



DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO E PRODUÇÃO EXPERIMENTAL DE CACHAÇA

VICENTE, J. S.¹; OLIVEIRA, M. L. de¹; BARCELOS, R. A. F.¹; RIBEIRO, J. G. de O.¹; BARROS, M. F. de A.¹; SELLA, L. S.¹; BRITO, M. E. S.¹; FERREIRA, M. da C. S.¹; ALVES, L. B.¹; BORGES, H. G.¹; PINHO, V. C.¹; SILVA, P. H. P. da¹; ROCHA, L. de M.¹; CAMPANI, G. P.¹; BASTOS, A. G. de B. T.¹; ESTEVAM, L. A.¹; MONETTA, G. B.¹; CAPRIOLI, G. M. S.¹; CASCIATORI, F. P.²

¹Grupo PET-Engenharia Química - PET EQ, UFSCar, Campus São Carlos; ²Tutora do Grupo PET-Engenharia Química - PET EQ, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Campus São Carlos
E-mail: ²fernanda.casciatori@ufscar.br, pet.eq.ufscar@gmail.com

RESUMO: Este trabalho reporta o desenvolvimento do processo e a produção experimental de cachaça, bebida genuinamente brasileira. Após revisão da literatura, etapas do processo foram definidas e suas condições operacionais estabelecidas. A produção experimental compreendeu a execução das operações unitárias previstas na produção da bebida em larga escala, bem como da fermentação alcoólica por levedura. Na destilação, separaram-se as frações cabeça, coração e cauda, tomando-se apenas o coração para envase. Análises físico-químicas proporcionaram controle da qualidade, com destaque à comparação, por cromatografia gasosa, entre aguardente comercial e a obtida pelo grupo. O cromatograma confirmou que as frações de cabeça e coração foram similares às da cachaça comercial, evidenciando que a bebida envasada estava livre de metanol, o que é de supra importância para garantia da segurança do consumo. Ao final do trabalho, ressalta-se ganho de conhecimento em tecnologia de bebidas destiladas, assim como a importância da prática da produção para consolidação da formação.

Palavras-chave: bebidas alcoólicas destiladas; operações unitárias; processos fermentativos.

PROCESS DEVELOPMENT AND EXPERIMENTAL PRODUCTION OF BRAZILIAN SUGARCANE SPIRIT

ABSTRACT: This work reports the development of the process and the experimental production of *cachaça*, a genuinely Brazilian spirit. After a literature review, the process steps were defined and their operational conditions established. The experimental production comprised the execution of the unit operations involved in large-scale beverage production, as well as alcoholic fermentation by yeast. During distillation, the head, heart, and tail fractions were separated, with only the heart fraction being collected for bottling. Physicochemical analyses enabled quality control, with emphasis on the comparison—by gas chromatography—between a commercial *cachaça* and that produced by the group. The chromatogram confirmed that the head and heart fractions were similar to those of the commercial *cachaça*, showing that the bottled beverage was free of methanol, which is of utmost importance to ensure consumer safety. Finally, the work highlights the knowledge gained in distilled beverage technology, as well as the importance of hands-on experience for consolidating professional training.

Keywords: distilled alcoholic beverages; unit operations; fermentative processes.

Área do conhecimento: Engenharia Química (6.05.00.00-4)/ Engenharia Bioquímica (6.05.02.00-6);
Ecossistema de inovação: Agricultura e Agronegócio; ODS: Indústria, Inovação e Infraestrutura.



Introdução

O desenvolvimento de produtos e processos é uma das áreas mais estratégicas e importantes da Engenharia Química, baseada na transformação de matérias-primas em produtos de valor agregado com eficiência, segurança, qualidade, economia e sustentabilidade. Mais especificamente, o desenvolvimento de processos trata de definir e otimizar operações unitárias e reações necessárias, requerendo conhecimento de reações químicas e bioquímicas, operações de separação e de transferência de calor e massa (McCabe; Smith; Harriott, 2005).

