



## BIOQUÍMICA CERVEJEIRA E BIOPROCESSOS PARA FUTUROS ENGENHEIROS QUÍMICOS: O CONHECIMENTO EM AÇÃO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4402

Margarete Aparecida Pereira - margarete.pereira@gmail.com  
Centro Universitário Una

Pedro Prates Valério - pedro.valerio@una.br  
Centro Universitário UNA Cidade Universitária Belo Horizonte

Madrith Sthel Costa Duarte - madrith.duarte@prof.una.br  
Centro Universitário Una

Luana Maris Pedrosa Cruz Ercan - luana.cruz@una.br  
Centro Universitário UNA

Clarissa Ana Zambiasi - clarissa.zambiasi@prof.una.br  
Centro Universitário UNA

Fernanda Cristina Verediano - fernandaverediano@gmail.com  
Centro Universitário UNA

Hugo Vilaça Lima - hugo.lima@prof.una.br  
Centro Universitário Una

Orlando Gama da Silva Junior - orlando.silva@prof.una.br  
Centro Universitário Una

Vanessa Mota Vieira - vanessa.mota@prof.una.br  
Centro Universitário UNA

**Resumo:** A educação na sociedade da informação, além de facilitar o acesso a formação baseada na aquisição de conhecimentos, deve permitir o desenvolvimento de habilidades como a seleção e o processamento de informações, autonomia, a capacidade de tomar decisões, a polivalência, a flexibilidade, entre outros. Por este motivo as DCNs reforçam a necessidade de práticas de ensino/aprendizagem que garantam maior dinamismo e autonomia



*com o uso de metodologias ativas, solução de problemas concretos em atividades e conhecimentos interdisciplinares. Neste contexto, o presente artigo se desenvolve a partir de objetivo primário relacionado à compreensão e à relevância de tópicos especiais, por meio de propostas de operação e adequações metodológicas, no sentido da potencialização e construção da aprendizagem, no âmbito de componentes curriculares que se relacionem à Engenharia Química: Bioprocessos e Produção Cervejeira. A metodologia baseou-se em estratégias de aprendizagem foram baseadas em aulas expositivas, sala de aula invertida, instruções por pares, aulas em laboratório, aulas práticas, elaboração de projetos, estudos de caso e resolução de problemas reais. O processo cervejeiro adotado como estratégia de ensino neste projeto, mostrou-se eficaz, permitindo desenvolvimento de projetos com acompanhamento das etapas desenvolvidas pelos alunos, o questionamento de eventuais dificuldades apontadas pelos alunos durante a realização das tarefas e aumentou o engajamento nas aulas.*

**Palavras-chave:** Bioquímica, Bioprocessos, Processos Cervejeiros, Educação, Engenharia

## **BIOQUÍMICA E BIOPROCESSOS EM CERVEJARIAS: ENGENHARIA APLICADA PARA A FORMAÇÃO DE FUTUROS PROFISSIONAIS**

### **1 INTRODUÇÃO**

Cerveja, de acordo com o decreto Decreto nº 6.871, de 2009, é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro (BRASIL, 2009). A presente definição descreve o processo de produção da bebida de maneira simplificada, mas como citado por Young e Lewis (2002), se a cerveja tivesse sido inventada hoje, provavelmente, o processo complexo seria considerado uma tecnologia inapropriada.

Apesar do crescimento tecnológico que separa a fabricação de cerveja antiga das cervejarias de alta tecnologia de hoje, o processo em sua versão tradicional permanece totalmente inalterado. A produção de cerveja é marcada por intervalos de tempo e de temperaturas bem definidos, que promovem a ativação/desativação e desnaturação de enzimas responsáveis pela malteação, pela liberação de amido do malte, na liberação de aroma e de sabor na lupulação, na produção de álcool e dióxido de carbono durante o processo fermentativo. A fabricação de cerveja só pode ser compreendida e explicada a partir de conceitos científicos, como proteína, enzimas, pH, condutividade transferência de calor, entre outros (YOUNG; LEWIS, 2001; PIRES; BRÁNYIK, 2015). Tendo em vista tais fatos, o processo cervejeiro pode ser apresentado como ferramenta multidisciplinar de aplicação e problematização para os conteúdos de bioquímica, termodinâmica, química analítica, operações unitárias e controle de qualidade, visando o desenvolvimento de habilidade e competências definidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de graduação em engenharia.

