



**Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"**

GIOVANA DE OLIVEIRA GUADANHIM

**ESTUDO E AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE TERRA DIATOMÁCEA NA
FILTRAÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO**

**Assis/SP
2023**



**Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"**

GIOVANA DE OLIVEIRA GUADANHIM

**ESTUDO E AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE TERRA DIATOMÁCEA NA
FILTRAÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Química Industrial do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

**Orientando(a): Giovana de Oliveira Guadanhim
Orientador(a): Me. Marcelo Silva Ferreira**

**Assis/SP
2023**

Guadanhim, Giovana de Oliveira

G897e Estudo e avaliação da aplicação de terra diatomácea na filtração do mosto cervejeiro /
Giovana de Oliveira Guadanhim. – Assis, 2023.

32p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) -- Fundação
Educativa do Município de Assis (FEMA), Instituto Municipal de Ensino Superior de
Assis (IMESA), 2023.

Orientador: Prof. Me. Marcelo Silva Ferreira.

1. Cerveja. 2. Diatomito. 3. Filtro vela. I Ferreira, Marcelo Silva. II Título.

CDD 660.284

ESTUDO E AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE TERRA DIATOMÁCEA NA FILTRAÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO

GIOVANA DE OLIVEIRA GUADANHIM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: _____
Prof. Me. Marcelo Silva Ferreira

Examinador: _____
Prof. Me. Alexandre Vinicius Guedes Mazalli

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Vanessa e Wagner, os quais nunca mediram esforços para me verem bem e formada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Vanessa e Wagner, que por todos esses quatro anos de graduação nunca me deixaram na mão ou desamparada no quesito de estudos.

Agradeço ao Prof. Me. Marcelo Silva Ferreira, por todo o apoio e paciência durante a confecção deste trabalho.

Agradeço, também, ao Prof. Me. Alexandre Mazalli que também me apoiou bastante na estrada do conhecimento da graduação.

Um agradecimento especial à minha avó, Judite, que sempre acreditou e esperou de mim grandes conquistas.

Agradeço aos meus colegas de turma, Bianca, Elisa, Ingrid e João, que estiveram comigo nesses quatro anos e que estiveram no mesmo barco que eu por tanto tempo.

Agradeço também a minha amiga, Maria Eduarda que me ajudou tanto quanto qualquer um na produção deste trabalho.

Obrigada a todos os envolvidos nestes quatro anos e na produção deste projeto.

RESUMO

Atualmente, a cerveja é uma das bebidas mais consumidas no Brasil, sendo o produto de uma fermentação alcoólica de açúcares provindos dos grãos de malte. Os principais ingredientes para sua fabricação são água, malte, lúpulo, fermento e grãos não maltados (na indústria brasileira, em geral, é utilizado o milho). Cada ingrediente deve ser devidamente analisado para que a qualidade e o sabor da cerveja estejam de acordo com todos os parâmetros especificados no decreto nº 2.314/1997. Esse estudo tem por objetivo, logo, empreender uma revisão bibliográfica sobre o processo de fabricação cervejeira e, especialmente, focalizando a etapa da filtração, momento que incorpora a utilização da terra diatomácea (proveniente das rochas de diatomito), o mais utilizado meio filtrante. É este componente que ajuda na turbidez e clarificação da cerveja, empregado em grande parte das indústrias no Brasil. De acordo com o estudo dos autores analisados, e como parte dos resultados deste trabalho, é possível concluir que a terra diatomácea continua a se configurar como um filtrante de grande eficácia e de extrema importância na etapa de filtração da cerveja, o que revela a importância de sua utilização industrial.

Palavras-chave: cerveja; diatomito; filtro vela.

ABSTRACT

Currently, beer is one of the most consumed drinks in Brazil, being the product of an alcoholic fermentation of sugars from malt grains. The main ingredients for its manufacture are water, malt, hops, yeast and unmalted grains (in the Brazilian industry, corn is generally used). Each ingredient must be properly analyzed so that the quality and flavor of the beer complies with all the parameters specified in decree nº 2,314/1997. This study aims, therefore, to undertake a bibliographic review on the brewing process and, especially, focusing on the filtration stage, a moment that incorporates the use of diatomaceous earth (from diatomite rocks), the most used filtering medium. It is this component that helps with the turbidity and clarification of beer, used in most industries in Brazil. According to the study by the analyzed authors, and as part of the results of this work, it is possible to conclude that diatomaceous earth continues to be a highly effective and extremely important filter in the beer filtration stage, which reveals the importance of its industrial use.