Neste contexto, no presente trabalho, o grupo PET EQ estudou o desenvolvimento do processo e realizou a produção experimental de cachaça, denominação exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com teor alcoólico entre 38 e 48% em volume, obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar (Brasil, 2009). Com o passar dos tempos, a produção artesanal da cachaça se consolidou como parte importante da cultura e da economia do país, tornando-se símbolo nacional. O processo envolve etapas como extração e preparação do caldo de cana-de-açúcar, fermentação alcoólica e destilação, que determinam as características sensoriais da bebida e a segurança para consumo (Oliveira, 2011).

Durante a destilação, o líquido fermentado é separado em três frações: cabeça, coração e cauda, de acordo com o tempo em que os componentes do mosto evaporam e são recolhidos na forma condensada. Somente a fração correspondente ao coração deve ser aproveitada para compor a cachaça de boa qualidade. A fração que volatiliza no início da operação, conhecida como cabeça, contém álcoois de baixo peso molecular, com destaque ao metanol, substância tóxica e altamente nociva à saúde humana. A total eliminação dessa fração é essencial para garantir a pureza e a segurança do produto. No caso da fração denominada cauda, há uma maior concentração de compostos voláteis solúveis em água, apresentando um ponto de ebulição mais elevado em comparação com a água, como ácido acético e furfural (Cabral, 2019).

Casos recentes de contaminação por metanol em bebidas clandestinas têm chamado a atenção das autoridades sanitárias e da população. Foram registradas intoxicações graves e mortes em diferentes Estados brasileiros, o que reitera a importância das boas práticas de fabricação, do controle técnico durante a destilação e da fiscalização adequada do setor. Tais ocorrências reforçam a necessidade de conscientizar produtores e consumidores sobre os riscos associados à produção incorreta e ao consumo de bebidas sem procedência (Brasil, 2025).

Diante do exposto, aprimorar o conhecimento do processo de produção de cachaça, desde a fermentação até a separação correta das frações na destilação, é de supra importância para enriquecer a formação em Engenharia Química, sobretudo considerando possível atuação futura dos profissionais no setor de bebidas destiladas. Como a grade curricular do curso não contempla uma disciplina específica de Tecnologia de Bebidas, o objetivo do trabalho foi proporcionar o estudo dos principais aspectos do processo produtivo, discutir os riscos da contaminação por metanol, destacar a importância do controle e das normas regulamentadoras para a fabricação de cachaça e, por fim, proporcionar a prática da produção experimental. De tal forma, alinha-se a Ensino e Pesquisa, com a vertente de Extensão sendo contemplada por meio da divulgação dos resultados e dos pontos chave das pesquisas nas redes sociais do grupo.

Materiais e Métodos

A prática experimental consistiu em executar todas as etapas que compõem o processo de produção da cachaça artesanal, abrangendo desde a obtenção do caldo da cana até o envase da bebida. Serão descritos os procedimentos adotados para a purificação e homogeneização do caldo, a fermentação, a destilação e o acondicionamento da bebida.

Após a moagem, o caldo de cana passou por uma etapa de limpeza, com o objetivo de remover sólidos insolúveis que poderiam atrapalhar a fermentação. Utilizou-se uma peneira de malha fina, associada a um decantador. Após a filtração, determinou-se o grau Brix inicial do caldo com auxílio de refratômetro. O pH do caldo também foi medido, com auxílio de pHmetro, sendo a faixa adequada para o processo fermentativo de 4,0 a 5,0 (Oliveira, 2011).

Iniciou-se a alimentação do fermentador com o caldo de cana, que foi adicionado de forma parcelada e contínua até atingir o volume útil do tanque. Essa alimentação gradual, conhecida como batelada alimentada, é essencial, pois a adição total do caldo de uma só vez (batelada) pode inibir a atividade das leveduras, favorecer o surgimento de contaminações e retardar o processo fermentativo. Durante o procedimento, utilizou-se um sistema de airlock, permitindo a liberação do gás carbônico gerado sem a entrada de ar externo, garantindo um ambiente anaeróbico favorável à atuação da levedura (Schwan, 2015).

A fermentação foi conduzida a aproximadamente 30°C, compatível com a temperatura tida como ideal para a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Segundo a relação estequiométrica da transformação da glicose em etanol, 1 mol (180 g) de glicose produz 2 mols (92 g) de etanol,

correspondendo a um rendimento teórico máximo de 0,511 g de etanol por grama de glicose consumida. Esse valor teórico máximo despreza o desvio de substrato para formação de novas células e outros produtos extracelulares (Nogueira; Venturini Filho, 2005).

