	17
4.6. Alcoois superiores.....	18
4.7. Acroleína.....	19
4.8. Furfural e Hidroximetilfurfural.....	22
4.9. Carbamato de etila	22
4.10. Metanol	23
4.11. Cobre.....	24
4.12. Álcool n-butílico (1-butanol) e Álcool sec-butílico (2-butanol).....	25
5. CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS	27

Este Boletim técnico é fruto do apoio financeiro dos Colégios Tecnológicos do Estado de Goiás (COTEC), Universidade Federal de Goiás (UFG), Centro de Educação, Trabalho e Tecnologia (CETT) da UFG, Fundação Rádio e Televisão Educativa e Cultural (FRTVE), em parceria com a Secretaria de Estado da Retomada (SER) e Governo do Estado de Goiás, através do Convênio no 01/2021 - SER (Processo nº. 202119222000153) por meio do Edital de Pesquisa COTEC/CETT/SER Nº 02/2023.

Equipe de Pesquisa

Prof. Dr. Julio Cesar Colivet Briceno

Dr em Engenharia de Alimentos pela Universidade de São Paulo - Professor no Instituto Federal de Goiás – Campus Inhumas.

Mestra Paula Novais Rabelo

Bolsista de Doutorado no Programa de Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Goiás

Cristiane Maria Ascari Morgado

Bolsista de Pós-doutorado e Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Bruna Melo Miranda

Professora Adjunta da Universidade Federal da Bahia – Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Goiás.

Profa. Dra. Tatianne Ferreira de Oliveira

Professora Associada da Universidade Federal de Goiás - Doutora pela Université d’Orléans - França- Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Prof. Dr. Flávio Alves da Silva

Professor Titular da Universidade Federal de Goiás – Doutor em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Campinas

Prof. Dr. Márcio Caliar

Professor Titular da Universidade Federal de Goiás - Dr em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas

CENÁRIO ATUAL DA QUALIDADE DAS CACHAÇAS PRODUZIDAS NO ESTADO DE GOIÁS

Julio Cesar Colivet Briceno
Paula Novais Rabelo
Bruna melo Miranda
Cristiane Maria Ascari Morgado
Tatianne Ferreira de Oliveira
Flávio Alves da Silva
Márcio Caliari

RESUMO

Este boletim técnico apresenta a avaliação da qualidade da cachaça produzida no estado de Goiás com base nos parâmetros físico-químicos estabelecidos pela legislação vigente. Foram analisadas 16 amostras quanto ao teor alcoólico, acidez, compostos voláteis e contaminantes metálicos. Os resultados indicaram que 62,5% das amostras estavam em conformidade com os padrões normativos, enquanto algumas apresentaram não conformidades no teor alcoólico, acidez volátil e presença de cobre acima do limite permitido. A variação no teor alcoólico sugere falhas na separação das frações do destilado, enquanto os altos níveis de acidez volátil e cobre podem estar associados a contaminações fermentativas e inadequada higienização dos alambiques, respectivamente. Dessa forma, recomenda-se o aprimoramento das práticas de produção, controle rigoroso dos processos fermentativos e de destilação, além da capacitação técnica dos produtores. A busca por certificações de qualidade, como a Indicação Geográfica (IG), pode representar uma estratégia para fortalecer a competitividade da cachaça goiana no mercado nacional e internacional.

Palavras-chave: qualidade da cachaça; Goiás; certificação de qualidade; APL Cachaça

CURRENT QUALITY STATUS OF CACHAÇAS PRODUCED IN THE STATE OF GOIÁS

Julio Cesar Colivet Briceno
Paula Novais Rabelo
Bruna Melo Miranda
Cristiane Maria Ascari Morgado
Tatianne Ferreira de Oliveira
Flávio Alves da Silva
Márcio Caliari

ABSTRACT

This technical bulletin presents an assessment of the quality of cachaça produced in the state of Goiás based on the physicochemical parameters established by current legislation. A total of 16 samples were analyzed for alcohol content, acidity, volatile compounds, and metallic contaminants. The results indicated that 62.5% of the samples complied with regulatory standards, while some exhibited non-conformities in alcohol content, volatile acidity, and copper levels exceeding the permitted limit. The variation in alcohol content suggests flaws in the separation of distillate fractions, whereas high levels of volatile acidity and copper may be associated with fermentative contamination and inadequate cleaning of alembics, respectively. Therefore, improving production practices, implementing stricter control of fermentation and distillation processes, and providing technical training to producers are strongly recommended. Pursuing quality certifications, such as Geographical Indication (GI), could be a valuable strategy to enhance the competitiveness of Goiás cachaça in both national and international markets.

Keywords: cachaça quality; Goiás; quality certification; Cachaça APL

1. INTRODUÇÃO

A cachaça é uma bebida destilada produzida a partir da cana-de-açúcar, sendo uma das mais consumida no Brasil e a terceira em escala global. Sua produção está intrinsecamente ligada às condições regionais e às características geográficas dos locais onde é fabricada, o que confere singularidade ao produto (Serafim; Lanças, 2019; Lima et al., 2022).

A cachaça, tem suas raízes históricas vinculadas ao período colonial (MAPA, 2022a). A introdução da cana-de-açúcar pelos portugueses no século XVI representou um marco fundamental para o surgimento e a consolidação da bebida. Na época, as regiões que mais se destacaram no cultivo da cana-de-açúcar foram Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, Sergipe e São Paulo, impulsionadas pelas condições climáticas favoráveis e pelo apoio dos fundos imperiais destinados à instalação dos engenhos centrais (Eisenberg, 1977; Rodrigues e Ross, 2020).

A primeira destilação da cachaça ocorreu em um engenho de açúcar na costa brasileira, na segunda década do século XVI, consolidando-se como o primeiro destilado das Américas e ganhando o título de “Mãe do Rum” (MAPA, 2022a). Inicialmente, sua produção era artesanal, realizada em pequenos alambiques de barro, onde os critérios de qualidade eram provavelmente mais subjetivos. A partir da segunda metade do século XVI, a cachaça passou a ser fabricada em alambiques de cobre, o que representou um avanço significativo em seu processo produtivo (Câmara, 2018).

Ao longo do tempo, a cachaça foi se integrando profundamente aos hábitos, à cultura e à culinária do Brasil, tornando-se a segunda bebida mais consumida no país e um verdadeiro símbolo de brasilidade. Presente em diversas manifestações gastronômicas, como na feijoada, na caipirinha (com gelo, limão e açúcar), no preparo de carnes ou em celebrações como o Carnaval, a cachaça também se faz presente na literatura e na música, reforçando sua posição como elemento fundamental das tradições e da identidade cultural nacional (MAPA, 2022a)

No século XX e XXI, a cachaça começou a ganhar importância internacional. O reconhecimento da bebida como produto típico e exclusivo do Brasil, foi fator importante para seu processo de internacionalização. Além disso, se tornou o primeiro produto brasileiro reconhecido como uma Indicação Geográfica (IG) no país, o que

assegurou proteção ao produto no âmbito internacional (MAPA, 2022a). A cachaça foi oficialmente reconhecida como a bebida nacional do Brasil por meio do Decreto N° 4.062, de 21 de dezembro de 2001. Esse decreto estabelece as denominações "cachaça" e "cachaça do Brasil" como indicações geográficas exclusivas da aguardente de cana produzida em território nacional. De acordo com a legislação, a cachaça deve apresentar graduação alcoólica entre 38% e 48% (v/v) e pode conter até seis gramas de açúcar por litro (MAPA, 2019).

De acordo com o Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Aguardente de Cana e Cachaça (PBDAC), a produção média de cachaça em 2022 foi de aproximadamente 1,3 bilhão de litros por ano (De Oliveira; Ferrarezi Junior, 2022). Já em 2023, o Brasil produziu cerca de 226 milhões de litros da bebida (Brasil, 2024), consolidando-a como a terceira bebida destilada mais consumida no mundo e a segunda no país.