Key-words: beer, diatomite, candle filter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Valores padrões para cerveja.....	4
Figura 2: Tanque de Maceração.....	6
Figura 3: Reação de fermentação alcoólica.....	8
Figura 4: O processo de fabricação da cerveja.....	9
Figura 5: Princípio do funcionamento de um filtro.....	11
Figura 6: Diferença entre os três efeitos da filtração.....	12
Figura 7: Funcionamento do filtro vela.....	14
Figura 8: a) terra de espessura média. b) terra de espessura grossa. c) arbocel (celulose em pó).....	17
Figura 9: Resíduo de terra diatomácea.....	17
Figura 10: Antes e depois da filtração em terra diatomácea.....	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. A HISTÓRIA DA CERVEJA NO BRASIL.....	3
2.1 A cerveja inglesa.....	3
2.2 A primeira cervejaria no Brasil.....	3
3. A PRODUÇÃO DA CERVEJA.....	4
3.1 Os ingredientes da cerveja.....	4
3.2 Os processos fabris da cerveja.....	5
3.2.1 Malteação.....	5
3.2.2 Mosturação.....	7
3.2.3 Filtração.....	7
3.2.4 Fervura.....	7
3.2.5 Resfriamento.....	8
3.2.6 Fermentação.....	8
3.2.7 Maturação.....	9
3.2.8 Filtração em terra diatomácea.....	9
4. A FILTRAÇÃO DA CERVEJA E SEUS COMPONENTES.....	10
4.1. Os tipos de filtro utilizados comumente na fabricação da cerveja.....	12
5. A TERRA DIATOMÁCEA.....	15
6. RESULTADOS.....	18
7. CONCLUSÃO.....	19

8. REFERÊNCIAS.....20

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida milenar, obtida por meio da fermentação alcoólica de cereais maltados, comumente utilizando malte de cevada. A graduação alcoólica do produto final geralmente varia entre 3% e 8%. Sua composição inclui ingredientes essenciais, como lúpulo, fermento e água. A distinção entre marcas de cerveja é muitas vezes determinada pela proporção e concentração específica desses componentes. Recentemente, avanços na produção de cerveja têm incorporado técnicas inovadoras, como o uso de variedades de lúpulo e leveduras especializadas, resultando em uma gama mais diversificada de sabores e aromas (OLIVEIRA, DREVEK, ARL, 2023).

O produto é um dos mais consumidos entre homens e mulheres no mundo todo e, no Brasil, no ano de 2022, houve um aumento de 16% do consumo em ocasiões fora de casa, ou seja, em situações em que as pessoas saem para bares e festas. Isso se explica, pois, com a pandemia, muitos lugares foram fechados e, no momento atual, observa-se um aumento da motivação para sair de casa (MATSUE, 2022).

Este tipo de alcoólico pode ter variantes, já que o processo é longo e cada mudança dentro dele pode gerar um produto diferente como, por exemplo, pilsen, lager ou puro malte. Essa bebida alcoólica é fabricada desde a Mesopotâmia, quando ainda se possuía cevada de forma selvagem, em 6000 a.C. Surge também no Egito, em 2800 a.C. Porém, o produto só começou a ser produzido em larga escala perto do início da República (1889) no Brasil (LELIS, 2020).

O processo de fabricação da cerveja consiste na moagem dos grãos, brasagem da farinha que se obtém na moagem, filtração do mosto, ebulição e resfriamento do mosto, fermentação, maturação e filtração. Após todo o processo, ainda existe a adição de estabilizantes, clarificação, sendo esta a última etapa antes do envase (DIAS, 2022).

Um dos processos mais importantes e que é feito durante todo o processo é a filtração. A filtração retira impurezas que não serão boas no restante do processo ou que podem interferir no resultado final. A primeira filtração separa todo o resíduo insolúvel do mosto, enquanto a segunda filtração é feita para retirada de resíduos de leveduras e outros componentes que podem ser prejudiciais. Existe ainda uma terceira filtração que

está dentro do processo de clarificação, capaz de auxiliar na diminuição de cor e turbidez da cerveja (LELIS, 2020).

Atualmente, as cervejarias empregam a terra diatomácea no processo de filtração. Essa substância é uma terra mineral originada de uma rocha sedimentar siliciosa, formada pela fossilização de algas unicelulares revestidas por uma camada de sílica. Contudo, devido à sua natureza mineral, há uma crescente apreensão quanto ao esgotamento desse recurso no mundo, uma vez que minerais não são passíveis de reciclagem ou reutilização (BRANCO, 2018).

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise e uma revisão bibliográfica sobre o tema da filtração da cerveja em terra diatomácea, explicando o porque do uso deste componente, e a importância da filtração logo após a maturação.

2. A HISTÓRIA DA CERVEJA NO BRASIL

A história da cerveja no Brasil teve início em 1654, quando amostras da bebida e os insumos para sua produção foram enviados ao país pela Companhia das Índias Orientais. Após esse primeiro contato, a presença da cerveja desapareceu nas terras brasileiras, sendo resgatada apenas em 1808, quando a família real portuguesa a reintroduziu no contexto cultural brasileiro (PEREIRA, 2021).

