ISSN: 2358-8829

MINICURSO DE FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA: ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS NA PRODUÇÃO DE CACHAÇA

Thatiany Salvador Pereira [1]
Cesar Ritir Batista [2]
Júlio Gabriel dos Santos [3]
Leyla Vitória Cardoso dos Santos [4]
Eduardo Lima dos Santos [5]
Fred Augusto Ribeiro Nogueira [6]

INTRODUÇÃO

O ensino de química nos cursos técnicos de nível subsequente tem a tarefa de formar, em pouco tempo, profissionais que dominem tanto os fundamentos científicos quanto as rotinas de trabalho em laboratórios e indústrias. Na prática, porém, a fundamentação teórica e a prática profissionalizante costumam ser tratadas de forma dissociada, o que dificulta a compreensão de como os conceitos teóricos fundamentam a tomada de decisão e a resolução de problemas em contextos operacionais reais (Kuenzer, 2017). O problema se agrava quando faltam metodologias que contextualizem processos biotecnológicos, nos quais fenômenos físico-químicos, como a liberação de calor, a velocidade das reações e o equilíbrio ácido-base, atuam ao mesmo tempo sobre sistemas vivos.

A produção de cachaça é um tema com grande potencial para aproximar esses dois campos. Trata-se de uma bebida típica e exclusiva do Brasil, definida na legislação como a aguardente de cana com graduação alcoólica de 38 a 48% em volume a 20 °C, obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar (Brasil, 2009). A fermentação alcoólica, etapa em que leveduras convertem os açúcares do caldo em etanol e dióxido de carbono,

[1]Graduando do Curso de licenciatura em química do Instituto Federal - AL, tsp11@aluno.ifal.edu.br;
[2]Graduando do Curso de licenciatura em física do Instituto Federal - AL, crb3@aluno.ifal.edu.br;
[3]Graduando do Curso de licenciatura em química do Instituto Federal - AL, jgs45@aluno.ifal.edu.br;
[4]Graduando do Curso de licenciatura em química do Instituto Federal - AL, lvcs5@aluno.ifal.edu.br;
[5]Professor orientador: Doutorado, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Alagoas, eduardo.lima@ifal.edu.br;
[6]Professor orientador: Doutorado, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Alagoas, fred.nogueira@ifal.edu.br.

ISSN: 2358-8829

concentra boa parte das variáveis que determinam o rendimento e a qualidade final do produto, como a temperatura, o pH e a velocidade de consumo dos açúcares (Lima et al., 2001; Cardoso, 2013).

Nesse cenário, as tecnologias digitais ampliam as possibilidades de ensino. Vídeos educativos reunidos em um ambiente virtual permitem que o estudante assista e reveja o conteúdo no seu próprio ritmo (Moran, 2000; Mayer, 2009). Com base nessa premissa, foi desenvolvido um minicurso virtual sobre fermentação alcoólica na produção de cachaça, voltado a estudantes do curso técnico em química e centrado nos aspectos físico-químicos do processo.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar um minicurso virtual sobre fermentação alcoólica na produção de cachaça, composto por vídeos educativos e direcionado a estudantes do curso técnico em química. O processo fermentativo foi abordado sob a perspectiva da físico-química, com destaque para a influência da temperatura, a cinética de consumo de açúcares pelas leveduras e o papel do pH na estabilidade do sistema.

Do ponto de vista metodológico, a avaliação foi realizada por meio de questionários aplicados antes e após o minicurso, com o objetivo de identificar a compreensão inicial dos estudantes e analisar as mudanças no desempenho após a atividade. Os resultados indicaram melhora no desempenho dos estudantes após a realização do minicurso, com aumento dos percentuais de acertos nos quatro eixos conceituais avaliados. Os avanços foram observados principalmente nos conteúdos relacionados à temperatura e ao pH e à estabilidade do sistema fermentativo. Os resultados apontam para o potencial do uso de vídeos educativos e da contextualização de conceitos físico-químicos no ensino de química na formação técnica.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Educação Profissional e Tecnológica (EPT) na modalidade subsequente é direcionada a alunos que já completaram o ensino médio e buscam uma inserção rápida ou uma nova colocação no mercado de trabalho (Brasil, 2018). Devido à estrutura curricular compacta e à diversidade do perfil dos alunos, é essencial promover a conexão entre conceitos científicos abstratos e as realidades do trabalho para assegurar uma formação técnica que seja significativa e emancipadora (Ciavatta, 2021). Sob a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Situada, a aquisição do conhecimento é inseparável das práticas sociais e culturais dos contextos em que é aplicada, sendo vista como um processo contínuo de

ISSN: 2358-8829

participação legítima na periferia (Lave; Wenger, 1991). Através desse processo, o aluno avança gradualmente de um estágio iniciante para o de membro completo de uma comunidade de prática profissional (Wenger-Trayner, 2020).

