



## A Química da Cerveja

**Natasha Aguiar Rosa e Júlio Carlos Afonso**

Este trabalho aborda a produção da cerveja, descrevendo a função de cada um de seus componentes. Sua fabricação exige um rigoroso controle a fim de assegurar a qualidade de um produto destinado ao consumo humano. A qualidade de seus ingredientes e os diferentes modos de produção levam a uma grande variedade de cervejas disponíveis hoje. Além de ser um importante tema de instrução técnica e prática para os alunos de cursos da área de química, a cerveja também se presta para diversas experiências em sala de aula, envolvendo concentrações e reações em meio ácido.

► cerveja, fermentação, experimentos de laboratório ◀

98

Recebido em 04/09/2012, aceito em 11/06/2014

**D**e acordo com De Keukelerie (2000), a cerveja é uma bebida elaborada com malte de cevada, água, lúpulo e fermento (levedura) (Figura 1). Na Alemanha, somente a cevada é empregada na obtenção do malte. Contudo, em vários países, é permitido e, às vezes, até obrigatório o uso de substitutos de parte do malte como, por exemplo, o arroz e a chamada alta maltose (que é produzida a partir do milho). Normalmente, esses países não têm autossuficiência de cevada ou malte (Sleima et al., 2010). Entretanto, independente da formulação, o lúpulo é ingrediente insubstituível.

A cerveja para consumo é composta por 2 a 6% de extrato residual, 2 a 6% de etanol, 0,35 a 0,50% de dióxido de carbono e 90 a 95% de água. Esses valores variam conforme o tipo de cerveja produzido (De Keukelerie, 2000; Aquarone et al., 1983).

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas com o menor teor de etanol (Tabela 1). O termo pão líquido, comumente atribuído à cerveja, tem a sua razão (De Keukelerie, 2000; Morado, 2009). Um litro de cerveja equivale: em carboidratos, a 150 g de pão; em proteínas, a 60 g de pão, 120 g de leite ou ainda 25 g de carne (Coimbra et al., 2009). A cerveja é fácil e rapidamente assimilada pelo organismo. Repositora de eletrólitos, apresenta 400 kcal/L, o que corresponde a aproximadamente 15 % das necessidades diárias de um adulto. Os sais minerais (Ca, P, K, Zn, Mg) incluídos em sua composição – 0,4 g L<sup>-1</sup> – correspondem a 10 % das



Figura 1: Componentes da cerveja.

necessidades de um ser humano. Além disso, ela é rica em vitaminas, sobretudo as do complexo B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>) (Coimbra et al., 2009; AmBev, 2011; Sleiman et al., 2010).

O pH da cerveja é ácido - em torno de 4. Ao contrário das demais bebidas alcoólicas, a cerveja proporciona um aumento da diurese, provocada pelas resinas amargas do lúpulo solubilizadas. Entretanto, é desaconselhável seu consumo por determinadas pessoas como as que apresentam hiperuricoemia (quantidade excessiva de ácido úrico no sangue).

O mercado brasileiro consome anualmente mais de 10,3 bilhões de litros da bebida. Esse número coloca o Brasil no quarto posto entre os maiores consumidores de cerveja

Tabela 1: Teor de etanol das principais bebidas alcoólicas consumidas (Rosa et al., 2006; Bitu, 2009).

Bebida	% em volume de etanol	Bebida	% em volume de etanol
Cerveja	4,5 a 6	Rum	35 a 58
Vinho	12 a 16	Cachaça	38 a 54
Vinho do Porto	18 a 22	Vodca	36 a 54
Tequila	36 a 54	Uísque	38 a 54

do mundo. A China está em primeiro lugar (35 bilhões de litros/ano), seguida pelos Estados Unidos (23 bilhões de litros/ano) e da Alemanha (10,7 bilhões de litros/ano). Em termos de consumo *per capita* (62 litros por pessoa por ano), o Brasil ocupa a décima sétima posição no ranking mundial. A República Tcheca lidera nesse particular com um consumo de 158 litros por habitante ao ano (Rosa et al., 2006).

### Breve histórico

O homem já dominava desde a mais remota antiguidade a técnica de produzir bebidas fermentadas pelo processo de malteação de grãos. Há cerca de 8 mil anos, os sumérios e os assírios desenvolveram a arte de fabricar cerveja (Coimbra et al., 2009; Zuppardo, 2010).

Tempos mais tarde, a bebida chegou ao Egito e, nesse país, passaram a ser produzidas variedades como a Cerveja dos Notáveis e a Cerveja de Tebas. Os egípcios divulgaram a cerveja entre os povos orientais e a difundiram na bacia do Mediterrâneo e, de lá, para o resto da Europa (Ferreira et al., 2011).

Na Idade Média, vários mosteiros fabricavam cerveja, empregando diversas ervas para aromatizá-la como mística, rosmarynho, louro, sálvia, gengibre e o lúpulo, utilizado até hoje e introduzido no processo entre os anos 700 e 800 pelos monges do mosteiro de San Gallo na Suíça. A variação da proporção entre os ingredientes (água, malte, lúpulo e leveduras) e do processo de fabricação resultavam em diferentes tipos de cerveja.