Os principais estados produtores de cachaça são: São Paulo (45%), Pernambuco (12%), Ceará (11%), Rio de Janeiro (8%), Minas Gerais (8%), Goiás (8%), Paraná (4%), Paraíba (2%) e Bahia (2%) (MAPA, 2021). O estado de Goiás, com 31 alambiques registrados, destaca-se entre os dez maiores polos produtores do país, assumindo um papel relevante no fortalecimento econômico e na valorização dessa bebida tradicional (MAPA, 2022b). Essa participação ativa na produção nacional reforça a importância de Goiás no cenário da cachaça, contribuindo para a diversidade e a qualidade do setor.

A cachaça produzida no estado de Goiás é reconhecida por sua tradição e qualidade, com destaque para regiões como Orizona, que é um dos principais polos produtores do estado. No entanto, conforme o estudo realizado por Caliari et al. (2009), ainda existem desafios significativos em relação à padronização e ao controle de qualidade da bebida. Por exemplo, mais de 23% das cachaças produzidas em Orizona na época estavam fora das especificações estabelecidas pela legislação brasileira, principalmente em relação ao teor alcoólico e ao extrato seco. Isso evidencia a necessidade de maior atenção aos processos de produção, como a adoção de técnicas simples para monitorar parâmetros como grau alcoólico e acidez, que poderiam elevar a qualidade do produto (Caliari et al., 2009).

Além disso, a produção de

cachaça em Goiás é fortemente influenciada pelas condições climáticas e geográficas favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar. No entanto, muitos produtores ainda enfrentam dificuldades relacionadas à falta de assistência técnica e à adoção de práticas agrícolas modernas, como análise de solo e controle de pragas, o que impacta a eficiência e a qualidade da produção. A ausência de uma organização coletiva, como cooperativas ou associações, também limita a padronização e a comercialização da cachaça goiana, restringindo seu potencial de crescimento no mercado nacional e internacional (Caliari et al., 2009). Portanto, investimentos em capacitação, organização dos produtores e adoção de boas práticas de fabricação são essenciais para consolidar a cachaça de Goiás como um produto de excelência e competitividade.

Neste contexto, o objetivo deste boletim técnico foi avaliar a qualidade da cachaça produzida no estado de Goiás, identificando os principais desafios e oportunidades no processo produtivo, com foco nos parâmetros físico-químicos estabelecidos pela legislação brasileira, a fim de propor melhorias que contribuam para a padronização, valorização e competitividade da bebida no mercado nacional e internacional.

2. CONDIÇÕES DA PRODUÇÃO DE CACHAÇA

2.1. Condições geográficas e climáticas na produção de cana de açúcar e bebidas derivadas.

A geografia e o clima locais exercem influência direta sobre a qualidade da cana-de-açúcar e, em consequência, sobre a produção de cachaça. Em regiões de clima subtropical úmido, com verões quentes e invernos amenos, a cultura da cana desenvolve-se de maneira favorável, refletindo-se nas características sensoriais da bebida. Estudos apontam que a faixa de temperatura anual ideal para o cultivo varia de 18°C a 38°C, enquanto precipitações entre 1000 mm e 1500 mm ao ano favorecem o crescimento adequado da cana (Aparecido et al., 2017). Entretanto, algumas áreas apresentam índices pluviométricos mais elevados, chegando a 2500-2700 mm, o que exige manejo específico da umidade para se manter o equilíbrio entre acidez, teor alcoólico e aromas durante a fermentação (Marin; Nassif, 2013).

O clima local, caracterizado por temperaturas amenas e forte influência de formações geológicas próximas ao litoral, pode ainda conferir maior mineralidade e frescor à cana-de-açúcar, qualidades que são transferidas à cachaça ao longo do processo de produção. Em algumas regiões brasileiras, como o norte de Minas Gerais, tais condições climáticas e de solo são reconhecidas por propiciar características sensoriais singulares, levando inclusive ao reconhecimento da Indicação Geográfica (Jesus et al., 2016). Além disso, o cultivo de variedades antigas, adaptadas ao ambiente há décadas, pode preservar compostos aromáticos específicos, conferindo singularidade à bebida final

O envelhecimento em barricas de madeira beneficia-se de umidade relativa mais elevada, uma vez que a umidade do ar reduz a evaporação de água, preservando o teor alcoólico pretendido e promovendo o desenvolvimento de notas sensoriais mais complexas. Somadas à ação de leveduras nativas, características do terroir, essas condições asseguram uma fermentação diferenciada, resultando em aromas e sabores únicos (Santos; Nery, 2022). Desse modo, o conjunto de fatores geográficos e climáticos não apenas incrementa a qualidade da matéria-prima, mas também influencia positivamente cada etapa da cadeia produtiva da cachaça.

2.2 Técnicas de produção de cachaça

A classificação da cachaça é de acordo com o método de produção, sendo dividida em cachaça artesanal ou cachaça de alambique e cachaça industrial ou cachaça. A cachaça também é classificada em branca, que não passa pelo processo de envelhecimento, e envelhecida, que é submetida a esse processo. A cachaça artesanal é geralmente produzida em quantidades menores, frequentemente por produtores familiares ou pequenos alambiques, e segue técnicas tradicionais de fabricação, como o uso de alambiques de cobre e métodos naturais de fermentação. Já a cachaça industrial é produzida em grande escala por grandes empresas ou cooperativas, empregando processos automatizados e padronizados, utilizando destiladores de coluna (Alcarde, 2024).

A produção da cachaça, consiste em um processo minucioso que abrange a seleção e preparação da cana-de-açúcar, fermentação, destilação e envelhecimento, este último não sendo obrigatório (Nicolas Ratkovitch et al., 2023). E sua fabricação é regulamentada pela Portaria nº 539, que define os padrões físico-químicos, sensoriais e de qualidade, para a garantia da eficiência, produtividade e qualidade da bebida (Brasil, 2022). O envelhecimento consiste no armazenamento do destilado em barris de madeira por um ano ou mais, permitindo que as características sensoriais sejam atenuadas, resultando em um perfil sensorial mais refinado e de melhor qualidade, pois ocorrem diversas interações físico-químicas entre a madeira e o destilado, incluindo a migração de compostos voláteis e não voláteis (Bortoletto; Correia e Alcarde, 2016; Brasil, 2022).

Alguns elementos existem para apontar sinal de qualidade e valorização do produto. Os selos de indicação geográfica (IG) se destacam como indicadores de qualidade em produtos alimentícios, sendo um aspecto importante para atestar a excelência do mesmo (Valente et al., 2020). Outro fator que impulsiona a valorização das cachaças de alambique é a criação de Arranjos Produtivos Locais (APLs), que priorizam a proximidade geográfica para explorar as características locais relacionadas à bebida, além dos conhecimentos tradicionais, científicos e tecnológicos (Júnior; Rosa; Albernaz, 2022).

2.3. Tipos de cachaça

A cachaça pode ser dividida em cachaça branca (que é a cachaça estocada em tanques de aço inox ou alambiques de cobre) e cachaça envelhecida. De acordo com a legislação

brasileira, a cachaça é classificada como envelhecida quando contém pelo menos 50% de cachaça que passou por um período de maturação em tonéis de madeira com capacidade máxima de 700 litros, por no mínimo um ano. Já a categoria de cachaça Premium deve ser composta por cachaças envelhecidas por pelo menos um ano. Aquelas que são envelhecidas por um período mínimo de três anos, recebem a denominação de Extra Premium (Brasil, 2005, Brasil, 2022).

O processo de maturação em tonéis de madeira, predominantemente de carvalho, assim como também de outras madeiras tropicais como umburana, amendoim-bravo, jequitibá, ararua, jequitibá rosa, cerejeira, ipê-roxo e castanheira, promove alterações químicas que influenciam o sabor e a cor do destilado. A escolha de madeiras tropicais deve ser feita com o cuidado para manter a qualidade e os padrões de autenticidade da cachaça, uma vez que cada tipo de madeira contribui com características físico-químicas e sensoriais específicas para o produto final (Silva et al., 2009; Bortoletto; Silvello e Alcarde, 2021).