As DCNs para os cursos de graduação em engenharia definem o perfil do egresso e competências esperadas do egresso, como por exemplo, ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia. Para que estas competências sejam desenvolvidas, o parecer número 1 de 2019 do Conselho Nacional de Educação (CNE) e da Câmara da Educação Superior (CES) reforça a necessidade de práticas de ensino/aprendizagem que garantam maior dinamismo e autonomia com o uso de metodologias ativas, solução de problemas concretos em atividades e conhecimentos interdisciplinares (BRASIL, 2019a; BRASIL, 2019b).

Neste contexto, o presente artigo se desenvolve a partir de objetivo primário relacionado à compreensão e à relevância de tópicos especiais, por meio de propostas de operação e adequações metodológicas, no sentido da potencialização e construção da aprendizagem, no âmbito de componentes curriculares que se relacionem à Engenharia Química: Bioprocessos e Produção Cervejeira.

### **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## 2.1 Perfil dos profissionais do Século XXI e as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em engenharia

A educação na sociedade da informação, além de facilitar o acesso a formação baseada na aquisição de conhecimentos, deve permitir o desenvolvimento de habilidades como a seleção e o processamento de informações, autonomia, a capacidade de tomar decisões, a polivalência, a flexibilidade, entre outros (FLECHA; TORTAJADA, 2009). A pandemia de COVID-19, modificou o mundo do trabalho e acelerou a inovação tecnológica, evidenciando a necessidade do desenvolvimento das habilidades citadas anteriormente.

Para atender a necessidade do mercado de trabalho atual e futuro, o Fórum Econômico Mundial (WEF, sigla para *World Economic Forum*) destaca a necessidade da construção de sistemas educacionais com currículos adequados para o século 21, juntamente com a entrega consistente de instrução amplamente acessível, com a formação uma base sólida para uma vida inteira de adaptação e desenvolvimento de novas habilidades. Desta maneira, para a formação dos profissionais do futuro é preciso estar atento às mudanças do mundo do trabalho, por meio do estabelecimento de currículos flexíveis, que conectem as necessidades dos empregadores e a formação técnico-científica e socioemocionais requeridas para a resolução de problemas. O quadro 1 as 15 principais habilidades para 2025.

Quadro 1 – Principais habilidades para 2025

1 Pensamento analítico e inovação	9 Resiliência, tolerância ao estresse e flexibilidade
2 Aprendizagem ativa e estratégias de aprendizagem	10 Raciocínio, resolução de problemas e ideiação
3 Resolução de problemas complexos	11 Inteligência emocional
4 Pensamento crítico e análise	12 Solução de problemas e experiência do usuário
5 Criatividade, originalidade e iniciativa	13 Orientação de serviço
6 Liderança e influência social	14 Análise e avaliação de sistemas
7 Uso de tecnologia, monitoramento e controle	15 Persuasão e negociação
8 Projeto de tecnologia e programação	

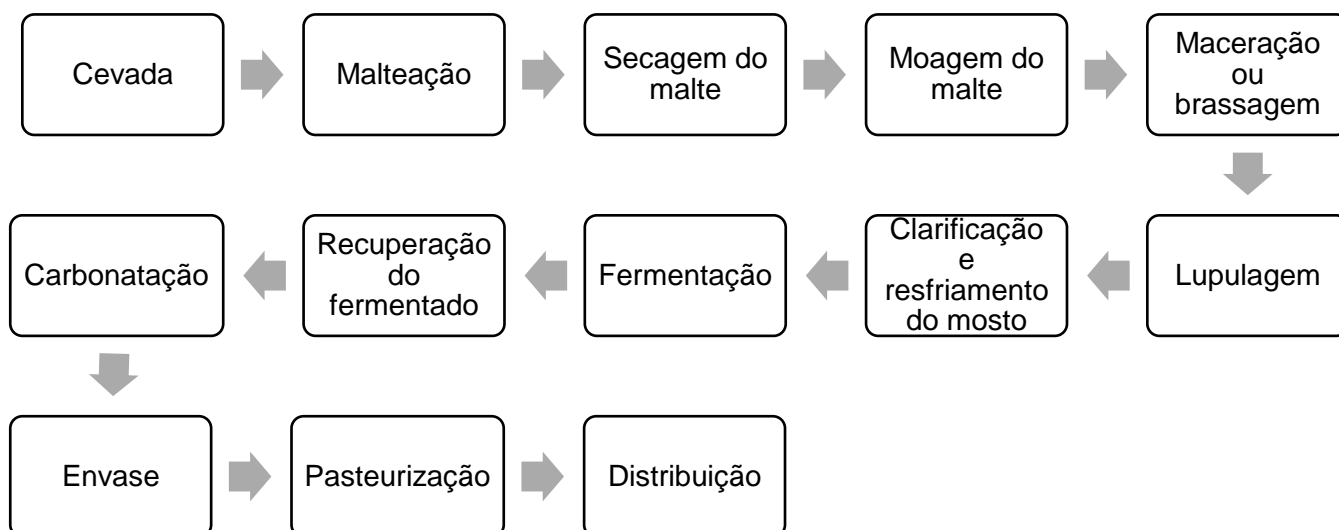
Fonte: The Future of Jobs Report (WEF, 2020)