Da Suíça, a arte de fazer cerveja se espalhou pela Europa (inclusive a Escandinávia e as ilhas britânicas), mas a região dos Alpes concentrou fabricantes famosos (especialmente no sul da Alemanha – Baviera –, na Eslováquia, na República Tcheca e na Áustria). Há cervejas até hoje fabricadas cuja fórmula data de mais de 900 anos. A cerveja se tornou extremamente popular e criou fortes raízes culturais em todas as regiões supracitadas.

No Brasil, a primeira cerveja fabricada foi a Bohemia (Petrópolis, RJ) em 1853 (Bitu, 2009; Zuppardo, 2010).

### Composição da cerveja

**Água.** A água representa cerca de 90% da composição em massa da cerveja e exerce grande influência sobre a qualidade desta (De Keukellerie, 2000; Dragone et al., 2007; Silva;

Faria, 2008; Araújo et al., 2003; Zuppardo, 2010). Existem dois tipos de água utilizados na fabricação da cerveja:

**Água *cervejeira*:** usada no preparo do malte para a moagem, transferência de produtos em elaboração, rinsagem final na lavagem de garrafas, latas e barris;

**Água *de serviço*:** utilizadas em procedimentos, locais e equipamentos que não entram em contato com o produto.

A água deve preencher certos requisitos para que possa ser empregada no fabrico da cerveja (como no caso de qualquer outra bebida):

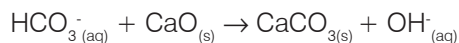
- Livre de turbidez. A turbidez é produzida por pequenas partículas em suspensão, que podem ser de natureza orgânica ou inorgânica. Têm-se como exemplos: terra, argila, areia e outros minerais. Podem servir com fonte de alimentação de micro-organismos e interferir no processo de desinfecção. Essas partículas são removidas por um processo de separação sólido-líquido chamado filtração.
- pH controlado (5 a 9,5). O pH no processo cervejeiro atua diretamente nos seguintes processos: regulação da atividade enzimática, solubilização de componentes adstringentes, variação da cor e coagulação dos componentes proteicos do mosto.
- Padrões microbiológicos. É necessário um plano de higienização e controle criterioso na unidade industrial que garantam à água todas as características desejadas: límpida, inodora, sem sabor e livre de micro-organismos.

**Sais minerais** (Dragone et al., 2007; Silva; Faria, 2008; Zuppardo, 2010).

**Cálcio.** Elemento importante para se obter uma cerveja estável e de bom paladar. Protege a amilase da desativação térmica durante a sacarificação (hidrólise) do amido (polisacarídeo de fórmula  $[C_6H_{10}O_5]_n$ ) contido no malte; favorece a coagulação proteica durante a fervura do mosto; precipita o oxalato (como  $CaC_2O_4$ ), evitando a posterior turvação da bebida; estimula o metabolismo e também a floculação da levedura.

**Magnésio.** Possui efeito similar ao cálcio, porém em menor intensidade, devido à maior solubilidade do fosfato de magnésio ( $Mg_3(PO_4)_2$ ) em relação ao fosfato de cálcio ( $Ca_3(PO_4)_2$ ). O magnésio é essencial ao funcionamento de certas enzimas da levedura. Níveis acima de 30 mg/L podem conferir um amargor desagradável para a cerveja. Quando a dureza e alcalinidade da água são elevadas, é necessária

a redução desses valores por tratamento à base de óxido de cálcio. Este reage com os hidrogenocarbonatos de cálcio e de magnésio que compõem a dureza da água, formando carbonato de cálcio, que é filtrado:



**Zinco.** Ativa a síntese de proteínas, estimulando o crescimento de leveduras, ativando a fermentação. Contudo, teores superiores a 0,6 mg/L têm ação negativa sobre a fermentação e a estabilidade coloidal.

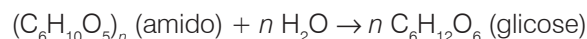
**Cloreto.** Os cloretos de cálcio e magnésio não são prejudiciais à cerveja. Conferem a ela um paladar encorpado e redondo. Contudo, teores acima de 100 mg/L favorecem a corrosão dos equipamentos da linha de produção.

**Malte.** O malte é resultante do processo artificial e controlado de germinação (malteação) da cevada, cereal da família das gramíneas (gênero *Hordeum*). É cultivada há cerca de 8 mil anos. Reúne várias características que justificam sua utilização na produção de cerveja: é rica em amido, contém enzimas, possui uma casca que confere proteção ao grão durante a malteação e dá o aroma e sabor característicos do produto (Zuppardo, 2010). O grão de cevada deve ser de tamanho grande e relativamente uniforme e de cor uniformemente clara; deve estar livre de manchas escuras e descoloridas. Essas manchas são indicações de ataque de micro-organismos, podendo gerar sabores e odores estranhos; deve ter o mínimo de grãos quebrados e sem casca para aumentar o rendimento da malteação. O processo de malteação é dividido em três etapas (Silva; Faria, 2008):

- Maceração – fornece água ao grão para que ele inicie a germinação;
- Germinação – é conduzida em caixas preparadas com rigoroso controle de temperatura, umidade, oxigênio e CO<sub>2</sub>. Ocorre com umidade em torno de 45-50%;
- Secagem – torna o malte estável e armazenável por meio do processo de desumidificação.