Outra classificação da cachaça, que é em relação ao método de produção, que pode ser cachaça artesanal ou cachaça de alambique e cachaça industrial ou cachaça. A primeira geralmente é fabricada em quantidades reduzidas, frequentemente por produtores familiares ou pequenos alambiques e envolve técnicas tradicionais de produção, como o uso de alambiques de cobre e métodos de fermentação naturais, sendo os casos mais predominantes do estado de Goiás. A segunda é produzida em larga escala por grandes empresas ou cooperativas, utilizando processos automatizados e padronizados em destiladores de coluna de aço inoxidável, também conhecidos como “destiladores contínuos” (Alcarde, 2024).

2.4. Legislação e Análises Obrigatórias

Em 1992, o governo brasileiro lançou o programa 'Pró-Cachaça', uma iniciativa para incentivar os produtores de cachaça a retornarem e investirem em tecnologias que permitissem a produção em larga escala (Lima et al., 2022). Em 2005, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento aprovou regulamentações técnicas definindo os critérios de qualidade para a fabricação de cachaça. (Brasil, 2005).

Para assegurar a eficiência, produtividade e qualidade da cachaça de cana-de-açúcar, sua produção é regulamentada pela Portaria nº 539, que estabelece os padrões físico-químicos, sensoriais e de qualidade (Brasil, 2022). Ao longo dos anos, o setor de cachaça tem avançado nas tecnologias para o cultivo da cana-de-açúcar (manejo, variedades, colheita e transporte),

assim como na produção da própria cachaça (extração, fermentação, destilação e envelhecimento). Contudo, os processos de produção ainda requerem melhorias para otimizar a qualidade do produto final, o controle, rendimento e produtividade.

A cachaça deverá obedecer aos limites dos parâmetros físico-químicos (Brasil, 2022) segundo a Tabela 1:

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da cachaça

Parâmetro	Min	Max
Gradação alcoólica, expressa em %, em v/v, a 20°C	38,0	48,0
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100 ml de álcool anidro	-	150
Ésteres totais, expresso em acetato de etila, em mg/100 ml de álcool anidro	-	200
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100 ml de álcool anidro	-	30
Soma de Furfural e Hidroximetilfurfural, em mg/100 ml de álcool anidro	-	5
Soma dos álcoois isobutílico (2-metil propanol) isoamílicos (2 metil-1-butanol e 3 metil-butanol) e n-propílico (1-propanol), em mg/100 mL de álcool anidro	-	360
Coefficiente de congêneres, em mg/100 mL de álcool anidro	200	650
Compostos fenólicos totais (cachaça envelhecida)	presente	
Açúcares totais (para cachaça) em g/L (expressos em glicose)	-	≤ 6,0
Açúcares totais (para cachaça adoçada), em g/L (expressos em glicose)	> 6,0	< 30

Fonte: Brasil, 2022.

A cachaça deverá obedecer aos limites dos contaminantes orgânicos e inorgânicos (Brasil, 2022) segundo a Tabela 2:

Tabela 2. Limites dos contaminantes orgânicos e inorgânicos na cachaça

Parâmetro	Max
Álcool metílico (metanol), em mg/100 ml de álcool anidro	20
Carbamato de etila em micrograma/ L	210
Acroleína (2-propenal), em mg/100 ml de álcool anidro	5
Álcool sec-butílico (2-butanol), em mg/100 ml de álcool anidro	10
Álcool n-butílico (1-butanol), em mg/100 ml de álcool anidro	3
Cobre, em mg/L	5,0

Fonte: Brasil, 2022.

2.5. Qualidade da cachaça

Para conquistar ainda mais a preferência do público-alvo e assegurar o cumprimento das normas de qualidade tanto no mercado interno quanto externo, as tecnologias de fabricação de cachaça precisam estar ligadas a cuidados rigorosos na instalação e na aplicação de parâmetros que garantam a manutenção das qualidades sensoriais, físico-químicas e microbiológicas (Riachi et al., 2014).

Entre esses parâmetros, destaca-se o tipo de fermento utilizado, que pode ser classificado como fermento natural ou fermento selecionado. O fermento natural é frequentemente utilizado na produção artesanal de cachaça, contém uma diversidade de espécies de leveduras, o que torna difícil a padronização do processo. Em contraposição, o fermento selecionado, composto por uma única espécie de levedura, oferece maior reprodutibilidade, proporcionando vantagens como uma fermentação mais acelerada, menor presença de contaminantes e melhores características sensoriais (Alcarde et al., 2012; Ribeiro et al., 2017).

Outro parâmetro são os compostos voláteis, durante a fabricação da cachaça, diversos compostos voláteis, como ácidos orgânicos, metanol, álcoois superiores, aldeídos e ésteres, são formados e podem impactar diretamente as características sensoriais do produto final

(Alcarde, 2024). Entretanto, muitos desses compostos são altamente tóxicos, o que exige a adoção de boas práticas de fabricação e métodos adequados (Alcarde et al., 2012; Ribeiro et al., 2017; Silva et al., 2020a) para garantir que suas concentrações não ultrapassem os limites estabelecidos pela legislação.

Outro aspecto que afeta a qualidade da cachaça é o tipo de alambique utilizado. Entre os alambiques mais comuns, o de cobre é mais utilizado, pois ajuda a eliminar certos aromas indesejáveis. Entretanto, é essencial realizar uma limpeza adequada para reduzir a quantidade de cobre na bebida, uma vez que a legislação estabelece um limite máximo de 5 mg/L para a concentração desse metal no produto final (Brasil, 2022).

2.6. Indicação Geográfica

Durante a aquisição de um produto, diversos atributos de qualidade podem ser analisados para auxiliar o consumidor na sua tomada de decisão. Entre esses atributos, os selos de indicação geográfica se destacam como sinais de qualidade em produtos alimentícios e pode ser considerado um importante indicador (Valente et al., 2020).

A Indicação Geográfica (IG) é atribuída a produtos ou serviços que possuem uma qualidade associada a uma região específica, cujas características estão ligadas à sua origem geográfica (Dortzbach et al., 2020). Embora a cachaça seja globalmente reconhecida e tenha adquirido o status de produto com Indicação Geográfica protegida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (Conceição et al., 2020), ainda existem preocupações significativas relacionadas à segurança e a qualidade na sua produção. Questões relacionadas à fermentação, destilação e envelhecimento continuam a ser desafios, com potenciais contaminantes que representam uma ameaça à integridade do produto final (Da-Silva et al., 2020a).

3. METODOLOGIA

3.1. Coleta de amostras

A pesquisa foi estruturada a partir da coleta de amostras de cachaça e da realização de análises físico-químicas em conformidade com a legislação vigente do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), com o apoio da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER) nos municípios do Estado de Goiás. Para garantir um levantamento confiável do setor de produção de cachaça no estado, foram contatadas seis unidades da EMATER, bem como o responsável pela regional de Goiás.

Entre os meses de agosto e outubro de 2024, foram realizadas seis visitas técnicas a oito produtores de cachaça na região de Orizona, além de uma visita à unidade da EMATER de Caldas Novas para apresentação do projeto do Arranjo Produtivo Local (APL).

Durante essas visitas, foram coletadas amostras de cachaça diretamente dos produtores, seguindo os critérios estabelecidos pelo MAPA para avaliação da qualidade do produto. As amostras foram submetidas a análises laboratoriais físico-químicas, permitindo a caracterização detalhada dos produtos e a verificação da conformidade com a legislação vigente.

3.2. Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas foram conduzidas conforme a legislação vigente do MAPA e os métodos oficiais descritos pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Todas as Análise foram realizadas no LabFood - Laboratório de Controle e Qualidade de Alimentos da Escola de Agronomia da UFG. As determinações incluíram:

- Densidade relativa e teor alcoólico: Determinados a partir da densidade do líquido, utilizando tabelas de conversão padronizadas, conforme metodologia AOAC 942.06.
- Acidez total, fixa e volátil: Quantificadas por titulação ácido-base com solução de hidróxido de sódio padronizada, utilizando fenolftaleína como indicador, seguindo a metodologia AOAC 942.15. A acidez volátil foi determinada pela diferença entre a acidez total e fixa.