Em convergência às estas novas exigências do mercado, as Novas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de engenharia são implementadas no Brasil, buscando modernizar os cursos de engenharia, por meio do foco na formação através do desenvolvimento das competências, metodologias inovadoras, indução de políticas institucionais inovadoras, ênfase na gestão do processo de aprendizagem, fortalecimento do relacionamento com diferentes organizações e valorização da formação do corpo docente (BRASIL, 2019 a).

## 2.2 Processo de fabricação da cerveja e suas aplicações ou pedagógicas

De maneira geral, processo de produção de cerveja envolve a extração e a quebra de carboidratos da cevada maltada para a obtenção de uma solução rica em açúcares (mosto), que contém os nutrientes necessários para o crescimento anaeróbio da levedura. Durante esse processo de crescimento da levedura, os açúcares simples presentes no mosto são consumidos na fermentação produzindo álcool e subprodutos metabólicos aromáticos. As modificações mais significativas são catalisadas por enzimas durante o processo de malteação da cevada e a fermentação. As demais etapas envolvem troca de calor, separação, clarificação, nas quais as alterações químicas são muito menores que nas etapas enzimáticas da malteação e da fermentação (WILLAERT, 2007; D'AVILA *et al.*, 2012). A figura 1 apresenta o processo de fabricação desde malteação até a distribuição.

Figura 1: Processo de fabricação da cerveja



Fonte: HARRISON; NUMMER, 2000; YOUNG; LEWIS, 2001; WILLAERT, 2007

A cevada cultivada pertence à espécie *Hordeum vulgare* L, membro da família de gramíneas *Poaceae*. Para os cervejeiros, a estrutura de interesse dos cervejeiros é o endosperma da semente, que contém as reservas de nutrientes que serão extraídos para a fermentação. Na malteação o grão é submetido a uma germinação controlada para a produção de enzimas que degradarão amido, proteínas, lipídios e outros componentes do grão (HARRISON; NUMMER, 2000; KOK *et al.*, 2018).

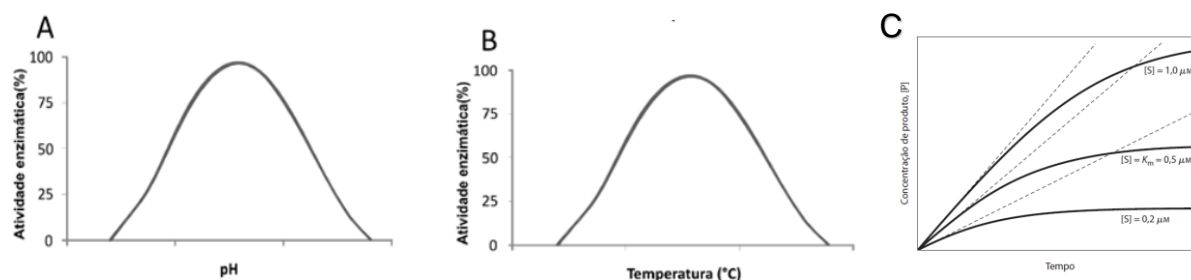
Na primeira etapa da malteação, o grão é mergulhado em água com temperatura entre 10° - 15 ° C e germinado entre 15° - 20 ° C de 3 a 7 dias. Posteriormente o broto é removido e a semente germinada é seca, para evitar que os nutrientes necessários a fermentação sejam consumidos. Operacionalmente, o estágio ótimo para interromper a germinação é quando foi atingido a máxima modificação do endosperma com o mínimo consumo dos nutrientes (HARRISON; NUMMER, 2000; PIRES; BRÁNYIK, 2015; KOK *et al.*, 2018) .



A etapa de moagem do malte tem dois objetivos: a diminuição do tamanho partícula e a uniformização das mesmas. A adequação e a uniformização das partículas visam o aumento da superfície de contato a atuação das enzimas. Quanto mais finas as partículas, melhor é a quebra do malte em açúcares fermentáveis e compostos de nitrogênio assimiláveis. Por outro lado, é importante ressaltar, que a moagem do grão de malte, em moinhos de rolos ou de martelos, deve ser realizada de maneira a deixar o mais intacta possível a casca do malte. A preservação da casca do malte ajuda na separação e na clarificação do mosto, pode reduzir extração de taninos e outros componentes indesejáveis durante a etapa de mosturação (LEWIS; YOUNG, 2001; PIRES; BRÁNYIK, 2015; KOK *et al*, 2018).