Encerra o processo fisiológico e define o paladar, o aroma e a cor desejados.

**Ingredientes adjuntos do malte.** São materiais formados por carboidratos não malteados (não provenientes do malte) com composição e propriedades que complementam de forma benéfica o malte de cevada. Os motivos de utilização dos adjuntos são os seguintes: menor custo dos adjuntos comparado ao malte; aumento da capacidade da brassagem (primeira etapa do processo de fabricação da cerveja); produção de cervejas mais claras (Silva; Faria, 2008; Araújo et al., 2003). Os adjuntos podem ser de dois tipos: a) os que não precisam de tratamento na chamada sala de brassagem (como a alta maltose, produzida a partir do milho), que possuem alta concentração de carboidratos simples (monossacarídeos). Estes são adicionados diretamente na fervura, pois não contêm amido; b) adjuntos que precisam de tratamento na sala de brassagem por terem alta concentração de amido. As enzimas devem hidrolisar as cadeias de amido, transformando-as em carboidratos simples:



**Lúpulo.** O lúpulo utilizado na fabricação de cerveja é a flor seca da planta fêmea do lúpulo, natural de muitas zonas temperadas da Europa, dos Estados Unidos e da China. O sabor característico do lúpulo é essencial para o impacto organoléptico total da cerveja, a estabilidade do sabor e a retenção da espuma (Dragone et al., 2007; Silva; Faria, 2008). Com pequenas variações, a composição do lúpulo comercial é dada na Tabela 2. A estabilidade do lúpulo depende de sua variedade, da forma de utilização e das condições de estocagem. O chamado aroma de queijo é associado à estocagem inadequada ou prazo de validade vencido do lúpulo (Dragone et al., 2007; Araújo et al., 2003) e decorre de volatilização de componentes da chamada resina mole e de oxidação química ou biológica de componentes da resina dura (Tabela 2).

Tabela 2: Composição média do lúpulo (% em massa) (Araújo et al., 2003; Silva; Faria, 2008).

Grupo	Componente	%	Fórmulas estruturais
Água	Água	6 - 12	H <sub>2</sub> O
Fração solúvel em n-hexano ("resina mole")	Alfa-hidroxiácidos	2 - 17	R - CH(OH) - COOH
	Beta-hidroxiácidos	1 - 10	R - CH(OH) - CH <sub>2</sub> - COOH
	Óleos essenciais	0,5 - 2,5	Bizzo et al., 2009
Fração insolúvel em n-hexano ("resina dura")	Polifenóis	2 - 5	Kremer et al., 2009
	Aminoácidos	0,1	R - CH(NH <sub>2</sub> ) - COOH
	Carboidratos simples	2	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (glicose)
	Pectina	2	Canteri et al., 2012
	Ácidos graxos e lipídeos	0 - 2,5	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>v</sub> - COOH (v > 7) (Maihara et al., 2006)
	Proteínas/carboidratos complexos	15	Maihara et al., 2006
	Sais minerais	8 - 10	Vários (sais Ca, Mg, Zn etc.)
	Celulose	40 - 50	Ogeda e Petri, 2010

## Processo de fabricação

O processo de fabricação (AmBev, 2011; Dragone et al., 2007; Silva; Faria, 2008) é feito sem qualquer contato manual durante as suas quatro etapas (Figura 2): brassagem; fermentação e maturação; filtração; e envasamento.

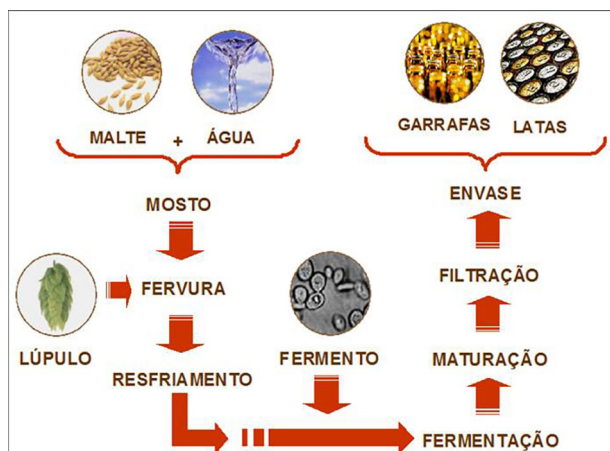


Figura 2: Resumo do processo cervejeiro.