- Cobre: Analisado por espectrofotometria de absorção molecular no UV-Vis, conforme metodologia recomendada para metais em bebidas alcoólicas.

3.3. Análises cromatográficas

A composição dos compostos voláteis e contaminantes foi determinada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) e por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (GC-FID). Foram quantificados compostos como metanol, álcoois superiores (1-propanol, 2-butanol, 3-metil-1-butanol, iso-butanol), aldeídos, ésteres e carbamato de etila, de acordo com as normativas do MAPA.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das características físico-químicas dos compostos desejáveis das 16 amostras de cachaças analisadas do Estado de Goiás estão apresentados na Tabela 04.

4.1. Densidade relativa

Para que a cachaça esteja em conformidade com a legislação vigente, o teor alcoólico deve estar entre 38% e 48% v/v, o que corresponde a densidades relativas entre 0,9528 e 0,935. No presente estudo, os valores obtidos variaram de 0,9385 a 0,9588.

Observou-se que cinco amostras apresentaram densidades relativas superiores ao limite máximo estabelecido pelo MAPA (2022), indicando um teor alcoólico abaixo do padrão mínimo exigido. Esse resultado reforça a relação inversamente proporcional entre densidade relativa e teor alcoólico: quanto maior a densidade, menor o teor de álcool na bebida. A presença dessas variações pode estar associada à falta de estrutura adequada para a realização de análises de qualidade dentro das próprias unidades produtoras, dificultando a padronização do teor alcoólico e da densidade da cachaça. Dessa forma, recomenda-se fortemente a assistência técnica de laboratórios especializados ou centros de pesquisa que possam auxiliar os pequenos produtores na implementação de controles de qualidade e na adequação às exigências da legislação vigente.

É importante destacar que, em muitos casos, essas variações não configuram fraudes, mas sim a falta de conhecimento técnico sobre os procedimentos analíticos e os critérios normativos. Esse cenário foi corroborado durante as visitas técnicas realizadas aos produtores, onde se constatou que, em grande parte dos casos, as análises de qualidade nunca haviam sido conduzidas em laboratórios certificados.

Tabela 04. Resultados obtidos da densidade, grau alcoólico, acidez volátil, aldeídos, álcoois superiores e ésteres totais das 16 amostras de cachaças analisadas, 2024

Código da Amostra	Densidade	Grau alcoólico (% v/v a 20°C)	Acidez volátil (mg/100ml de álcool anidro)	Aldeídos em acetaldeído (mg/100 ml de álcool anidro)	Álcoois superiores (mg/100 ml de álcool anidro)	Ésteres totais em acetato de etila (mg/100ml de álcool anidro)
1	0,9521	38,5	33,34	8,1	220,8	18,0
2	0,9424	44,27	8,13	18,8	208,9	38,6
3	0,9385	46,5	9,0	4,2	218,7	13,9
4	0,9536	37,5	23,30	4,5	218,2	21,2
5	0,9519	38,6	21,52	7,0	206,4	15,7
6	0,9461	42,2	62,8	12,6	346,0	104,0
7	0,9549	36,6	22,7	16,8	259,9	20,9
8	0,9583	34,3	40,4	9,8	153,7	26,1
9	0,9442	43,3	36,1	6,3	229,3	14,7
10	0,9505	39,5	25,6	11,7	200,8	19,4
11	0,9585	34,1	34,89	6,9	183,0	9,0
12	0,9487	40,6	29,6	1,9	189,9	10,4
13	0,9517	38,7	31,2	10,5	210,7	12,3
14	0,9588	33,9	53,0	14,6	248,3	44,8
15	0,9442	43,3	230,9	5,4	277,6	71,3
16	0,9426	44,2	29,0	12,2	246,0	24,1

Fonte: Autor, 2024.

4.2. Teor alcoólico

O teor alcoólico é um dos parâmetros mais importantes nas análises da qualidade da cachaça e deve estar dentro dos limites estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que determina um mínimo de 38% v/v e um máximo de 48% v/v (Brasil, 2022). De acordo com a análise dos resultados, 62,5% das amostras avaliadas estavam em conformidade com a legislação. Entretanto, cinco amostras (4, 7, 8, 11 e 14) apresentaram valores abaixo do limite mínimo permitido.

Como mencionado anteriormente, a falta de monitoramento adequado do teor alcoólico é um dos problemas mais comuns em pequenos empreendimentos produtores de cachaça, dificultando a padronização do produto. Esse cenário também foi observado por Vilela et al. (2021) em um estudo sobre aguardente de cana no estado da Paraíba, onde verificou-se que uma parcela das amostras apresentou teores de etanol superiores a 48%, demonstrando a variação na qualidade da destilação entre diferentes produtores.

A não conformidade nesse parâmetro pode estar associada a uma separação inadequada das frações do destilado. A produção de cachaça envolve três etapas fundamentais: cabeça, coração e cauda. Em alguns casos, para aumentar o rendimento, produtores podem não realizar a separação correta das frações, permitindo a destilação de compostos diferentes do etanol e resultando em variações indesejadas no teor alcoólico.

Estudos demonstram que a fração “coração” contém o teor alcoólico adequado para a produção de cachaça de qualidade, enquanto as frações “cabeça” e “cauda” apresentam concentrações alcoólicas inadequadas (Santiago et al., 2017). Além disso, Cardoso (2020) complementa que, dentro de um mesmo destilador, podem ocorrer variações na composição do destilado devido às condições de destilação. Portanto, um corte incorreto durante a destilação ou uma diluição inadequada podem resultar em um teor alcoólico fora dos padrões estabelecidos pela legislação (Santiago et al., 2017; Da-Silva et al., 2023).

4.3 Acidez volátil

A acidez é um fator crucial para o destilado, uma vez que quanto mais baixo for o seu nível, mais agradável será a experiência sensorial durante o consumo (Miranda et al., 2008).

Neste estudo, apenas uma amostra apresentou resultado superior a 150 mg/100 ml de álcool anidro, limite oficial máximo recomendado pela Portaria nº 539 (Brasil, 2022).

Entre os compostos secundários gerados durante o processo de fermentação alcoólica, o ácido acético tem sido o principal componente da parte ácida das cachaças, sendo expresso em acidez volátil (Cardoso, 2020).

Na legislação, esses valores são mantidos elevados não com o objetivo de proteger a cachaça recém-destilada de baixa qualidade, mas sim as cachaças envelhecidas, uma vez que o teor de acidez aumenta com o tempo de envelhecimento (Duarte et al., 2017). A bebida recém-destilada geralmente possui características sensoriais intensas e um sabor alcoólico marcante, atributos que podem ser suavizados com o envelhecimento (Bortoletto; Correia e Alcarde, 2016). Como as amostras coletadas são brancas e não passaram por envelhecimento, os valores encontrados estão dentro dos limites permitidos pela legislação (Brasil, 2022).

Entretanto, uma amostra apresentou valor acima do preconizado pela legislação, isto pode estar ligado diretamente com o processo de fermentação, devido a contaminação por bactérias provenientes da própria plantação, de um processo de preparação do mosto fermentado mal higienizado ou pelo corte inadequado entre o “coração” e a “cauda” na destilação, pois a porção “cauda” apresenta maior concentração de ácido acético (Alcarde, 2017). Durante a fermentação é importante manter a aeração mínima, pois o aumento de oxigênio pode fazer com que a levedura converta o açúcar em ácido acético, em vez de etanol. Após a fermentação, a destilação deve ser realizada o mais rapidamente possível para evitar o crescimento de bactérias acéticas. (Alcarde, 2017; Cardoso, 2020). Bortoletto e Alcarde (2015) e Mendes Filho et al. (2016), identificaram, respectivamente, 16,4% e 15,4% das amostras com acidez volátil superior a 150 mg/100 mL de álcool anidro.