O produto moído, ou *grist*, é posteriormente misturado com água e aquecido durante a maceração, o que permite que os grânulos de amido sejam gelatinizados e se tornem mais acessíveis às enzimas do malte, como  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase,  $\alpha$ -glucosidase, dextrinase ( KOK *et al*,2018; HORNINK, 2022) . Nesta etapa os controles de temperaturas, de pH e da concentração de substrato extraído devem ser controlados, pois a alteração destes parâmetros pode modificar a velocidade de reação como mostrado pela figura 2.

Figura 2: Parâmetros de influenciam a ação de enzimas. A) pH B) temperatura C) concentração de substrato



Fonte: MONTEIRO; SILVA, 2000; NELSON; COX, 2014

Os efeitos produzidos pela modificação da temperatura no mosto são mostrados na tabela 1. A temperatura mais baixa faixa (35–40 °C) permite extensa degradação de  $\beta$ -glucanos, que promovem a separação do mosto e a clarificação da cerveja. A degradação proteolítica tem início de 45 °C e continua até por volta de 55° C. Entre 45 a 55°C há a ação de enzimas proteolíticas. A atividade destas enzimas são otimizadas a temperaturas próximas de 50°C. Em geral, os repousos acima de 60 °C são, de longe, os mais importantes para a maceração. Neste intervalo de temperatura a maior parte do extrato é dissolvida e, aproximadamente 80% dos açúcares fermentáveis são produzidos. Na faixa temperatura entre 70 e 72°C são formadas as glicoproteínas, importantes na formação da estabilidade da espuma da cerveja (FIX, 1999; LEWIS; YOUNG, 2001).

Quando a conversão do amido estiver completa, o mosto é separado do bagaço. Porém haverá extrato residual, que deverá ser recuperado de maneira a obter a máxima eficiência. Para remover esse resíduo, os grãos são lavados (aspersidos) com água quente (FIX, 1999). Após a separação dos sólidos residuais, o líquido açucarado quente é fervido com lúpulo.

Tabela 1: Modificação do mosto durante o repouso a várias temperaturas

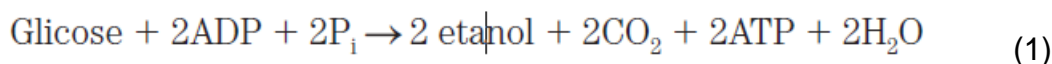
Temperatura ° C	Efeito promovido na faixa de temperatura
30-40	Liquefação de grãos e atividade da $\beta$ -glucanase
45-55	Atividade da $\beta$ -glucanase
47-52	Atividade de proteinase e peptidase
55-60	Atividade de $\alpha$ -amilase levando à produção de maltose
65-70	atividade da $\beta$ -amilase levando à quebra de amido para dextrinas
70-72	Formação de glicoproteínas levando à estabilidade e qualidades de textura da espuma da cerveja

Fonte: Fix, 1999

Todo o processo leva de 90 a 120 min, durante a fervura do mosto ocorrem os seguintes processos: inativação de enzimas, esterilização, precipitação de proteínas, evaporação da água e voláteis indesejados, isomerização de  $\alpha$ -ácidos de lúpulo; e a formação de compostos de sabor através da reação de Maillard. Depois separação das proteínas precipitadas, resfria-se e aera-se o mosto e procede-se a inoculação (DURELLO; SILVA; BOGUSZ JUNIOR, 2019; FIX, 1999; PIRES; BRÁNYIK, 2015).

A etapa mais lenta do processo é a fermentação, na qual as células livres em suspensão (*S. cerevisiae*, *S. uvarum* e *S. pastorianus*) fermentam o mosto em reatores operados de forma descontínua, sem agitação. O crescimento e a multiplicação destes organismos são inseparáveis dos processos metabólicos que produzem etanol, dióxido de carbono e outros produtos metabólicos, como ésteres (acetato de etila, acetato de isoamila, acetato de n-propila), ácidos (acético, propiônico) e álcoois superiores (1-propanol, 2-metil-1-propanol, 2-metil-1-butanol e 3-metil-1-butanol), que contribuem para o sabor do produto (LEWIS; YOUNG, 2001; REBELLO, 2009).