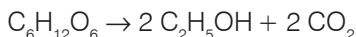
**Brassagem.** A primeira fase do processo produtivo ocorre na chamada sala de fabricação, onde as matérias-primas (malte e adjuntos) são misturadas à água e dissolvidas, visando à obtenção de uma mistura líquida açucarada, chamada mosto, que é a base para a futura cerveja. A produção do mosto baseia-se nos seguintes processos (Silva et al., 2008):

- Moagem do malte e dos ingredientes adjuntos em moinhos de rolos ou martelo, onde há ruptura da casca e liberação do material amiláceo (amido);
- Mistura com água;
- Aquecimento para facilitar a dissolução (mosturação);
- Transformação do amido em monossacarídeos (glicose) pelas enzimas do malte. A temperatura máxima é 72 °C para evitar a inativação (desnaturação) dessas enzimas;
- Filtração para separar as cascas do malte e dos adjuntos (tina de clarificação ou filtro prensa) e lavagem da torta (que é o açúcar fermentável). Depois de filtrada, a mostura passa a denominar-se mosto;
- Adição do lúpulo;
- Fervura do mosto para dissolução do lúpulo – solubilização de óleos essenciais (aroma) do lúpulo e isomerização dos alfa-hidroxiácidos em isoalfa-hidroxiácidos (a extensão dessa isomerização é responsável pela regulação do amargor da cerveja) – e esterilização;
- Resfriamento, feito em trocadores de calor (9 a 15 °C), seguido de aeração (introdução forçada de O<sub>2</sub> atmosférico) – condições ideais para a levedura realizar a fermentação.

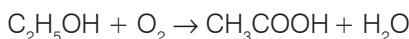
**Fermentação.** Após o resfriamento, o mosto recebe fermento (levedura) e é acondicionado em grandes tanques, chamados fermentadores ou dornas. As leveduras consomem

os carboidratos fermentáveis, produzindo etanol e CO<sub>2</sub>, como produtos principais, e 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), como produtos secundários. Estes transmitem propriedades organolépticas à cerveja (Araújo et al., 2003). Por isso, a fermentação é a fase mais importante para definir o paladar da cerveja.

A reação de fermentação de carboidratos como a glicose é:



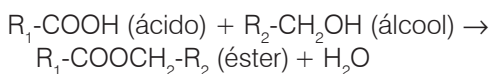
A oxidação de álcoois a ácidos acarboxílicos pode ser exemplificada para o caso do etanol:



Os fermentadores são revestidos por uma camisa externa de fluido refrigerante (amônia, NH<sub>3</sub> ou etilenoglicol, HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH). O tipo de fermentação dependerá da levedura utilizada: cerveja de alta fermentação (*Saccharomyces cerevisiae*) – as leveduras tendem a se situar nas partes superiores do fermentador; cerveja de baixa fermentação (*Saccharomyces uvarum*) – as leveduras tendem a permanecer nas partes inferiores do fermentador. É muito importante o controle preciso da temperatura, em geral entre 10 e 25 °C, pois somente nessa condição a levedura produzirá cerveja com o sabor adequado.

**Maturação.** Uma vez concluída a fermentação, a cerveja é resfriada a 0 °C. A maior parte da levedura é separada por decantação (sedimentação) e tem início a maturação. Nessa fase, pequenas e sutis transformações ocorrem para aprimorar o sabor da cerveja. O carboidrato residual é consumido pelas leveduras remanescentes, fenômeno conhecido por fermentação secundária. Essas leveduras também metabolizam substâncias indesejáveis oriundas da fermentação (acetaldeído em ácido acético, dicetonas vicinais, como a 2,3-pentanodiona em 2,3-butanodiol, e compostos sulfurados como o sulfeto de dietila, (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>S, em sulfatos inorgânicos e etanol). A maturação leva de 6 a 30 dias, variando de uma cervejaria para outra. Ao final dessa fase, a cerveja está praticamente concluída com aroma e sabor finais definidos.

Após a fermentação, a cerveja é enviada para tanques maturadores e mantida por períodos variáveis a temperaturas abaixo de 0 °C. Ocorre a sedimentação de partículas em suspensão e desencadeiam-se reações de esterificação entre os ácidos e os álcoois produzidos na fermentação, que produzem muitos dos ésteres essenciais para o sabor da cerveja:



**Filtração.** Depois de maturada, a cerveja passa por uma filtração. Adiciona-se um material adsorvente chamado terra

diatomácea, que tem a função de remover partículas em suspensão, principalmente leveduras, e substâncias de cor desagradável para a cerveja (como pectina e proteínas da resina dura do lúpulo), tal como o carvão ativo faz no tratamento de águas, deixando a bebida transparente e brilhante (aspecto cristalino). A filtração não altera a composição e o sabor da cerveja.

**Acabamento e envasamento.** A cerveja recebe estabilizantes (que mantêm as características de suspensão e emulsão – no caso, a espuma da cerveja) e antioxidantes (previnem a influência negativa do  $O_2$  – oxidação de ésteres, álcoois e outras substâncias responsáveis pelo sabor), aumentando seu tempo de validade (Ferreira et al., 2011). Exemplos de estabilizantes são a polivinilpirrolidona (PVP) e a carboximetilcelulose (CMC, um polímero derivado da celulose), ambas solúveis em água. Os antioxidantes mais comuns são o ácido ascórbico (vitamina C), o ascorbato de sódio e o isoascorbato de sódio.

A cerveja acabada é estocada em tanques e depois segue para o envasamento, passando por várias etapas: enchedora, pasteurizador, rotuladora e paletizadora.

A pasteurização é um processo térmico no qual a cerveja é submetida a um aquecimento a 60-70 °C (em câmaras com jatos d'água em temperaturas escalonadas) e posterior resfriamento. A pasteurização elimina micro-organismos prejudiciais à qualidade da cerveja (Araújo et al., 2003; Ferreira et al., 2011). Graças a esse processo, é possível às cervejarias assegurar uma data de validade ao produto de seis meses após sua fabricação. A cerveja em barris não é pasteurizada, recebendo o nome de chope. Nesse caso, sua validade é fixada normalmente em 10 dias, no caso do chope claro, e 15 dias, no caso do chope escuro. A cerveja é encaminhada para a expedição e comercialização.