4.4. Ésteres totais

Nas análises de ésteres totais, todas as 16 amostras avaliadas apresentaram valores dentro do limite máximo estabelecido pela Portaria nº 539, que define um teto de 200 mg/100 mL de álcool anidro (Brasil, 2022). Níveis elevados de ésteres totais podem estar associados a uma separação inadequada da fração “cabeça” do destilado, o que pode comprometer a qualidade sensorial da cachaça (Maia, 1994). Esse resultado reflete os desafios enfrentados pelos produtores na busca por uniformidade do produto ao longo de todas as etapas da fabricação. Além disso, o uso de métodos de amostragem inadequados e equipamentos

imprecisos pode resultar na produção de cachaças fora dos padrões exigidos pela legislação, dificultando sua inserção e competitividade no mercado (Miranda et al., 2007).

Por outro lado, a presença de ésteres na cachaça nem sempre indica falhas no processo produtivo. Esses compostos podem ser influenciados por diversos fatores, como a variedade da cana-de-açúcar utilizada, as condições edafoclimáticas e as transformações químicas ocorridas por meio de processos oxidativos durante a estocagem da bebida. Assim, a variação nos teores de ésteres pode refletir não apenas aspectos tecnológicos da destilação, mas também as características naturais da matéria-prima e do envelhecimento da cachaça.

4.5. Aldeídos

Conforme os resultados obtidos, todas as 16 amostras de cachaça analisadas apresentaram concentrações de aldeídos abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação (inferiores a 30 mg/100 mL de álcool anidro) (Brasil, 2022).

Os aldeídos são compostos carbonílicos altamente voláteis, gerados durante a fermentação, e desempenham um papel fundamental na formação do sabor e aroma característicos da aguardente de cana-de-açúcar. Além disso, esses compostos podem ser formados por reações de oxidação de aminoácidos, álcoois ou ácidos graxos (Moreira et al., 2012). Concentrações elevadas de aldeídos podem representar risco à saúde, afetando o sistema nervoso central. Esses compostos apresentam uma ampla diversidade de percepções aromáticas, que variam de sutis a intensas, dependendo de sua estrutura química e concentração (Cardoso, 2020).

O estudo da diferenciação dos aldeídos na cachaça, por meio de técnicas cromatográficas, pode fornecer informações valiosas sobre as características das bebidas produzidas em diferentes regiões. Isso ocorre porque a presença e a concentração desses compostos podem estar relacionadas ao terroir das regiões produtoras, refletindo fatores como variedade da cana, condições edafoclimáticas e processos fermentativos e de destilação adotados.

Dentre os aldeídos presentes na cachaça, o acetaldeído é o mais abundante, sendo gerado durante a fermentação alcoólica (Moreira et al., 2012). Assim como outros aldeídos, ele é produzido pelas células de levedura nos estágios iniciais do processo fermentativo, diminuindo progressivamente ao longo da fermentação devido à sua conversão em ácido acético por oxidação (Cardoso, 2020).

Os resultados de diferentes estudos sobre aldeídos na cachaça apresentam variações consideráveis. Em análises conduzidas por Bortoletto e Alcarde (2015), Vilela et al. (2021) e Mendes Filho et al. (2016) utilizando cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-FID), foram observadas discrepâncias nos níveis encontrados. Vilela et al. (2021) verificaram que todas as amostras analisadas estavam em conformidade com a legislação brasileira. Já Bortoletto e Alcarde (2015) identificaram que 6,3% das amostras ultrapassaram os limites permitidos, enquanto Mendes Filho et al. (2016) encontraram níveis ligeiramente acima do permitido em 19% das amostras avaliadas. Essas variações podem estar associadas a diferenças no processo produtivo, especialmente no controle da fermentação, separação de frações durante a destilação e armazenamento da bebida. Dessa forma, o monitoramento contínuo da composição química dos aldeídos na cachaça é essencial para garantir qualidade sensorial e segurança ao consumidor.

4.6. Álcoois superiores

Segundo a Portaria nº 539/2022 do MAPA, o limite máximo para álcoois superiores é de 360 mg/100 ml de álcool anidro (Brasil, 2022). Como demonstrado na Tabela 05, todas as 16 amostras de cachaças do Estado de Goiás analisadas neste estudo estão em conformidade com a legislação no que se refere a álcoois superiores, em que o maior resultado encontrado foi de 277,6 (amostra 15).

Em contraposição, Bortoletto e Alcarde (2015) analisaram 268 amostras quanto aos álcoois superiores e aproximadamente 28% apresentaram valores acima do limite máximo estabelecido pela legislação.

Álcoois superiores são predominantemente formados durante a fermentação do mosto, desempenhando um papel crucial na formação do sabor e aroma característicos da aguardente de cana-de-açúcar. Essa classe abrange compostos orgânicos que possuem um grupo funcional álcool e mais de dois átomos de carbono em sua estrutura molecular. Dentre os mais comuns em bebidas alcoólicas, destacam-se os álcoois isoamílico, propílico, isobutílico e amílico (Teixeira et al., 2019).

A formação desses compostos é impactada pelas condições de fermentação, pela temperatura de fermentação, pela quantidade de células de levedura no mosto, além do material do equipamento utilizado na destilação. A maioria dos álcoois superiores é resultante

pela degradação dos aminoácidos durante a fermentação (Bortoletto; Correia e Alcarde, 2016).

4.7. Acroleína

A acroleína (2-propenal) é um aldeído significativo em bebidas destiladas. Esse composto é formado pela desidratação do glicerol durante a destilação (Alcarde, 2024). Sua presença em destilados de cana-de-açúcar é altamente indesejável devido à sua toxicidade extrema e às suas propriedades mutagênicas para seres humanos e animais (Fleet, 2003). Os vapores de acroleína são lacrimogêneos e causam irritação nos olhos, nariz e garganta (Azevêdo et al., 2007).

Segundo a legislação brasileira, o limite máximo permitido de acroleína na cachaça é de 5 mg/100 ml de álcool anidro (Brasil, 2022). Observando a tabela 05, é possível afirmar que todos os resultados das 16 amostras analisadas estão dentro dos padrões exigidos.

Masson et al. (2012) analisaram o composto acroleína em 71 amostras de aguardente de cana-de-açúcar produzidas em alambiques de pequeno e médio porte no norte e sul de Minas Gerais. Dos testes realizados, 9,85% das amostras apresentaram concentrações de acroleína que ultrapassaram os limites legais estabelecidos pela legislação brasileira.

Tabela 05. Resultados obtidos de álcool n-butílico, álcool sec-butílico, álcool metílico, cobre, carbamato de etila, acroleína e furfural das 16 amostras de cachaças analisadas, 2024

Cidades	Código da Amostra	Álcool n-butílico (mg/100 ml de álcool anidro)	Álcool sec-butílico (mg/100 ml de álcool anidro)	Álcool metílico (mg/100 ml de álcool anidro)	Cobre (mg/ L amostra)	Carbamato de etila (µg/L)	Acroleína (mg/100 ml de álcool anidro)	Furfural (mg/100 ml de álcool anidro)
Orizona	1	1,5 ± 0,5	< LQ*	< LQ*	3,0 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	2	< LQ*	< LQ*	< LQ*	3,9 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	3	< LQ*	< LQ*	< LQ*	1,5 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	4	< LQ*	< LQ*	< LQ*	1,5 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	5	< LQ*	< LQ*	3,7 ± 2,5	1,6 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	6	< LQ*	34,4 ± 1,7	< LQ*	8,5 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	7	< LQ*	1,1 ± 1,7	< LQ*	6,1 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	8	1,3 ± 0,5	< LQ*	< LQ*	3,2 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	9	< LQ*	< LQ*	< LQ*	2,7 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	10	< LQ*	< LQ*	< LQ*	1,2 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	11	< LQ*	12,3 ± 1,7	6,9 ± 2,5	0,4 ± 0,2	188,1 ± 19	< LQ*	< LQ*
	12	< LQ*	< LQ*	3,6 ± 2,5	1,2 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	13	< LQ*	1,4 ± 1,7	4,2 ± 2,5	1,4 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
LQ*		< 1,2	< 0,6	< 2,9	< 0,2	< 50	< 1,5	< 1,7

Fonte: Autor, 2024.