Bioquimicamente, como descrito por NELSON e COX (2014), as leveduras e outros microrganismos fermentam glicose em etanol e  $\text{CO}_2$ , com o objetivo de obtenção de energia, por meio formação de ATP. O etanol e o  $\text{CO}_2$  são metabólitos da fermentação etanólica, e a equação geral é mostrada pela equação 1:



Fonte: NELSON; COX, 2014

Tipicamente, o processo de fermentação é dividida em duas etapas: a fermentação principal (primária), responsável pela formação do etanol, produzindo uma “cerveja verde”, seguida por um processo mais lento a temperatura mais baixa na presença de quantidades menores de fermento. Esta segunda etapa é chamada de fermentação secundária. Finalmente, a cerveja pode ser maturada para as características sensoriais sejam desenvolvidas (LEWIS; YOUNG, 2001).

Tendo em vista os processos descritos acima, o processo cervejeiro apresenta diversas possibilidades de aplicação e desenvolvimento de atividades pedagógicas com objetivo na formação de profissionais, que atendam a demanda que se apresenta nos âmbitos regional e nacional, considerando o mundo do trabalho e a indústria cervejeira

contemporânea em franco crescimento. O Brasil é o 3º maior fabricante mundial, com 15,4 bilhões de litros, com 1549 estabelecimentos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) com aumento de 12% em 2021 (BRASIL, 2022; Sindicerv, 2023). Estas atividades pedagógicas visam desenvolver competências, habilidades e atitudes em sentido de tornar-se o aprendiz apto a avaliar resultados, processos enzimáticos, a composição e a estrutura das enzimas presentes, curvas de secagem do malte produzido, acompanhamento da fermentação e análise de qualidade e sensorial do produto produzido.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Desenvolvimento e elaboração do conteúdo

Minas Gerais é um dos maiores produtores de cervejas artesanais do país, especificamente, a Região Metropolitana de Belo Horizonte destaca-se quanto ao número de empreendimentos tanto em volume produzido. Nos últimos anos, a demanda por profissionais especializados tem aumento e, como consequência, houve um aumento do interesse dos estudantes de engenharia química sobre o processo produtivo de cerveja. Neste contexto, a disciplina Bioprocessos e Produção Cervejeira foi desenvolvida por meio de pesquisas em livros, artigos e consultas a profissionais. No quadro 2 são apresentados o conteúdo programático, o público-alvo, os objetivos e as habilidades e competências.

Quadro 2 – Definição do conteúdo programático, do público-alvo, dos objetivos e habilidades e competências

Conteúdo programático	<i>Bioprocessos e Biorreatores</i> <i>Esterilização e Substratos</i> <i>Processos Fermentativos e Fundamentos</i> <i>Cinéticos: Crescimento Celular e Populacional</i> <i>Introdução à cultura cervejeira: histórico e cenário</i> <i>Cerveja e Legislação Brasileira.</i> <i>Matérias-primas e Ingredientes: malte, lúpulo, água, fermento, adjuntos</i> <i>Etapas de produção da cerveja: mosturação, filtração, lupulagem, fervura, precipitação do trub, resfriamento, inoculação, fermentação, maturação, filtração, envase..</i> <i>Tecnologia Cervejeira: Equipamentos e layouts Industriais</i> <i>Produção de cerveja e aplicações práticas: Produção em grupos.</i> <i>Controle de qualidade: Fundamentos de Análises Físico-Químicas e Sensoriais</i>
Público-alvo	Estudantes de graduação e pós-graduação em engenharia química, química e áreas afins.
Objetivos Gerais	Desenvolver competências, habilidades e atitudes, em sentido de tornar-se apto a formular soluções, analisando e avaliando métodos e ferramentas que se atrelam a processos de produção cervejeira
Objetivos específicos	Tornar-se apto a examinar e experimentar etapas sequenciais e processos unitários, relacionando e aplicando conhecimentos que se atrelam à



	produção cervejeira, também considerando seleção de insumos e cálculos adaptados; tornar-se capaz de identificar e aplicar fundamentos técnicos e científicos, formulando soluções criativas para a indústria cervejeira; Desenvolver habilidades e competências relacionadas à aplicação de tecnologias, considerando modificações de estado, energia ou composição
Habilidades e competências	Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais, no contexto em questão; Projetar e conduzir experimentos, interpretar resultados, conceber e analisar produtos e processos; Planejar e supervisionar etapas e operações, considerando sistemas e projetos; Identificar, formular soluções para problemas de engenharia, utilizando ferramentas e técnicas; Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica, atuando em equipes multidisciplinares; Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental; Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais; Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia; Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

Fonte: os autores

### 3.1 Estratégias pedagógicas e o processo avaliativo

A produção acelerada e distribuição do conhecimento exige que as pessoas se mantenham constantemente informadas e atualizadas (*lifelong learning*) e que sejam capazes de atuar em cenários de incerteza, absorver e propor soluções inovadoras. Neste contexto, adota-se a ideia de Kolb, para o qual, o conhecimento é gerado por meio transformação da experiência (ENAP, 2015). Desta maneira as estratégias de aprendizagem foram baseadas em aulas expositivas, sala de aula invertida, instruções por pares, aulas em laboratório, aulas práticas, elaboração de projetos, estudos de caso e resolução de problemas reais.