### Controle de qualidade

O controle de qualidade desde a brassagem até o envasamento do produto permite garantir um produto de sabor agradável e em condições de satisfazer às exigências do consumidor (Filipe et al., 2006; AmBev, 2011; Zuppardo, 2010). Esse controle de qualidade é composto por três tipos de análises: físico-químicas, microbiológicas e sensoriais.

No caso das análises físico-químicas, o controle do teor de carboidratos ou de etanol nas diversas fases de fabricação da cerveja é feita com o auxílio de densímetros (sacarímetros ou alcoolímetros, respectivamente), calibrados para o soluto a que se destinam. Destaca-se também a dosagem da acidez (pH). A acidez titulável de uma cerveja (titulação de ácido fraco com solução de base forte – NaOH) resulta da qualidade das matérias-primas e da atividade biológica da levedura. Uma acidez elevada pode indicar contaminação bacteriana no mosto ou na cerveja e/ou um fraco desempenho da levedura (normalmente por envelhecimento desta). A análise é feita por meio de método potenciométrico com eletrodo de vidro.

### Espuma

A espuma é muito importante na aceitação da cerveja pelo consumidor. Esta se constitui basicamente de proteínas de alto peso molecular, derivadas do malte e das isomulonas (resinas provenientes do lúpulo). Uma má espuma pode ser resultado de contato da cerveja, durante o processo de fabricação, com agentes de limpeza ou lubrificantes. Filtração com material absorvente e tratamento excessivo com enzimas proteolíticas podem também acarretar perda na quantidade e na qualidade da espuma (Filipe et al., 2006).

A avaliação da velocidade de colapso da espuma se baseia na determinação (com um cronômetro) do tempo em que a espuma permanece firme antes de esmaecer.

### Turvação

Existem vários tipos de turvação, todas prejudiciais ao produto acabado (Ambev, 2011). A turvação metálica (por compostos de elementos como ferro, cobre e estanho) é ocasionada pela presença de polipeptídeos. Outra turvação pode ser causada pela formação de complexos proteínas-polifenóis, que tendem a reagir lentamente durante o processo de estocagem. São insolúveis em água a baixas temperaturas. Essas turvações reforçam a importância da condução criteriosa das etapas de maturação e filtração na qualidade da cerveja. O método utilizado é o turbidimétrico. O resultado é expresso em EBC (*European Brewing Convention*), escala de cores que se baseia na mistura de diferentes proporções de vermelho e amarelo (AmBev, 2011).

### Análises microbiológicas

Além das leveduras existentes na fermentação do mosto (as do gênero *Saccharomyces*), podem aparecer outros micro-organismos em diversas etapas do processo devido à presença de carboidratos de fermentação lenta, falhas de processo e deficiência nos processos de higiene e limpeza. Esses micro-organismos podem causar turvação e precipitados na cerveja, liberar produtos metabólicos indesejáveis (como fenóis, sulfeto de metila e dietila, acetoina e proteinases) e até mesmo deteriorar o produto por completo.

A suscetibilidade biológica da cerveja aumenta especialmente quando o pH está muito alto (acima de 4,5), a concentração de  $O_2$  muito alta (acima de 1 mg/L), a concentração de substâncias amargas do lúpulo muito baixa, entre outras.

### Tipos de cervejas

As cervejas são classificadas em cinco itens na legislação brasileira (Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997, e Lei nº 8.918, art. 66, de 14 de julho de 1994) de acordo com a Tabela 3 (Jorge, 2004). Quanto às cervejas alcoólicas, os tipos principais são (Rosa et al., 2006; Jorge, 2004):

**Tipo Lager:** Estas são as cervejas mais consumidas no mundo, responsáveis por mais de 99% das vendas de cerveja

Tabela 3: Classificação das cervejas no Brasil.

<b>1 - Pela fermentação</b>	
Alta fermentação (12 – 15 °C)	
Baixa fermentação (5 – 10 °C)	
<b>2 - Extrato primitivo</b> (quantidade de substâncias dissolvidas (extrato) do mosto, que deu origem à cerveja – parágrafo 7º do artigo 64 do Decreto 2314)	
Leve	Acima de 5,0% até 10,5% em massa
Comum	Acima de 10,5% até 12,5% em massa
Extra	Acima de 12,5% até 14,0% em massa
Forte	Acima de 14,0% em massa
<b>3 - Cor</b>	
Clara	menos de 20 unidades EBC
Escura	20 ou mais unidades EBC
<b>4 - Teor alcoólico</b>	
Sem álcool	menos de 0,5% em volume de etanol
Alcoólica	igual ou maior que 0,5% em volume de etanol
<b>5 - Teor de extrato (final)</b>	
Baixo	Até 2% em massa
Médio	2% a 7% em massa
Alto	mais de 7% em massa