No ensino de química na EPT, a contextualização da cinética química por meio da cadeia produtiva do caldo de cana possibilita ao aluno atribuir significado prático às variáveis de reação, superando a simples memorização de fórmulas e equações fora de contexto.

Nesse cenário, a integração das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) ao planejamento pedagógico favorece o emprego de metodologias ativas e personalizadas de aprendizagem (Moran, 2021). O uso de recursos audiovisuais destaca-se por aproximar os estudantes dos ambientes industriais e laboratoriais nem sempre acessíveis em tempo real. A eficácia pedagógica dos vídeos fundamenta-se na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), a qual estabelece que a arquitetura cognitiva humana processa informações por meio de dois canais independentes, auditivo/verbal e visual/pictórico, ambos de capacidade limitada (Mayer, 2021). A articulação harmoniosa entre elementos visuais dinâmicos e narração estruturada minimiza a carga cognitiva estranha e otimiza o processamento germânico, enquanto a possibilidade de pausar, retroceder e rever a mídia respeita os ritmos singulares de aprendizagem e a disponibilidade de tempo dos discentes do ensino subsequente. Essa mediação pedagógica encontra na etapa de fermentação alcoólica para a produção de cachaça um campo fértil para a aplicação de conceitos físico-químicos fundamentais. O caldo de cana-de-açúcar (mosto), após clarificação e ajuste do teor de sólidos solúveis (°Brix), é submetido à ação metabólica de leveduras, predominantemente cepas de Saccharomyces cerevisiae (Santos Et Al., 2022). A enzima *invertase* hidrolisa a sacarose em glicose e frutose, que são posteriormente metabolizadas pelas leveduras por meio de vias bioquímicas, incluindo a glicólise e as etapas subsequentes da fermentação alcoólica. Nesse processo, ocorre a formação de etanol e dióxido de carbono, conforme representado, de forma simplificada, pela equação (1):

ISSN: 2358-8829

Equação (1) – Fermentação alcoólica da glicose

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Estequiometricamente, o rendimento teórico da fermentação alcoólica corresponde a aproximadamente 0,51 g de etanol por grama de glicose consumida. Entretanto, o rendimento obtido na prática industrial tende a ser inferior ao valor teórico, pois parte dos açúcares é utilizada pelas leveduras para a formação de biomassa celular e de outros metabólitos, como glicerol, ácidos orgânicos, ésteres e álcoois superiores (Amorim Et Al., 2021).

O mosto fermentado (vinho) é então destilado para a obtenção da cachaça, cuja composição deve atender aos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) da legislação brasileira (Mapa, 2024). Por se tratar de uma reação bioquimicamente exotérmica, o calor liberado durante a conversão dos açúcares eleva a temperatura do meio, influenciando diretamente a cinética reacional e a viabilidade celular das leveduras (Souza et al., 2023). A influência da temperatura sobre a constante de velocidade de uma reação pode ser descrita pela equação de Arrhenius, apresentada na Equação (2):

Equação (2) – Equação de Arrhenius

$$k = A \cdot e^{-Ea/RT}$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Em que (k) representa a constante de velocidade da reação; (A), o fator pré-exponencial; (Ea), a energia de ativação; (R), a constante universal dos gases; e (T), a temperatura absoluta, expressa em kelvin (K) (Atkins; Paula; Kebler, 2023). Em geral, o aumento da temperatura eleva a constante de velocidade, desde que as demais condições relevantes sejam mantidas. Entretanto, na fermentação alcoólica, temperaturas excessivas podem prejudicar a atividade metabólica e a viabilidade das leveduras, comprometendo o processo fermentativo. A elevação térmica acelera o consumo de substrato até a faixa ótima de trabalho, compreendida entre 28 °C e 32 °C; acima desse limite, ocorrem a desnaturação de enzimas glicolíticas e o comprometimento da membrana plasmática microbiana (Amorim Et Al., 2021). Adicionalmente, o consumo de açúcares segue modelos cinéticos não lineares:

ISSN: 2358-8829

em concentrações elevadas de substrato, os sítios enzimáticos saturados resultam em uma velocidade de reação de ordem zero, transicionando para primeira ordem à medida que o substrato é consumido (Souza Et Al., 2023), ao passo que o acúmulo gradual de etanol exerce efeito inibitório sobre o metabolismo fúngico.