O processo avaliativo foi baseado no acompanhamento processual da proposta de projeto de uma cervejaria e eventuais melhorias de processos produtivos com base nas reações bioquímicas presentes na fabricação.

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A fabricação de cerveja demonstrou ser uma excelente oportunidade de mobilização de conhecimento prévio, pois permite por meio de projetos como dimensionamento de cervejarias, de equipamentos como trocadores de calor e de fermentadores, que o aprendente acione conceitos e os aplique para a resolução de problemas reais. Além disso, a explicação do processo produtivo com base nas reações bioquímicas possibilitaram o aprofundamento de conceitos muitas vezes subestimados nos cursos de engenharia química.

Tais fatos, foram percebidos pelos estudantes durante as atividades sugeridas, como mostram os depoimentos a seguir:

*"De modo geral, minha experiência foi muito agradável. Foi bastante interessante vivenciar um momento com viés mais prático, enriquecendo o percurso na Engenharia Química. Espero poder seguir aprofundando, ainda que autonomamente, ainda mais, em cada assunto."*

*"A experiência me surpreendeu, o modelo de aprender sobre processos, a cada semana, tornou o aprendizado mais dinâmico. Como alguns assuntos me interessaram mais do que outros, o que é normal, pude aprender sobre que provavelmente não buscaria aprender por conta própria, o que eu acho importante. O curso foi uma experiência muito boa, pois quebrou o modelo geralmente utilizado, incluindo de aulas expositivas e conteudistas. "*

*"Acredito que a ideia de trazer temas progressivos, para termos contato com os processos, e também com a realizada industrial, é muito válida e interessante. Foi uma experiência que me levou de aluna a uma posição/visão profissional. Foi muito interessante poder ver engenheiros em "ação". Os cursos de graduação tendem muitas vezes a se fazer mais presos à visão acadêmica, com menos olhar para a realidade de mercado. Nesse aspecto, ver os processos e ter contato com profissionais que lidam com produção foi muito agregador. Achei excelente a proposta. Muito obrigada."*

*"Adorei a iniciativa trazer conhecimentos e vivências vinculadas à área de atuação do engenheiro químico. Foi de grande valia para nós que estamos tão próximos de nos inserirmos no mercado de trabalho."*

*"Foi uma experiência muito positiva, adquiri muito conhecimento, e de forma tranquila, sem precisar me preocupar com provas difíceis, mas sim com acúmulo de conhecimento. Além disso, fiquei muito satisfeita por sanar curiosidades sobre os processos e o cotidiano de profissionais da engenharia na indústria."*

*"A experiência foi muito importante para enxergar, de forma prática, como conceitos e cálculos se empregam na vida real, trazendo uma percepção do que é controlar processos em uma indústria. Com isso, pude ter mais visão sobre as responsabilidades de um engenheiro químico e também da pluralidade da profissão. Foi muito importante para mim perceber elemento de diversidade de caminho disponível, e também ter contato com profissionais nesses diferentes rumos e etapas da carreira. Certamente foi um semestre de muito aprendizado e crescimento!"*

*"Foi uma experiência enriquecedora. É gratificante poder ver as possibilidades de trabalho que nos são abertas por meio da engenharia, isso traz uma motivação muito grande."*

*"Gosto muito de escutar as pessoas falando sobre suas vivências e compartilhando seus conhecimentos. Achei muito interessante essa variedade que a gente teve - são aulas que eu assisti com gosto (não teve aquele peso de ser uma "obrigação", sabe?). Os convidados foram excelentes, e o conteúdo foi abordado de uma maneira bem legal. Achei a proposta dos desafios bem coerente com a carga-horária da matéria, enriquecendo a formação."*

*"É muito legal ver na prática a rotina de engenheiros químicos, e da forma como a matéria foi dada talvez fosse legal até mesmo pensar em ofertar em períodos anteriores, para interessar os alunos pelo curso e pelo futuro profissional."*