do Brasil. Originárias da Europa Central no século XIV, são cervejas de baixa fermentação (fermentação a frio - de 5 a 10 °C), com teor alcoólico geralmente entre 4 e 5%. Os subtipos principais de Lager são: *Pilsener* (pilsen ou pils) – esse tipo de cerveja surgiu em Pils, região da Boêmia da República Tcheca, em 1842, e é a mais conhecida e consumida no mundo. Tem sabor delicado e leve (por conta do emprego do arroz e do milho como adjuntos do malte e de água com baixo teor de sais dissolvidos), é clara (o malte não é torrado e não se empregam aditivos escuros como o caramelo) e de teor alcoólico entre 3 e 5%. No Brasil, o consumo da pilsener – a que mais se adequa ao nosso clima – chega a 98% do total. *Bock* – essa cerveja também tem grande aceitação mundial por ter um sabor mais forte e encorpado (menos adjuntos são empregados) e é geralmente de cor escura por usar malte torrado e caramelado. É originária da cidade de Einbeck, na Alemanha. Tem teor alcoólico mais elevado frente à Pilsener (4 - 6%). *Ice* – surgiu em 1993 no Canadá. Depois de fermentada, sofre um resfriamento a temperaturas abaixo de 0 °C (*ice process*), quando a água se transforma em finos cristais de gelo. No estágio seguinte, esses cristais são retirados, obtendo-se uma cerveja mais forte e refrescante. *Malzbier* – cerveja escura e doce, de graduação alcoólica na faixa de 3 a 4,5%, é famosa no Brasil. Na Alemanha, país de origem, é hoje tratada como bebida energética. Após a filtração, são adicionados caramelo e xarope de açúcar, daí a coloração escura e o sabor adocicado. *Munchner Dunkel* – são cervejas escuras avermelhadas (proveniente do malte tostado), produzidas originalmente em Munique, daí o seu nome. Eram as únicas cervejas da região da Baviera antes

da chegada das tecnologias que tornaram possível a criação de cervejas claras.

**Tipo Ale:** O que a difere das Lager é o tipo de fermentação, que é feita em temperatura mais alta, geralmente entre 12 e 15 °C. É um processo antigo, o que fez com que as cervejas do tipo Ale fossem as únicas disponíveis até meados do século XIX, quando foi desenvolvida a fermentação a baixa temperatura. Face à fermentação a quente, os sabores das cervejas Ale são incomparavelmente mais perceptíveis (encorpadas). Os subtipos de Ale são: *Stout*: originária da Irlanda, ela é feita com cevada torrada (maltes escuros), o que explica sua cor escura e possui um sabor que associa o amargo do lúpulo ao adocicado do malte. É elaborada com extrato primitivo de 15% e seus teores de etanol (4-6%) e extrato são elevados; *Porter*: é uma cerveja mais suave que sua parente Stout, pois normalmente contém 1 a 2% a menos de etanol; *Weissbier* (cerveja de trigo): produzida principalmente pelas grandes cervejarias alemãs, é feita à base de trigo, mas pode conter milho e mesmo frutas. É característica do sul da Alemanha (Baviera). Cervejas claras, bastante refrescantes e de graduação alcoólica na faixa 5 – 6%, são opacas porque normalmente não são filtradas após a fermentação e a maturação. Produzem, em geral, uma espuma densa e persistente.

**Cervejas sem álcool:** Apesar desta ser uma cerveja com propriedades físico-químicas e sensoriais diferentes das tradicionais, os processos tecnológicos empregados na fabricação são basicamente os mesmos da cerveja comum (AmBev, 2011; Jorge, 2004). A principal etapa a ser controlada é a fermentação para evitar a produção de etanol acima de 0,5%, e o principal cuidado na parte sensorial é o teor de amargor (devido aos alfa-hidroxiácidos) que deve ser mais acentuado na cerveja sem álcool, o que se consegue com a dosagem de lúpulo durante a fabricação.

Quanto mais suave o paladar da cerveja, mais complexo é o processo tecnológico empregado na fabricação. A maioria das empresas utiliza a tecnologia de fermentação interrompida devido à praticidade e ao baixo custo desse processo.

Estima-se que existam atualmente mais de 20 mil tipos de cervejas no mundo. Pequenas mudanças no processo de fabricação, como diferentes tempos e temperaturas de malteação, fermentação e maturação, e o uso de outros ingredientes, além dos quatro básicos – água, lúpulo, cevada e malte –, são responsáveis por uma grande variedade de tipos de cerveja.

### Conservação da cerveja

Os itens que ajudam a conservar as características originais da cerveja são (Coimbra et al., 2009; AmBev, 2011):

- Ela sai pronta da cervejaria: não pede, portanto, envelhecimento (como no caso do vinho). Quanto mais jovem, melhor será seu sabor;
- Guardar as garrafas de pé, em lugar fresco e ao abrigo do sol para evitar oxidação prematura;
- Resfriá-las em geladeira e não em freezer, pois a rapidez do congelamento prejudica o sabor;

- Tulipas e canecas pequenas, de cristal, são as ideais, pois mantêm melhor a espuma e a temperatura;
- Resíduos de gordura no copo são prejudiciais aos ensaios com a bebida, acabando com o colarinho e liberando o gás carbônico, o que deixa o líquido com gosto descaracterizado;
- Tomar cerveja com colarinho: dois a três dedos de espuma são o ideal para reter o aroma e evitar a liberação do CO<sub>2</sub>.