Paralelamente, o pH do mosto atua no equilíbrio iônico e na carga de superfície das enzimas, devendo ser mantido entre 4,0 e 5,0 para assegurar a atividade ideal da *S. cerevisiae* e inibir bactérias contaminantes (Santos et al., 2022). O rigoroso controle simultâneo de pH e temperatura é crítico, pois desvios operacionais, como picos térmicos acima de 34 °C induzem estresse celular e proliferação de bactérias láticas, favorecendo a formação excessiva de ácido acético e compostos carbonílicos indesejados. Tais alterações comprometem os atributos sensoriais da cachaça e levam à não conformidade do produto final frente aos limites oficiais de contaminação por acidez volátil, álcoois superiores e cobre (Mapa, 2024). Compreender a interdependência entre os parâmetros cinéticos e os padrões analíticos de qualidade capacita o futuro técnico em química para uma atuação preventiva e alinhada às demandas reais da indústria destileira.

METODOLOGIA

Esta pesquisa tem natureza aplicada e abordagem quali-quantitativa e foi desenvolvida em quatro etapas: planejamento, produção dos materiais, aplicação do minicurso e avaliação. O público participante foi composto por 30 estudantes do curso técnico subsequente em química do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Maceió. A turma já havia cursado o componente de Processos Industriais, o que permitiu relacionar os conceitos do minicurso aos conteúdos previamente estudados.

Na etapa de planejamento, realizou-se um levantamento bibliográfico sobre fermentação alcoólica na produção de cachaça, e o conteúdo foi organizado em quatro eixos, apresentados no quadro 1. Os roteiros dos vídeos foram elaborados pelos graduandos e revisados pelos professores orientadores. Sequencialmente, as etapas de produção dos materiais, aplicação do minicurso e avaliação foram executadas de modo a articular as mídias desenvolvidas com a participação ativa dos estudantes em sala de aula. A produção dos recursos audiovisuais pautou-se na clareza visual e na transposição didática dos conteúdos químicos, servindo de suporte direto para os encontros presenciais do minicurso. Por fim, a fase de avaliação permitiu mensurar a assimilação dos conceitos trabalhados e

ISSN: 2358-8829

coletar o *feedback* dos participantes, consolidando os dados qualitativos e quantitativos necessários para verificar a eficácia da intervenção pedagógica proposta.

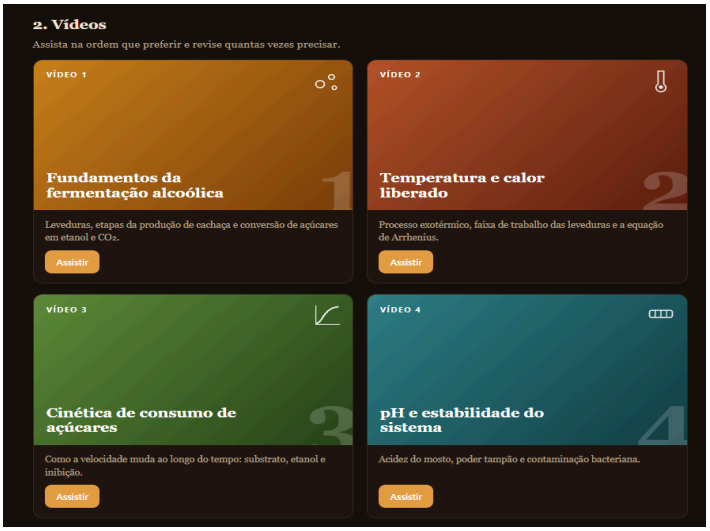
Quadro 1 – Eixos conceituais do minicurso

Eixo	Conteúdo abordado	Conceitos físico-químicos
1. Fundamentos da fermentação alcoólica	Etapas da produção de cachaça, papel das leveduras e conversão de açúcares em etanol e CO_2	Estequiometria e rendimento
2. Temperatura	Calor liberado na fermentação, faixa adequada de trabalho e controle térmico	Termoquímica e equação de Arrhenius
3.Cinética de consumo de açúcares	Variação da velocidade de consumo do substrato ao longo do tempo	Velocidade e ordem de reação; inibição pelo produto
4. pH e estabilidade do sistema	Acidez do mosto, contaminação bacteriana e poder tampão	Equilíbrio ácido-base e tamponamento