*"Achei a experiência bem diferente do que eu esperava, e muito positiva. Conseguimos conhecer especificidades e aplicações vinculadas ao curso e à profissão, esclarecendo cada tema. Eu mesmo, para fazer os desafios, li muitos textos sobre os temas, despertado por curiosidade e interesse, refletindo em minha aprendizagem. Adquiri diversas novas informações de uma área que não possuía domínio e conhecimento. Oi uma experiência enriquecedora sobre uma vertente que cresce continuamente vez mais!"*

*"Foi a disciplina mais prazerosa do semestre, o que não vinha experimentando há muito tempo na engenharia química. Por ser um modelo muito diferente das demais, foi como uma quebra do padrão e ainda assim eu percebi que fez a gente aprender coisas mais "úteis" do que algumas matérias que temos. Obrigada!"*

*"Experiência incrível. Eu entendia um pouco do processo cervejeiro, porém as palestras, as aulas, todo apoio, me ajudaram muito a entender o processo mais a fundo. Muito interessante ter o contato com profissionais atuantes e fazer trabalhos complementando o aprendizado das aulas, o que me permitiu perceber mais de perto meus interesses para trabalhar futuramente."*

*"Eu adorei a matéria e a forma na qual foi ofertada! Tenho que admitir que algumas vezes foi puxado, afinal a pesquisa e a elaboração de textos me exigiam dedicação. A oportunidade de conhecer o contexto industrial mais de perto, entretanto, foi muito enriquecedora. Inclusive alguns momentos foram tão bem apresentados, que até me despertaram novos interesse. Sei que a engenharia química é muito ampla, e é muito positiva essa aproximação, com mais especificidade, frente à sua abrangência."*

*"Achei uma proposta inovadora e as atividades foram proporcionais à carga horária, de forma que não nos sobrecarregamos e isso é muito importante para o aprendizado (quando uma matéria nos desgasta, o aprendizado é bloqueado). O aprofundamento, com propostas sempre vez mais específicas, estimulando raciocínio indutivo (do estudo de caso para o fundamento) é um caminho sempre efetivo para construção da aprendizagem ainda mais significativa"*

*"Tratar de um assunto socialmente agradável e descontraído, de forma extremamente humana e técnica, resume minha experiência. Foi realmente muito rico em aprendizado e de fato valeu muito a pena."*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o mercado de trabalho cada vez mais exigente, o desenvolvimento de habilidades e competências para os futuros engenheiros químicos tem sido um desafio para as instituições de ensino. Por este motivo, o desenvolvimento de estratégias de ensino que visem a mobilização de conhecimento, o aumento do engajamento e da intencionalidade passam pelo uso de processos industriais reais, palpáveis e que possam ser facilmente desenvolvidas nas escolas.

O processo cervejeiro adotado como estratégia de ensino neste projeto, mostrou-se eficaz, pois permitiu o desenvolvimento de projetos com acompanhamento das etapas desenvolvidas pelos alunos, permitiu o questionamento de eventuais dificuldades apontadas pelos alunos durante a realização das tarefas e aumentou o engajamento nas aulas.

## AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos aos nossos alunos pela confiança e dedicação durante o desenvolvimento das tarefas e projetos propostos.

## REFERÊNCIAS

BRASIL a. Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior. **Parecer 01/2019:** Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, 2019. 41 p. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category\\_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 11 abr. 2023.

BRASIL b. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.** Brasília, DF, 24 abr. 2019. p. 1-6. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category\\_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 11 abr. 2023.

BRASIL. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Decreto 6871.** Brasília, Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm#anexo](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm#anexo). Acesso em: 03 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cerveja 2021.** Brasília: Mapa, 2022. 36 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/publicacoes/anuario-da-cerveja-2021.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2023.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS. **COMPARAÇÃO ENTRE AS DIRETRIZES NOVAS E ANTIGAS DOS CURSOS DE ENGENHARIA.** 2019. Disponível em: <https://www.dirgrad.cefetmg.br/wp->



content/uploads/sites/81/2019/08/5\_Quadro-comparativo-das-DCNs.pdf. Acesso em: 24 abr. 2023.

D'AVILA, Roseane *et al.* Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 60-68, 31 dez. 2012. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos. <http://dx.doi.org/10.4013/ete.2012.82.03>.

DURELLO, Renato; SILVA, Lucas; BOGUSZ JUNIOR, Stanislaw. QUÍMICA DO LÚPULO. **Química Nova**, [S.L.], p. 900-919, ago. 2019. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170412>.

FLECHA, Ramón; TORTAJADA, Iolanda. Desafios e saídas na entrada do século XXI. In: IMBERNON, Francisco (org.). **A educação no século XXI: os desafios do futuro imediato**. Porto Alegre: Artmed, 2008. Cap. 1. p. 21-36.