## Experimentos com cerveja

### Experimento 1. Avaliação do teor de etanol

#### Materiais

- . Cervejas de diversos tipos (com e sem álcool) e marcas diferentes, sem os rótulos originais, devidamente numeradas;
- . Provetas (250 – 500 mL) identificadas de acordo com a numeração das cervejas;
- . Densímetro calibrado para determinação do percentual em volume de etanol (alcolímetro de Gay-Lussac).

#### Procedimento

- . Despejar lentamente a cerveja na proveta, minimizando a formação da espuma. Após esta desaparecer, mergulhar o densímetro (Figura 3). Avaliar o percentual de etanol no líquido com base na escala impressa no instrumento. Todos os experimentos devem ser feitos à temperatura constante (a do local no momento do experimento) (Pires et al., 2006).

#### Discussão

- . Identificar as cervejas com e sem etanol e verificar se elas se enquadram na faixa de teor alcoólico (% em volume) definida na embalagem original. Compreender por que a temperatura deve ser a mesma ao longo dos experimentos.



Figura 3: Densímetro (alcolímetro) mergulhado em uma cerveja. A leitura, na interface ar-líquido, indica teor de 4,5% vol. de etanol.

*Medida de acidez das cervejas e reações em meio ácido:* assim como os refrigerantes (Lima; Afonso, 2009), as cervejas têm caráter ácido. O valor do pH, medido com instrumento ou avaliado com papel indicador, pode ser comparado ao do pH do suco gástrico (pH ~2,0), refrigerantes e sucos de fruta naturais. Podem-se mostrar aos alunos reações químicas que ocorrem em meio ácido. O emprego de cervejas de cor clara facilita a visualização dos experimentos.

### Experimento 2. Dissolução de bicarbonato de sódio na cerveja

#### Materiais

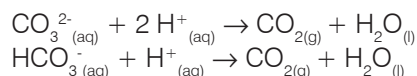
- . Proveta de 250 mL;
- . Cerveja de qualquer tipo de coloração clara;
- . Bicarbonato de sódio sólido;
- . Espátula;
- . Tiras de papel indicador universal de pH.

#### Procedimento (Figura 4)

- . Avaliar o pH inicial da cerveja por meio do papel indicador de pH;
- . Adicionar, aos poucos, por meio da espátula, pequenas porções de bicarbonato de sódio. Esperar cessar o desprendimento de gás antes da nova adição;
- . Quando a adição do bicarbonato não produzir mais gás, avaliar o novo pH do líquido.

#### Discussão

A dissolução de carbonatos e bicarbonatos reduz a acidez da cerveja devido às reações:



Os alunos devem compreender por que em pH próximo da neutralidade não ocorre mais liberação de CO<sub>2</sub>. O pH final, levemente ácido (~6), lembra o pH da chuva natural saturada em CO<sub>2</sub> (0,05 mol L<sup>-1</sup>).

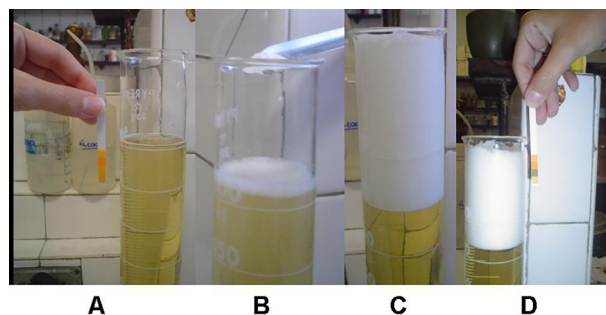


Figura 4: Dissolução de bicarbonato de sódio na cerveja. A) bebida inicial, pH = 4,0; B) adição de porção do sal sólido; C) desprendimento de CO<sub>2</sub>; D) pH da bebida após o experimento: aproximadamente 6. Não há mais desprendimento de CO<sub>2</sub>.

## Conclusões

A cerveja é um exemplo de como a química está inserida

em nosso cotidiano, não apenas no que diz respeito à preparação desse produto em suas diversas etapas, mas também no controle de qualidade necessário para que seja consumido sem risco à saúde.

As características físico-químicas da cerveja permitem igualmente a sua inserção como tema motivador para aulas de química e de biologia no ensino médio, bem como em disciplinas de formação de professores dada a riqueza de conteúdo que envolve a sua fabricação e o seu controle de qualidade.

## Referências

AMBEV. *Programa de formação técnica cervejeiros*. Jacareí: AmBev, 2011.

ARAÚJO, F.B.; SILVA, P.H.A.; MINIM, V.P.R. Perfil sensorial e composição físico-química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, n. 23, p. 121-128, 2003.

AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. *Biotecnologia: alimentos e bebidas produzidos por fermentação*. v. 5. São Paulo: Edgard Blucher, 1983.

BITU, H.L. *Cervejas especiais* – curso da Semana da Química. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

BIZZO, H.R.; HOVEL, A.M.C.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Química Nova*, n. 32, p. 588-594, 2009.