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Na etapa de produção, foram elaborados quatro vídeos educativos, um para cada eixo do Quadro 1, com duração média de 15 minutos, usando edição e animação. As miniaturas dos vídeos são apresentadas na Figura 1. Os vídeos foram reunidos em um site desenvolvido para esse fim, denominado Fermentação em Foco (Figura 2). O ambiente foi organizado em três etapas: pré-teste de conhecimentos, acesso aos vídeos educativos e pós-teste de conhecimentos. A plataforma permitia que os estudantes acessassem os materiais de forma autônoma e revisassem os conteúdos conforme suas necessidades.

Figura 1 – Miniaturas dos quatro vídeos do minicurso



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Figura 2 – Interface do site Fermentação em Foco



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A aplicação do minicurso ocorreu de forma virtual. Inicialmente, os estudantes receberam o endereço do site e as orientações de acesso. Em seguida, responderam ao pré-teste de conhecimentos, acessaram os quatro vídeos educativos de forma autônoma e, após a realização das atividades, responderam ao pós-teste. Os questionários foram disponibilizados por meio do Google Forms, permitindo avaliar a compreensão inicial dos estudantes e comparar seu desempenho após o minicurso. Os dois instrumentos continham 10 questões objetivas e 4 questões abertas, abordando os mesmos eixos conceituais apresentados no Quadro 1. O pré-teste teve como objetivo identificar a compreensão inicial

ISSN: 2358-8829

dos estudantes, enquanto o pós-teste permitiu comparar o desempenho após o acesso aos materiais. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, com cálculo dos percentuais de acertos por eixo conceitual e comparação dos resultados do pré-teste e do pós-teste. As respostas às questões abertas foram examinadas e organizadas em categorias temáticas, quando aplicável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pré-teste foi respondido por 30 estudantes, enquanto o pós-teste contou com 28 respondentes. Os percentuais de acertos foram calculados com base nas respostas obtidas em cada etapa, considerando o número de participantes correspondentes. A Tabela 1 apresenta os resultados por eixo conceitual, e o gráfico 1 permite visualizar as diferenças entre os dois momentos.

Tabela 1 – Percentual de acertos por eixo conceitual no pré-teste e no pós-teste

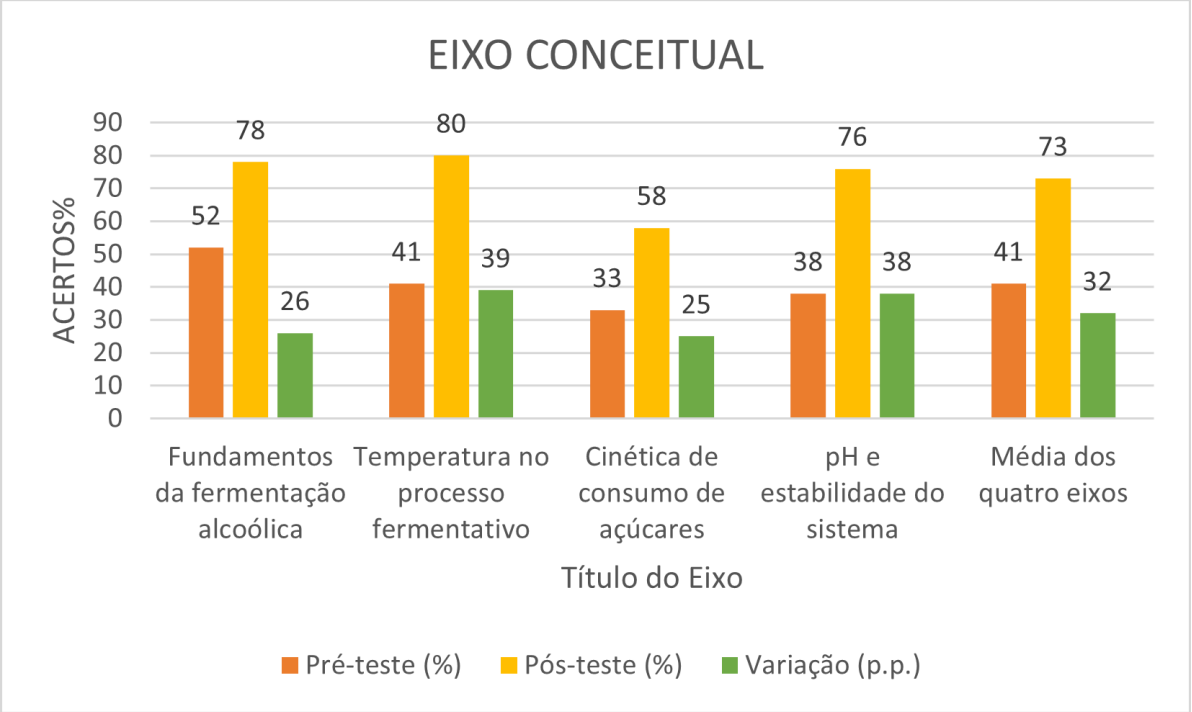
Eixo conceitual	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)	Variação (p.p.)
Fundamentos da fermentação alcoólica	52,0	78,0	+26,0
Temperatura	41,0	80,0	+39,0
Cinética de consumo de açúcares	33,0	58,0	+25,0
pH e estabilidade do sistema	38,0	76,0	+38,0
Média dos eixos	41,0	73,0	+32,0