FIX, George. **Principles of brewing science: a study of serious brewing issue**. 2. ed. Usa: Brewers Publications, 1999. 250 p.

HARRISON, Mark A.; NUMMER, Brian. Bee/Brewing. In: LEDERBERG, Joshua (ed.). **Encyclopedia of Microbiology**. 2. ed. Londres: Academic Press, 2000. p. 412-422.

HORNINK, Gabriel Gerber. **Princípios da produção cervejeira e as enzimas na mosturação**. Alfenas: Unifal, 2022. 96 p. Disponível em: <https://www.unifal-mg.edu.br/bibliotecas/wp-content/uploads/sites/125/2022/05/Principios-da-producao-cervejeira-e-as-enzimas-na-mosturacao-2.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2023.

KOK, Yee Jiun *et al.* Brewing with malted barley or raw barley: what makes the difference in the processes?. **Applied Microbiology And Biotechnology**, [S.L.], v. 103, n. 3, p. 1059-1067, 4 dez. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-018-9537-9>.

MONTEIRO, Valdirene Neves; SILVA, Roberto do Nascimento. Aplicações Industriais da Biotecnologia Enzimática. **Revista Processos Químicos**, [S.L.], v. 3, n. 5, p. 9-23, 2 jan. 2009. *Revistas Processos Químicos*. <http://dx.doi.org/10.19142/rpq.v3i5.83>.

NELSON, David L.; COX, Michael. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artemed, 2014. 1250 p.

PIRES, Eduardo; BRÁNYIK, Tomáš. **Biochemistry of Beer Fermentation**. New York: Springer, 2015. 80 p. (SpringerBriefs in Biochemistry and Molecular Biology)

REBELLO, F. D. F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, [S. l.], v. 1, n. 3, 2009. DOI: 10.18406/2316-1817v1n32009224. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/224>. Acesso em: 28 abr. 2023.

SINDICERV. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. **O Setor em Números**. 2023. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros/>. Acesso em: 04 abr. 2023.



YOUNG, Tom W.; LEWIS, M. J. **Brewing**. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2001.

WILLAERT, Ronnie. The Beer Brewing Process: wort production and beer fermentation. In: HUI, Y. H. et al (ed.). **Handbook of Food Products Manufacturing**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2007. Cap. 20.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Education, Skills and Learning**. Disponível em: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000000LPfEAO>. Acesso em: 20 abr. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2020**. World Economic Forum, 2020. 163 p. Disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2020.pdf?\\_gl=1\\*bn1e99\\*\\_up\\*MQ..&gclid=CjwKCAjw0ZiiBhBKEiwA4PT9zwLI7X18zwUE2RoFrCMt63Nuwytl9JwcYBe\\_7XM5hzrIVOoQBrottBoCp8cQAvD\\_BwE](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf?_gl=1*bn1e99*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjw0ZiiBhBKEiwA4PT9zwLI7X18zwUE2RoFrCMt63Nuwytl9JwcYBe_7XM5hzrIVOoQBrottBoCp8cQAvD_BwE). Acesso em: 24 abr. 2023.

## **BIOCHEMISTRY AND BIOPROCESSES IN BREWERIES: APPLIED ENGINEERING FOR THE TRAINING OF FUTURE PROFESSIONALS**

**Abstract:** *Regarding the information society, contemporary education, in addition to facilitating access to training based on the acquisition of knowledge, should allow the development of essential skills which could include the selection and processing of information, importantly summed to autonomy, as well as to the ability to make decisions, the polyvalence, and flexibility, among others. In this context, the national curricular guidelines of Brazilian engineering - DCN reinforces the need for teaching/learning practices that guarantee not Only greater dynamism but autonomy development with the use of active methodologies, solution of concrete problems in activities, and interdisciplinary knowledge. The present study, thus, is developed from a primary objective related to the understanding and the relevance of special topics concerning operational proposals and methodological adaptations, to enhance and build learning. It brings the scope of curricular components that also relates to Chemical Engineering: Bioprocesses and Brewing Production. The methodology was based on learning strategies that were based on flipped classrooms, instruction by pairs, laboratory classes, practical experiences, project development, case studies, and the resolution of real and industrial problems. The connected topics of the brewing processes adopted as a teaching strategy have proved to be effective, also allowing the development of applicable solutions with the monitoring of the stages of learning by the students. The questioning of eventual difficulties pointed out by the students during the accomplishment of the tasks was taken to increase engagement in the classes, encouraging not only formative assessments and feedback but academic evaluations as continuous self-regulation tools.*

**Keywords:** *biochemistry, bioprocesses, breweries, education, engineering*