CANTERI, M.H.G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A.P. Pectina: da matéria-prima ao produto final. *Polímeros*, n. 22, p. 149-157, 2012.

COIMBRA, A.R.; MELO, F.; AGOSTINHO, P. *Cerveja e saúde*. Disponível em: [http://www.ff.uc.pt/~mccast/nutricao/material/Cerveja\\_saude.pdf](http://www.ff.uc.pt/~mccast/nutricao/material/Cerveja_saude.pdf). Acessado em: ago. 2011.

DE KEUKELERIE, D. Fundamentals of beer and hop chemistry. *Química Nova*, n. 23, p. 108-112, 2000.

DRAGONE, G.; MUSSATI, S.I.; SILVA, J.B.A. Utilização de mostos concentrados na produção de cervejas pelo processo contínuo: novas tendências para o aumento da produtividade. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, n. 27, p. 37-40, 2007.

FERREIRA, R.H.; VASCONCELOS, M.C.R.L.; JUDICE, V.M.M.; NEVES, J.T.R. Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte. *Perspectivas em Ciência da Informação*, n. 16, p. 171-191, 2011.

FILIPE, S. FERREIRA, I.M.P.L.V.O.; TEIXEIRA, N. Polipeptídeos e proteínas com influência na qualidade da espuma da cerveja e métodos analíticos utilizados em seu estudo. *Química Nova*, n. 29, p. 1326-1331, 2006.

JORGE, E.P.M. *Processamento de cerveja sem álcool*. 2004. Monografia de conclusão de curso (Graduação) – Pontifícia Universidade Católica, Goiânia, 2004.

KREMER, A.L.; FIALHO, F. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. *Revista de Saúde Pública*, n. 43, p. 211-218, 2009.

A cerveja é uma ferramenta versátil e de baixo custo para aulas práticas ou demonstrativas, facilitando o aprendizado de conceitos como pH e concentração de solutos dissolvidos.

**Natasha Aguiar Rosa** (tata\_rosa@click21.com.br), graduada em Química pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, trabalha em laboratório de controle de qualidade de cervejas de uma unidade industrial. Rio de Janeiro, RJ - BR. **Júlio Carlos Afonso** (julio@iq.ufrj.br), graduado em Química e Engenharia Química e doutor em Engenharia Química pelo IRC/CNRS (França), é professor associado do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ - BR.

LIMA, A.C.S.; AFONSO, J.C. A química do refrigerante. *Química Nova na Escola*, n. 31, p. 210-216, 2009.

MAIHARA, V.A.; SILVA, M.G.; BALDINI, V.L.S. Avaliação nutricional de dietas de trabalhadores em relação a proteínas, lipídeos, carboidratos, fibras alimentares e vitaminas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, n. 26, p. 672-677, 2006.

MORADO, R. *Larousse da cerveja*. São Paulo: Larousse, 2009.

OGEDA, T.L.; PETRI, D.F.S. Hidrólise enzimática de biomassa. *Química Nova*, n. 33, p. 1549-1558, 2010.

PIRES, D.P.L.; AFONSO, J.C.; CHAVES, A.B. Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria. *Química Nova*, n. 29, p. 1393-1400, 2006.

ROSA, S.E.S.; COSENZA, J.P.; LEÃO, L.T.S. Panorama do setor de bebidas no Brasil. *BNDES Setorial*, n. 23, p. 101-150, 2006.

SILVA, P.H.A.; FARIA, F.C. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, n. 28, p. 902-906, 2008.

SLEIMAN, M.; VETURINI FILHO, W.G.; DUCOTTI, C.; NOJIMOTO, T. Determinação do percentual de malte e adjuntos em cervejas comerciais brasileiras através de análise isotópica. *Ciência e Agrotecnologia*, n. 34, p. 163-172, 2010.

## Para saber mais

Associação Brasileira de Educação de Trânsito: a Lei Seca. [http://abetran.org.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=8664&Itemid=47](http://abetran.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=8664&Itemid=47).

Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997 (padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas). [http://www.anvisa.gov.br/legis/decretos/2314\\_97.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/decretos/2314_97.htm).

Sindicato Nacional da Indústria Cervejeira. <http://www.sindicerv.com.br/tipo-cerveja.php>.

CARVALHO, L.G. *Dossiê técnico* - produção de cerveja. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTc>. Acessada em: jan. 2014.

MATTHIAS, R.R. *Manual prático de cervejaria*. São Paulo: Aden, 1997.

SALGAGO, R.S.; CAMPOS, V.R.; DUAILIBI, S.; LARANJEIRA, R.R. O impacto da Lei Seca sobre o beber e dirigir em Belo Horizonte/MG. *Ciência & Saúde Coletiva*, n. 17, p. 971-976, 2012.

**Abstract:** *The chemistry of beer.* This work presents an overview on the production of beer, describing the function of each of its components. The manufacture of beer requires a rigid quality control since it is a product for human consumption. The quality of its ingredients and the possibility of many ways of manufacturing lead to the existence of a great variety of beers today. Beer is an excellent subject for technical and practical instruction for students of chemistry courses and a useful as a tool for some classroom experiments involving concentration and reactions in acidic medium.

**Keywords:** beer; fermentation; laboratory experiments.