Tabela 05. Cont. Resultados obtidos de álcool n-butílico, álcool sec-butílico, álcool metílico, cobre, carbamato de etila, acroleína e furfural das 16 amostras de cachaças analisadas, 2024

Cidades	Código da Amostra	Álcool n-butílico (mg/100 ml de álcool anidro)	Álcool sec-butílico (mg/100 ml de álcool anidro)	Álcool metílico (mg/100 ml de álcool anidro)	Cobre (mg/ L amostra)	Carbamato de etila (µg/L)	Acroleína (mg/100 ml de álcool anidro)	Furfural (mg/100 ml de álcool anidro)
Cidade de Goiás	14	< LQ*	< LQ*	5,2 ± 2,5	20,5 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
Alexânia	15	< LQ*	5,1 ± 1,7	< LQ*	8,5 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
	16	< LQ*	< LQ*	< LQ*	3,9 ± 0,2	< LQ*	< LQ*	< LQ*
LQ*		< 1,2	< 0,6	< 2,9	< 0,2	< 50	< 1,5	< 1,7

Fonte: Autor, 2024.

*LQ: Limite de Quantificação

4.8. Furfural e Hidroximetilfurfural

Durante a destilação, o aquecimento do vinho de cana fermentado pode levar à queima da matéria orgânica presente, especialmente hexoses e cetoses, resultando na formação de aldeídos furânicos. A formação de furfural e hidroximetilfurfural (HMF) pode ser reduzida ao diminuir a quantidade de sólidos no vinho de cana. Esses compostos contribuem para um sabor indesejável na bebida e apresentam potencial mutagênico (Milani et al., 2017).

Zacaroni et al. (2011) analisaram amostras de aguardente de cana-de-açúcar da região sul de Minas Gerais em relação à concentração de furfural. Os resultados mostraram que 83,33% das amostras estavam fora dos padrões de qualidade exigidos, com valores superiores ao limite permitido pela legislação brasileira (5 mg/100 mL de álcool anidro) (Brasil, 2022). Entretanto, em um estudo com 268 amostras de aguardente de cana-de-açúcar de diversas regiões do Brasil, Bortoletto e Alcarde (2015) identificaram que apenas 2,1% das amostras apresentaram níveis de HMF acima do permitido por lei. Já Vilela et al. (2021), ao analisarem 38 amostras da Paraíba, constataram que todas estavam dentro dos limites estabelecidos.

Neste estudo, em concordância com os resultados de Vilela et al. (2021), todas as amostras analisadas apresentaram níveis de furfural inferiores ao limite máximo estabelecido pela legislação, conforme demonstrado na Tabela 05. Esses resultados indicam que o processo de produção dessas aguardentes de cana-de-açúcar provavelmente não afeta a desidratação de pentoses e hexoses, que derivam principalmente da degradação térmica (Bortoletto e Alcarde, 2015).

4.9 Carbamato de etila

O carbamato de etila é uma substância química comumente encontrada em produtos alimentícios fermentados e bebidas alcoólicas, foi classificado como carcinógeno pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) (Gowd et al., 2018). Esse composto é o contaminante mais frequente em destilados de cana-de-açúcar, representando riscos significativos à saúde humana, além de representar uma grande barreira para a exportação da bebida (Labanca et al., 2008).

A principal maneira de formação do carbamato de etila em aguardentes de cana-de-açúcar está associada ao íon cianeto, que é gerado pela degradação enzimática de glicosídeos cianogênicos presentes na cana-de-açúcar. O cianeto é oxidado a cianato, que, por sua vez, reage com o etanol na presença do íon cobre, resultando na formação de carbamato de etila (Alcarde, 2024). No Brasil, a concentração máxima permitida de carbamato de etila na aguardente de cana-de-açúcar é de 210 mg/L (Brasil, 2022).

Andrade-Sobrinho et al. (2002) analisaram a presença de carbamato de etila em 126 amostras de aguardente de cana-de-açúcar, encontrando uma concentração média de 770 mg/L, com variação entre 13 e 5700 mg/L. Dentre as 126 amostras, apenas 21% apresentaram níveis abaixo do limite máximo de 210 mg/L. Além disso, a aguardente de cana-de-açúcar destilada em alambiques de cobre apresentou valores médios mais altos (930 mg/L) em comparação com as destiladas em colunas (630 mg/L). Em um estudo realizado por Bortoletto e Alcarde (2015), o carbamato de etila estava fora dos padrões da legislação brasileira em 39% das amostras. Já Vilela et al. (2021) observaram que 15% das amostras não estavam em conformidade com a legislação brasileira. Entretanto, no nosso estudo, as concentrações de carbamato de etila apresentaram valores inferiores a 210 mg/L em todas as amostras analisadas, conforme representado na Tabela 05.

4.10. Metanol

O álcool metílico (metanol) é resultado da degradação da pectina das fibras da cana, cujas moléculas contêm fragmentos de metanol, os quais são liberados durante o processo de fermentação por meio da ação de enzimas (Bortoletto, 2013).

A presença de metanol nas bebidas alcoólicas é indesejável, pois pode provocar sintomas tóxicos, como dor de cabeça, tontura e vômitos (Moreira, Netto e Maria, 2012). Além disso, o consumo prolongado, mesmo em quantidades pequenas, pode resultar em cegueira e até morte, uma vez que causa acidose e disfunção celular (Maia, 1994).

Vilela et al. (2021) avaliaram 38 amostras de aguardente de cana-de-açúcar e nenhuma apresentou concentrações de metanol superiores a 20 mg/100 mL de álcool anidro (Brasil, 2022). Resultados semelhantes foram observados em um estudo de Bortoletto e Alcarde (2015), que avaliaram o controle de qualidade de 268 amostras de

aguardente de _____ cana-de-
açúcar, onde o metanol foi o contaminante com o menor índice de descumprimento da
legislação brasileira, estando presente acima do limite legal em

apenas 2,6% das amostras analisadas. No atual estudo, todas as 16 amostras analisadas
para metanol estão em conformidade com a legislação. Esse resultado pode estar
relacionado à falta de adulteração, uma vez que a cana-de-açúcar, como matéria-prima,
possui baixo teor de pectina, o que resulta em níveis relativamente baixos de metanol na
aguardente (Bortoletto e Alcarde, 2015).

4.11. Cobre

O cobre, amplamente utilizado na fabricação de alambiques, desempenha um
papel importante no aprimoramento do sabor e aroma da aguardente de cana-de-açúcar,
além de apresentar boas propriedades térmicas. No entanto, é fundamental realizar uma
manutenção adequada dos equipamentos para evitar o acúmulo desse resíduo nos
destilados. Quando presente em concentrações elevadas, o cobre pode ser prejudicial à
saúde e ainda atua como catalisador em reações que resultam na formação de carbamato
de etila, uma substância cancerígena. (Silva et al., 2020b).

No presente estudo, das 16 amostras analisadas foram encontrados 4 resultados
(amostras 6, 7, 14, 15) acima do limite máximo estabelecido pela legislação, sendo este
limite de 5,0 mg/L, sendo 2 amostras da cidade de Orizona, 1 amostra da Cidade de
Goiás e 1 amostra da cidade de Alexânia, o que significa dizer que 25% do total das
amostras analisadas apresentou valores inadequados referente à cobre (Brasil, 2022).

O cobre é um metal indesejável encontrado em destilados de cana-de-açúcar,
sendo sua presença um dos principais desafios enfrentados pelos produtores na
exportação da bebida. No Brasil, a legislação estabelece que a concentração de cobre
em bebidas destiladas deve ser inferior a 5 mg/L (Brasil, 2022). Entretanto, outros
países adotam normas mais rigorosas, limitando a presença de cobre a 2 mg/L nas
bebidas destiladas. Embora o cobre não seja considerado tóxico nessas concentrações,
sua presença pode prejudicar as qualidades sensoriais da bebida, conferindo-lhe um
sabor ácido (Cardoso, 2020).