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

De modo geral, os resultados indicam uma melhora no desempenho dos estudantes após a realização do minicurso. Considerando a média aritmética dos quatro eixos, o percentual de acertos passou de 41,0% no pré-teste para 73,0% no pós-teste, representando um aumento de 32,0 pontos percentuais. A melhora foi observada em todos os eixos, com maior variação em temperatura (+39,0 p.p.) e pH e estabilidade do sistema (+38,0 p.p.). Já os menores aumentos ocorreram em fundamentos da fermentação alcoólica (+26,0 p.p.) e cinética de consumo de açúcares (+25,0 p.p.).

ISSN: 2358-8829

Gráfico 1 – Percentual de acertos por eixo conceitual no pré-teste e no pós-teste.



Elaborado pelos autores (2026).

No eixo de fundamentos da fermentação alcoólica, o percentual de acertos passou de 52,0% para 78,0%, representando um aumento de 26,0 pontos percentuais. Esse resultado indica melhora na compreensão dos conceitos relacionados ao processo fermentativo. O avanço pode estar relacionado à apresentação das etapas da fermentação e ao papel das leveduras na conversão dos açúcares em etanol e dióxido de carbono. A abordagem contextualizada permitiu discutir esses conceitos a partir de um processo produtivo conhecido, aproximando os conteúdos químicos das situações encontradas na formação técnica.

No eixo da temperatura, o percentual de acertos aumentou de 41,0% para 80,0%, representando uma variação de 39,0 pontos percentuais. Esse resultado sugere que a articulação entre termoquímica e cinética química contribuiu para a compreensão da influência da temperatura sobre a fermentação. Além de afetar a velocidade das reações, a temperatura interfere na atividade das leveduras, de modo que seu controle é importante para a condução do processo fermentativo.

ISSN: 2358-8829

Resultado semelhante foi observado no eixo de pH e estabilidade do sistema, cujo percentual de acertos passou de 38,0% para 76,0%, correspondendo a um aumento de 38,0 pontos percentuais. A discussão sobre a acidez do mosto, o poder tampão e a possibilidade de contaminação bacteriana permitiu abordar o pH como uma variável importante para a estabilidade do processo. Dessa forma, o conteúdo foi relacionado a situações que podem fazer parte da atuação de um técnico em química, especialmente no acompanhamento e no controle de processos produtivos.

A cinética de consumo de açúcares apresentou o menor percentual de acertos no pós-teste, com 58,0%, embora tenha registrado um aumento de 25,0 pontos percentuais em relação ao pré-teste. Esse resultado indica que, apesar da melhora observada, o conteúdo ainda pode representar uma dificuldade para os estudantes. A compreensão das mudanças na velocidade de consumo do substrato ao longo do tempo exige a interpretação das relações entre a concentração de açúcares, a atividade das leveduras e a formação de etanol. Por isso, em uma próxima aplicação do minicurso, pode ser interessante incluir mais gráficos e exercícios de interpretação de curvas, de modo a favorecer a compreensão desses conceitos.

Considerando os quatro eixos conceituais, a média dos percentuais de acertos passou de 41,0% no pré-teste para 73,0% no pós-teste, correspondendo a um aumento médio de 32,0 pontos percentuais. Esse resultado geral reforça a melhora observada após a realização do minicurso, embora não permita afirmar que essa mudança tenha ocorrido exclusivamente em função da atividade.