O acompanhamento do processo foi realizado por meio de medições periódicas do grau Brix (°Brix) do mosto, utilizando-se refratômetro, além da observação de aspectos qualitativos como odor, temperatura e aparência do líquido. Idealmente, o fim da fermentação é indicado pela interrupção de borbulhas no airlock, sinalizando que o processo bioquímico foi concluído (Oliveira, 2011). No entanto, na produção realizada, o fermentador foi aberto para medição intermediária do °Brix, sendo registrada também a massa total do vinho, conforme visto na Figura 1a, da qual uma parte foi posteriormente transferida para o balão de destilação.

Ao término da fermentação alcoólica, o vinho continha leveduras e sedimentos, razão pela qual foi submetido à filtração com auxílio de peneira fina para remoção desses sólidos residuais. O aspecto do vinho filtrado ou develedurado é apresentado na Figura 1b. Essa etapa de filtração ou clarificação evita entupimentos e queima de material orgânico na destilação. Com o sistema montado, o qual pode ser visto na Figura 1c, iniciou-se o processo de destilação.

Figura 1 – a) Aspecto do vinho develedurado; b) pesagem do vinho, para balanço de processo; c) sistema de destilação simples em bancada.



a)



b)



c)

Fonte: Arquivo Pessoal (2025)

Utilizou-se o método de destilação simples, baseado na diferença de pontos de ebulição dos componentes da mistura (Oliveira, 2011). Durante o aquecimento do balão, realizado com auxílio de manta aquecedora, os compostos mais voláteis (menor peso molecular) vaporizam primeiro, sendo posteriormente condensados e coletados em frações distintas.

Inicialmente, foram adicionados 1,5 L do vinho (mosto fermentado) ao balão. À medida que a temperatura se aproximou de 75°C, teve início a evaporação dos compostos mais voláteis e a coleta da primeira fração, denominada cabeça, caracterizada por apresentar teor alcoólico entre 65 e 70°GL. Essa fração corresponde a cerca de 1 a 2% do volume total do vinho e deve

ser descartada, pois contém compostos indesejáveis como metanol e aldeídos, que podem comprometer a qualidade e segurança da bebida (Oliveira, 2011). O metanol, em particular, é oriundo da degradação da pectina presente na cana-de-açúcar durante a fermentação e possui ponto de ebulição inferior ao do etanol ($64,7^{\circ}\text{C}$), o que faz com que seja concentrado na fração inicial da destilação (Nogueira; Venturini Filho, 2005). Seu consumo em excesso é tóxico ao organismo humano, podendo causar cegueira e até levar à morte (Brasil, 2005).

Ao atingir 60°GL e aproximadamente 78°C , iniciou-se a coleta da fração coração, parte nobre do destilado, que concentra a maior proporção de etanol e compostos responsáveis pelas características sensoriais da cachaça (Oliveira, 2011). Essa fração, que representa cerca de 16% do volume de vinho, foi coletada em pequenas porções, com medições periódicas da graduação alcoólica por meio da densidade, a fim de garantir precisão no corte da fração.

Quando a graduação alcoólica reduziu para 38°GL , iniciou-se a coleta da fração cauda, composta por substâncias menos voláteis, como álcoois superiores, e com maior teor de água. Essa fração corresponde a aproximadamente 10% do volume inicial e apresenta turvação visível (Oliveira, 2011), sendo descartada por prejudicar o aroma e sabor da cachaça. Dessa forma, a destilação permitiu a separação seletiva das três frações: cabeça, coração e cauda, assegurando a obtenção da fração central de melhor qualidade, destinada à composição da cachaça artesanal.

Por fim, a etapa de envase consistiu em transferir a cachaça obtida para garrafas de vidro transparentes de 700 mL, após o que as embalagens foram vedadas com tampa metálica. A transferência do líquido para as garrafas foi realizada com auxílio de funil de vidro.