A presença de cobre em aguardentes artesanais de cana-de-açúcar pode ser mais
significativa quando o processo de produção não é conduzido de maneira adequada,

especialmente no _____ que se refere à higienização dos equipamentos (Bortoletto e Alcarde, 2015).

Indo de encontro com os resultados obtidos nos estudos realizados por Vilela et al. (2021) e Ferreira et al. (2021), a concentração de cobre excedeu os limites estabelecidos pela legislação brasileira. Os autores sugerem que a possível origem desse metal esteja relacionada à inadequada higienização dos alambiques (Bortoletto e Alcarde, 2015). Este fato é alarmante, uma vez que o produto final que chega ao consumidor não atende aos padrões de qualidade química exigidos pela legislação (Brasil, 2022).

4.12 Álcool n-butílico (1-butanol) e Álcool sec-butílico (2-butanol)

O álcool n-butílico (1-butanol) e o álcool sec-butílico (2-butanol) são compostos produzidos por bactérias e podem afetar negativamente a qualidade da aguardente de cana quando presentes em níveis elevados. O primeiro, o 1-butanol, é produzido durante o processo de fermentação devido à contaminação por *Clostridium acetobutylicum* (Cardoso, 2021).

Na legislação brasileira, o limite máximo para 1-butanol e 2-butanol é de 3 mg/100 mL de álcool anidro e 10 mg/100 mL de álcool anidro, respectivamente. No presente estudo, todos os resultados das 16 amostras mostraram-se dentro dos parâmetros esperados em relação ao composto álcool n-butílico (1-butanol). Contudo, duas amostras (amostras 6 e 11) apresentaram valores acima do limite estabelecido pela legislação para o álcool sec-butílico (2-butanol) (Brasil, 2022).

Em um estudo realizado por Schmidt et al. (2009), ao avaliarem aguardentes produzidas de forma artesanal na região do Vale do Taquari (RS), identificaram concentrações de álcool n-butílico e álcool sec-butílico superiores aos limites máximos permitidos. Alinhado a esses resultados, Mendes Filho et al. (2016) verificaram que os contaminantes 1-butanol e 2-butanol apresentaram concentrações superiores aos limites estabelecidos pela legislação, com 23% e 38% das amostras, respectivamente, apresentando valores fora dos padrões permitidos. De acordo com Souza et al. (2013), o

principal fator

responsável pela presença desses compostos na aguardente de cana-de-açúcar é a contaminação bacteriana durante o processo de produção da cachaça.

5. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo evidenciaram que 62,5% das amostras de cachaça analisadas no estado de Goiás estavam em conformidade com a legislação vigente, demonstrando boas práticas em parte dos produtores. No entanto, foram identificadas não conformidades no teor alcoólico, acidez volátil e presença de cobre acima do limite permitido, sugerindo a necessidade de maior controle no processo produtivo.

As variações no teor alcoólico indicam possíveis falhas na separação das frações da destilação, enquanto o alto teor de acidez volátil em uma amostra pode estar relacionado à contaminação bacteriana. Além disso, a presença de cobre acima do limite em quatro amostras reforça a importância de adequada higienização dos alambiques.

Diante desses achados, recomenda-se a implementação de boas práticas de fabricação, monitoramento rigoroso da destilação e fermentação, e capacitação técnica dos produtores. A busca por certificações de qualidade, como a Indicação Geográfica (IG), pode contribuir para a valorização e competitividade da cachaça goiana no mercado.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, A. R.; MONTEIRO, B. M. S.; BELLUCO A. E. S. Composição química de aguardente de cana-de-açúcar fermentadas por diferentes cepas de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**, v. 35, p. 1612-1618, 2012.

ALCARDE, A. R. **Cachaça**: Ciência, tecnologia e arte. 2ª Edição. São Paulo: Editora Blucher, 2017. p. 96.

ALCARDE, A. R. **Cachaça**: ciência, tecnologia e arte. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2024. p.128.

ANDRADE-SOBRINHO, L. G. D.; BOSCOLO, M.; LIMA-NETO, B. D. S.; FRANCO, D. W. Carbamato de etila em bebidas alcoólicas (aguardente de cana, tiquira, uísque e grapa). **Química Nova**, v. 25, p. 1074-1077, 2002.

APARECIDO, L. E. O.; COSTA, C. T. S.; MESQUITA, D. Z. Áreas de menor risco climático para o plantio da cana-de-açúcar no Mato Grosso do Sul e no Brasil. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, v. 9, 2017.

AZEVÊDO, L. C. D.; REIS, M. M.; SILVA, L. A. D.; ANDRADE, J. B. D. Efeito da presença e concentração de compostos carbonílicos na qualidade de vinhos. **Química Nova**, v. 30, p. 1968-1975, 2007.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Congeners in sugar cane spirits aged in casks of different woods. **Food Chemistry**, v. 139, p. 695-701, 2013.

BORTOLETTO, A. M.;
ALCARDE, A. R Assessment of chemical quality of Brazilian sugar cane spirits and sugarcane Spirits. **Food Control**, v. 54, p. 1-6, 2015.

BORTOLETTO, A. M.; CORREA, A. C.; ALCARDE, A. R. Aging practices influence chemical and sensory quality of cachaça. **Food Research International**, v. 86, p. 46-53, 2016.

BORTOLETTO, A. M.; SILVELLO, G. C.; ALCARDE, A. R. Aromatic profiling of flavor active compounds in sugar cane spirits aged in tropical wooden barrels. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p. 1-14, 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. Aprova a regulamentação técnica para estabelecer os padrões de identidade e qualidade para a aguardente de cana-de-açúcar e cachaça. Diário Oficial da União, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. **Portaria nº. 539**. Diário Oficial da União, 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Anuário da Cachaça 2024: Ano de Referência 2023 / Ministério da Agricultura e Pecuária. MAPA/DAS, 2024.

CALIARI, M.; JÚNIOR, M. S. S.; VIANA, L. F.; NAVES, R. V.; CHAVES, L. J.; DE SOUZA, C. B. Diagnóstico da produção de cachaça na região de Orizona, Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 1, p. 61-71, 2009.

CÂMARA, M. **Cachaça: prazer brasileiro**. 2 ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro: Mauad X, 2018.

CARDOSO, M. das G. **Produção de aguardente de cana**, Lavras: Editora UFLA, ed. 4, 2020, p. 445.

CONCEIÇÃO, V.; SILVA, M. S.; ROCHA, A. M.; SOARES, P. A Indicação Geográfica da Cachaça: Um instrumento de desenvolvimento regional e de Inovação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 35137-35155, 2020.

DA-SILVA, V.P.; _____ DE
QUEIROZ, A. L. M.; BEZERRA, T. K. A.; DE SOUZA, J. B.; RIBEIRO-FILHO, N.
Cachaça Production: from sugar cane to spirit. **Journal of the Institute of Brewing**, v,
129, p. 256-275, 2020.

DA-SILVA, V. P.; QUEIROZ, A. L. M.; BEZERRA, T. K. A.; DE SOUZA, J. B.;
ROBERTO-FILHO, N. R. Cachaça production: from sugar cane to spirit. **Journal of
the Institute of Brewing**, v. 129, p. 259-275, 2023

DE OLIVEIRA, L. D.; FERRAREZI JUNIOR, E. Produção de cachaça artesanal. **Revista
Interface Tecnológica**, v. 19, p. 810-818, 2022.

DORTZBACH, D.; MACHADO, L. N.; LOSS, A.; VIEIRA, E. Influência do meio
geográfico nas características do mel de melato da bracatinga. **Research, Society and
Development**, v. 9, p. 1-23, 2020.

DUARTE, F. C.; CARDOSO, M. das G.; SANTIAGO, W. D.; MACHADO, A. M. R.;
NELSON, D. L. Brazilian organic sugarcane spirits: Physicochemical and
chromatographic Profile. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 288-295, 2017.