O formato digital também oferece possibilidades para o desenvolvimento da atividade. Como os vídeos foram disponibilizados no site Fermentação em Foco, os estudantes puderam acessar os materiais de forma autônoma e rever os conteúdos conforme suas necessidades. Essa característica favorece a retomada das explicações e permite que o estudante organize seu próprio ritmo de estudo, desde que o recurso esteja integrado a um planejamento pedagógico adequado.

Apesar dos resultados positivos, é necessário considerar algumas limitações. O número de participantes foi reduzido, não houve grupo de comparação e o pós-teste contou com dois respondentes a menos que o pré-teste. Além disso, a avaliação ocorreu logo após a realização do minicurso, não permitindo verificar se os conhecimentos foram mantidos a longo prazo. Assim, os resultados devem ser interpretados considerando as características dessa aplicação e não permitem atribuir exclusivamente ao minicurso todas as mudanças observadas. Ainda assim, os dados apontam para o potencial da contextualização de

ISSN: 2358-8829

conceitos físico-químicos em um processo produtivo para contribuir com o ensino de química na formação técnica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho desenvolveu e avaliou um minicurso virtual sobre fermentação alcoólica na produção de cachaça, com ênfase nos aspectos físico-químicos do processo. Os resultados indicam melhora no desempenho dos estudantes após a realização do minicurso, com avanços nos quatro eixos conceituais avaliados. Destacaram-se os resultados relacionados à temperatura e ao pH e à estabilidade do sistema fermentativo, embora a cinética de consumo de açúcares ainda tenha apresentado dificuldades. A experiência aponta para o potencial dos vídeos educativos como recurso de apoio ao ensino de conceitos físico-químicos contextualizados em processos produtivos. A experiência aponta para o potencial dos vídeos educativos como recurso de apoio ao ensino de conceitos físico-químicos contextualizados em processos produtivos. Ao abordar a fermentação alcoólica na produção de cachaça, o minicurso aproximou os conteúdos estudados de situações relacionadas à formação técnica. Para os licenciandos autores, a experiência também representou uma oportunidade de desenvolver habilidades de planejamento e produção de materiais didáticos com o uso de tecnologias digitais.

Palavras-chave: Ensino de química, interdisciplinaridade, Educação Profissional e Tecnológica, química industrial, fermentação alcoólica

REFERÊNCIAS

AMORIM, H. V. *et al.* **Fermentação alcoólica**: ciência e tecnologia. 2. ed. Piracicaba: Fermentec, 2021.

ATKINS, P.; DE PAULA, J.; KEELER, J. **Atkins Físico-Química**. 11. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.

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 e a fiscalização da produção e do comércio de bebidas. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 20, 5 jun. 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio**. Brasília, DF: MEC/CNE/CEB, 2018.

ISSN: 2358-8829

CARDOSO, M. G. **Produção de cachaça de qualidade**. 3. ed. Lavras: Editora UFLA, 2013.

CIAVATTA, M. O trabalho como princípio educativo e a formação integrada na educação profissional e tecnológica. **Revista Trabalho Necessário**, v. 19, n. 38, p. 12-28, 2021.

KUENZER, A. Z. **Ensino médio e técnico**: formação integrada e redesenho curricular. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

LAVE, J.; WENGER, E. **Situated learning**: Legitimate peripheral participation. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

LIMA, U. A. *et al.* **Biotecnologia industrial**: processos fermentativos e enzimáticos. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. v. 3.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. **Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Bebidas e Fermentados**: Instruções normativas e resoluções vigentes. Brasília, DF: MAPA, 2024.

MAYER, R. E. **Multimedia Learning**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

MAYER, R. E. **Multimedia Learning**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

MORAN, J. M. Ensino e aprendizagem inovadores com apoio das tecnologias. *In*: MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas: Papirus, 2000. p. 11-66.

MORAN, J. M. O ensino híbrido e a transformação da educação. **Revista Educação**, São Paulo, ed. 278, p. 22-29, maio 2021.

SANTOS, L. V. C. *et al.* Parâmetros físico-químicos e microbiológicos na condução de processos fermentativos em microdestilarias. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo / Biotecnologia**, v. 21, p. 45-58, 2022.

SOUZA, C. A. *et al.* Cinética reacional e efeito da temperatura em processos biotecnológicos de fermentação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 43, p. e10223, 2023.

WENGER-TRAYNER, E.; WENGER-TRAYNER, B. **Learning in landscapes of practice**: Boundaries, identity, and knowledgeability in practice-based learning. London: Routledge, 2020.