Uma das análises da bebida foi a de concentração de açúcares redutores pelo método do ácido 3,5-dinitrossalicílico (DNS) (Miller, 1959). Aliquotas da amostra foram adicionadas à solução de DNS e aquecidas em banho de água em ebulição por 10 minutos. A reação entre o DNS e os açúcares redutores promove mudança de coloração de amarelo para tons de marrom, cuja intensidade é proporcional à concentração de açúcar. A reação foi interrompida em banho de gelo. Após a diluição com água destilada, a absorbância foi medida em espectrofotômetro a 540 nm, permitindo a quantificação dos açúcares por meio de curva de calibração.

Por fim, a composição da cachaça produzida foi comparada à de uma amostra comercial por cromatografia gasosa (Agilent 8860 GC System Custom), visando identificar compostos voláteis, como metanol. Para a análise, as amostras foram vaporizadas e conduzidas através da coluna cromatográfica por um gás de arraste inerte. A separação dos componentes ocorreu com

base em suas diferentes afinidades com a fase estacionária, resultando em distintos tempos de retenção (Nascimento, 2018). Um detector na saída da coluna gerou um sinal para cada componente, produzindo cromatogramas para a bebida produzida e a amostra comercial.

Resultados e Discussão

O caldo inicial apresentou pH 5,0 e 23,1°Brix. Sabendo-se que o teor de açúcar ideal para a fermentação é de 15°Brix (Oliveira, 2011), realizou-se diluição com água potável, iniciando-se a fermentação com 15,2°Brix. Ao longo da fermentação, verificou-se redução contínua do teor de açúcares, com a última medida resultando em 5°Brix e pH final 4,65, denotando aumento da acidez. No entanto, o °Brix não se aproximou de zero, o que idealmente indicaria total conversão dos açúcares (Brasil, 2005). O processo fermentativo foi conduzido por cerca de 70 h, o que pode ter resultado na produção de compostos indesejáveis. A literatura recomenda tempos mais curtos, não ultrapassando 24 a 30 h, devendo ser finalizada quando três leituras consecutivas de °Brix apresentem valores constantes (Oliveira, 2011). O teor de açúcar na bebida final foi 24 mg/L, atendendo à legislação (Brasil, 2009).

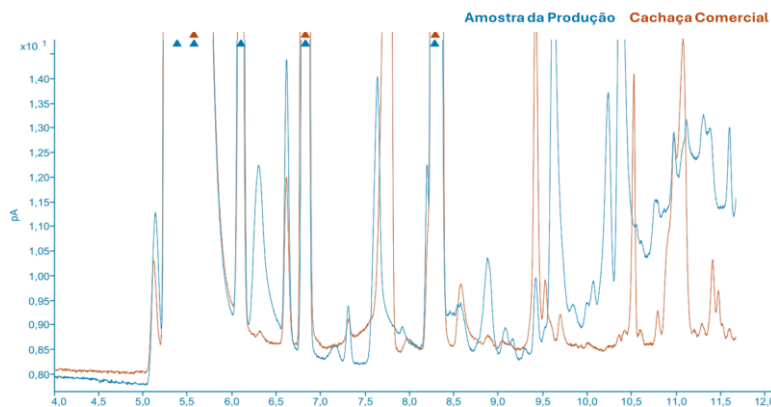
A análise qualitativa dos cromatogramas, vistos na Figura 2, revelou que a destilação foi parcialmente bem-sucedida, especialmente na separação da fração cabeça. Na região inicial do cromatograma (tempos de retenção mais baixos, entre 5,0 e 8,5 minutos), observou-se notável semelhança entre os picos da amostra produzida e da amostra comercial. Esta região corresponde aos compostos mais voláteis, que possuem menores pontos de ebulição, como o metanol, aldeídos e ésteres de baixo peso molecular. Esse resultado é de elevada importância por se tratar da região com substâncias tóxicas à saúde (Oliveira, 2011). Considerando que a cachaça comercial é inspecionada por órgãos reguladores, atesta-se que a cachaça produzida também está segura para consumo, com teor de metanol abaixo do limite máximo permitido.

No entanto, ao analisar a seção final do cromatograma (tempos de retenção superiores a 10 minutos), a diferença entre as amostras foi mais evidente, uma vez que a amostra produzida apresentou um maior número de picos e com maior intensidade nesta região, em comparação à comercial. Esses picos, correspondentes a compostos menos voláteis e de maior peso molecular, como álcoois superiores (n-propílico, isobutílico e isoamílicos) e furfural, são característicos da cauda, de forma que a presença desses compostos sugeriu que o corte foi tardio. Embora não sejam tóxicos como metanol, esses compostos comprometem características sensoriais da bebida, conferindo aroma e sabor mais agressivos (Oliveira, 2011).