EISENBERG, P. L. Modernização sem mudança: a indústria açucareira em
Pernambuco. **Paz e Terra**, v. 15, p. 1840-1910, 1977.

FERREIRA, V. H.; HANTAO, L. W.; POPPI, R. J. Use of color based chromatographic
images obtained from comprehensive two-dimensional gas chromatography in
authentication analyses. **Talanta**, v. 234, p. 1-9, 2021.

FLEET, G. H. Yeast interactions and wine flavor. **Food Science Technology**, v. 86, p.
11-22, 2003.

GOWD, V.; SU, H.; KARLOVSKY, P.; CHEN, W. Ethyl carbamate: an emerging food
and environmental toxicant. **Food Chemistry**, v. 248, p. 312-321, 2018.

JÚNIOR, E. E. M.; ROSA, V. N.; ALBERNAZ, P. S. S. Arranjo produtivo local em
goiás: estudo socioeconômico e empresarial. **Leopoldianum**, v. 48, p. 145-157, 2022.

LABANCA, R. A.;
GLÓRIA, M. B. A.; AFONSO, R. J. D. C. F. Determinação de carbamato de etila em
aguardentes de cana por CG-EM. **Química Nova**, v. 31, p. 1860-1864, 2008.

LIMA, C. M.; BENOSO P.; PIEREZAN, M. D.; SANTANA, R. F.; HASSEMER, G.;
ROCHA, R. A.; DALLA NORA, F. M.; VERRUCK, S.; CAETANO, D.; SIMAL-
GANDARA, J. A state-of-the-art review of the chemical composition of sugar cane
spirits and current advances in quality control. **Journal of Food Composition and
Analysis**, v. 106, p. 1-12, 2022.

MAIA, A. B. R. A. Componentes secundários da aguardente. **Sociedade dos Técnicos
Açúcareiros e Alcooleiros do Brasil**, v. 12, p. 29-34, 1994.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. A
cachaça no Brasil: dados de registro de cachaças e aguardentes. Secretaria de Defesa
Agropecuária. Brasília: MAPA/AECE, p. 7-14, 2019.

MAPA. A evolução da cachaça, da independência aos dias de hoje, contada em 200
rótulos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022.

MARIN, F.; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil:
Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e
Ambiental**, v.17, p.232–239, 2013.

MASSON, J.; CARDOSO, M. D. G.; ZACARONI, L. M.; ANJOS, J. P. D.; SACKZ,
A. A.; MACHADO, A. M. D. R.; NELSON, D. L. Determination of acrolein, ethanol,
volatile acidity, and copper in different samples of sugarcane spirits. **Food Science and
Technology**, v. 32, p. 568-572, 2012.

MENDES FILHO, N. E.; MOUCHREK FILHO, V. E.; DE CASTRO, A. C.;
MARTINS, V. M. C.; DE SOUZA, J. M. Caracterização de Aguardentes Artesanais de
Cana-de-açúcar Produzidas nas Regiões de Alpercatas e Sertão Maranhense. **Revista
Virtual de Química**, v. 8, p. 1-12, 2016.

MILANI, M. I.; ROSSINI, E. L.; CASTOLDI, K.; PEZZA, L.; PEZZA, H. R. Paper
platform for reflectometric determination of furfural and hydroxymethylfurfural in
sugarcane liquor. **Microchemical Journal**, v. 133, p. 286-292, 2017.

MIRANDA, M. B. D.; MARTINS, N. G. S.; BELLUCO, A. E. D. S.; HORII, J.;
ALCARDE, A. R. Qualidade química de cachaças e de aguardentes brasileiras. **Food
Science and Technology**, v. 27, p. 897-901, 2007.

MIRANDA, M. B.; MARTINS, N. G. S.; BELLUCO, A. E. S.; HORRI, J.; ALCARDE, A. R. Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 84-89, 2008.

MOREIRA, R. F.; NETTO, C. C.; DE MARIA, C. A. A fração volátil das aguardentes de cana produzidas no Brasil. **Química Nova**, v. 35, p. 1819-1826, 2012.

NICOLAS RATKOVITCH, N.; ESSER, C.; MACHADO, A. M. R.; MENDES, B. A.; CARDOSO, M. G. The Spirit of Cachaça Production: An Umbrella Review of Processes, Flavour, Contaminants and Quality Improvement. **Foods** 2023, v. 12, p. 1-70, 2023.

JESUS, C. M.; ORTEGA, A. C.; PEROSA, B. B. Cachaça “Região de Salinas”: uma indicação geográfica de procedência em construção. *Anais do 54º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER*, Maceió - AL, 2016.

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.

RIBEIRO, M. L. D.; FERREIRA, O. E.; TEIXEIRA, V.; MUTTON, M. A.; MUTTON, J. R. Tratamento físico-químico do caldo de cana produz cachaça de qualidade. **Revista Ciência e Agronomia**, v. 48, p. 458-463, 2017.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S. A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental. Uberlândia: **EDUFU**, 2020, 269 p.

SANTIAGO, W. D.; CARDOSO, M. G.; LUNGUINHO, A. S.; BARBOSA, R. B.; CRAVO, F. D.; GONÇALVES, G. S.; NELSON, D. L. Determination of ethyl carbamate in cachaça stored in newly made oak, amburana, jatobá, balsa and peroba vats and in glass containers. **Jornal Institute of Brewing**, v. 123, p. 572-578, 2017.

SANTOS, E. L.; NERY, M. S. S. Impact of the geographical indication on the sustainability and quality of the production of abaíra cachaça. **Revista Aracé**, v.6, p.12401-12409, 2024.

SERAFIM, F. A. T.;
LANÇAS, F. M. Sugarcane spirits (Cachaça) Quality Assurance and traceability: An Analytical Perspective. **Production and management of beverages**, v. 1, p. 335-359, 2019.

SILVA, A. A.; NASCIMENTO, E. S. P.; CARDOSO, D. P.; FRANCO D. W. Coumarins and phenolic fingerprints of oak and Brazilian woods extracted by sugar cane spirit. **Journal of Separation Science**, v.32, p. 3681-3691, 2009

SILVA, A. P.; SILVELLO G. C.; BORTOLETTO A. M.; ALCARDE A. R. Composição química de aguardente de cana obtida por diferentes métodos de destilação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. 1-10, 2020a.

SILVA, J. H. D. N.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; OLIVEIRA, A. L. D. Sugarcane spirit production in Brazil and its main contaminant (ethyl carbamate). **Scientia Agricola**, v. 77, p. 1-8, 2020b.

TEIXEIRA, V.; SILVA, A. F.; DE FREITA, C. M.; DE FREITA, L. A.; MENDES, F. Q.; TRALLI, L. F.; MUTTON, M. J. R. Using *Moringa oleifera* Lamarck seed extract for controlling microbial contamination when producing organic sugarcane spirit. **International Journal of Food Microbiology**, v. 308, p. 1-9, 2019.

VALENTE, M. E. R.; NEVES, N. A.; PEREZ, R.; FERNANDES, L. R. R. M. V.; LIMA, J. E.; CHAVES, J. B. P. Indicação geográfica e qualidade de cachaças segundo a percepção de apreciadores da bebida. **Research, Society and Development**, v. 9, p. 1-31, 2020.

VILELA, A. F.; OLIVEIRA, L. D. S. C.; MUNIZ, M. B.; MÉLO, B. C. A. D.; FIGUEIREDO, M. J. D.; VIEIRA, J. D. M. N. Assessment of sensory and physical-chemical quality, and potential for certification of sugarcane spirits from the state of Paraíba, Brazil. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 661-668, 2021.

ZACARONI, L. M.; CARDOSO, M. D. G.; SACZK, A. A.; ANJOS, J. P.; MASSON, J.; DUARTE, F. C.; NELSON, D. L. Caracterização e quantificação de contaminantes em aguardente de cana. **Química Nova**, v. 34, p. 320-324, 2011.