Cabe mencionar, acerca dos cromatogramas, a saturação do sinal para vários picos majoritários, excedendo o limite de detecção, indicando que a concentração desses compostos, como o etanol, estava acima da faixa de resposta do detector. A área real desses picos é maior que a registrada, impossibilitando o cálculo das concentrações e a comparação quantitativa entre as amostras. Assim, espera-se repetir a análise de GC para amostras diluídas.

A interrupção da coleta da fração coração baseou-se no monitoramento da densidade do destilado, que permitiu estimar o teor alcoólico. O corte foi finalizado quando se atingiu 41°GL, já que o limite mínimo de 38°GL garante a classificação como cachaça (Brasil, 2005). Embora este método seja eficaz, a análise GC revelou que tal abordagem não é suficiente para assegurar precisão do corte, face à limitação de identificação da presença de compostos indesejáveis. Assim, o corte a partir do teor alcoólico foi impreciso do ponto de vista sensorial. Para refinar o processo, monitoramento da temperatura no topo da coluna de destilação também deve ser feito, para detectar flutuações da temperatura que correspondem a variações no teor de etanol.

Figura 2 – Cromatogramas sobrepostos da amostra produzida (azul) e comercial (vermelho).



Fonte: Arquivo Pessoal (2025)

Conclusões

A produção experimental de cachaça proporcionou aplicação prática de conceitos de fermentação e destilação. A análise cromatográfica foi fundamental para atestar a qualidade do produto, confirmando ausência de metanol e segurança da bebida. A mesma análise, contudo, evidenciou presença de compostos da cauda, revelando oportunidade de otimização no corte.

Agradecimentos

Os(as) autores(as) agradecem ao Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação (FNDE/MEC), pelo auxílio financeiro; e ao DEQ/UFSCar, pela infraestrutura.



Referências

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 20, de 22 de março de 2008**. Dispõe sobre materiais plásticos destinados ao envase de alimentos e bebidas. Diário Oficial da União, Brasília, 24 mar. 2008.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 jun. 2009.

BRASIL. **Instrução Normativa MAPA nº 24, de 8 de setembro de 2005**. Estabelece parâmetros de fermentação para bebidas alcoólicas. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Ministério da Saúde confirma 225 registros de intoxicação por metanol após ingestão de bebida alcoólica**. Ministério da Saúde, Brasília, 5 out. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2025/outubro/ministerio-da-saude-confirma-225-registros-de-intoxicacao-por-metanol-apos-ingestao-de-bebida-alcoolica>. Acesso em: 8 out. 2025.).

CABRAL, M. B. **Estudo das frações de destilado na produção de cachaça artesanal: composição química e limites legais**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia e Bioprocessos) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/bitstream/riufcg/8280/1/MAYSA%20BERNARDINO%20CABRAL%20-%20TCC%20ENG.%20DE%20BIOTECNOLOGIA%20E%20BIOPROCESSOS%202019.pdf>. Acesso em: 08 out. 2025.

CARDOSO, M. das G.; LIMA, L. C. O.; RIBEIRO, C. F. **Destilação da Cachaça: Aspectos Técnicos e de Qualidade**. Lavras: UFLA, 2014.

McCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P. **Operações unitárias na engenharia química**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

NASCIMENTO, R. F. do; et al. **Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2018.



21 A 23 DE NOVEMBRO DE 2025
XXX ENAPET

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

NOGUEIRA, A. M.; VENTURINI FILHO, W. G. Formação de compostos secundários em aguardente de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 62–68, 2005.

OLIVEIRA, A. M. L. de. **O processo de produção da cachaça artesanal e sua importância comercial**. 2011. Monografia de especialização – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em:
<https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/872f9756-afc4-476f-869a-7fac77accd30/content>. Acesso em: 08 out. 2025.

SCHWAN, R. F.; MENDES, F. A.; SILVA, J. J. Fermentação alcoólica na produção de cachaça artesanal. **Revista Brasileira de Agroindústria**, v. 11, n. 1, p. 45–58, 2015.