2.1. A cerveja inglesa

Antes de a cerveja se tornar reconhecida e apreciada no Brasil, a cachaça e o vinho eram elementos proeminentes na cultura brasileira. Foi somente quando Dom João VI abriu os portos do país para o comércio internacional que a cerveja ganhou popularidade. Naquela época, as principais importações eram de bebidas inglesas, dada a aliança entre Portugal e Inglaterra. Notavelmente, produtos não britânicos precisavam ser inicialmente comercializados para a Inglaterra antes de chegar ao Brasil, um método de comércio dispendioso e impraticável. Por volta de 1830, os impostos foram aumentados para todas as importações, inclusive para produtos ingleses, tornando a bebida inacessível para a população. Apesar das dificuldades de acesso, a cerveja permanecia como uma das bebidas mais consumidas no Brasil, graças ao início da produção artesanal (PEREIRA, 2021).

2.2. A primeira cervejaria brasileira

A Bohemia, fundada em 1853 pelo alemão H Kremer, é considerada a primeira cervejaria do país. Logo após, são criadas a Brahma (1888) e a Antarctica (1889), afirma Ronaldo Morado, cervejólogo (LELIS, 2021).

3. A PRODUÇÃO DA CERVEJA

Em uma cervejaria, é possível envasar até 120 mil latas por hora, contando com a assistência de milhares de funcionários. Apesar dessa impressionante capacidade produtiva, o ciclo completo de produção da cerveja ainda demanda até quatro semanas, abrangendo etapas como mosturação, fermentação, maturação e envase. Toda a operação requer uma meticulosa gestão e um alto padrão de qualidade. Nesse contexto, a limpeza e a sanitização dos locais de produção emergem como fatores cruciais para garantir a integridade e a excelência do produto final (OLIVEIRA, DREVECK, ARL, 2023).

3.1. Os Ingredientes da cerveja

Os ingredientes fundamentais para todo o processo cervejeiro compreendem água, malte (grão essencial para a fermentação), lúpulo, fermento e grãos não maltados. Na indústria brasileira, é comum utilizar milho como um dos grãos não maltados, adicionando uma característica particular às cervejas produzidas no país (OLIVEIRA, 2021, p. 346). Cada ingrediente deve ser devidamente analisado para que a qualidade e o sabor da cerveja estejam de acordo com todos os parâmetros especificados. Nesse sentido, é relevante ter em conta que para “determinação de qualquer parâmetro físico-químico existe um protocolo a ser seguido” (ALVES, 2014, p. 30). Os valores padrões para cerveja são estabelecidos pela ANVISA, através do decreto nº 2.314/1997, e apresentado abaixo na figura 1, que se segue:

Determinações	Valores Teóricos
Densidade Relativa (g)	1,007 – 1,022
Teor Alcoólico (°GL)	2,0 – 4,5
Extrato (%)	2,0 – 7,0
Acidez (% ácido láctico)	0,1 – 0,3
Maltose	0,6 – 2,3
Grau Sacarométrico	11,0 – 12,5
Grau de Fermentação	< 50: baixa fermentação 50 – 60: média fermentação > 60: alta fermentação

Figura 1: Valores padrões para cerveja (In: BRASIL, 1997)

3.2. Os Processos Fabris da Cerveja

Antes mesmo do início do processo de fabricação de cerveja, ou ainda antes do malte chegar à fábrica, diversas etapas de preparação do grão, conhecidas como malteação, são executadas. Após esse processo, dá-se início à fabricação da cerveja, envolvendo etapas como mosturação, filtração, fervura, resfriamento, fermentação, maturação e, por fim, a pasteurização e o envase. É importante ressaltar que, ao optar por pular diretamente para o envase, obtém-se o conhecido chopp, que consiste essencialmente na cerveja antes da pasteurização (OLIVEIRA, 2021, p. 346).

3.2.1. Malteação

Esse processo pode ser comparado a uma germinação forçada, similar àquela que ocorre naturalmente no solo, mas acelerada para manter a produção de cerveja contínua. Ele pode ser dividido em quatro subetapas para a preparação do malte, garantindo sua qualidade e adequação ao processo cervejeiro (CENCI, *et al*, 2020).

1- Maceração: o tempo desta etapa varia de 3 a 5 dias, dos quais apenas 8 horas já aumentam sua umidade em até 35%. O ideal é o grão chegar ao fim desta etapa com pelo menos 50% do seu peso em umidade. Essa armazenagem ocorre em um tanque de até 2 metros de altura para facilitar a respiração celular da água e, assim, fazer com que a germinação seja um sucesso. Temos um exemplo de como funcionam os tanques de maceração na figura 2 a seguir.

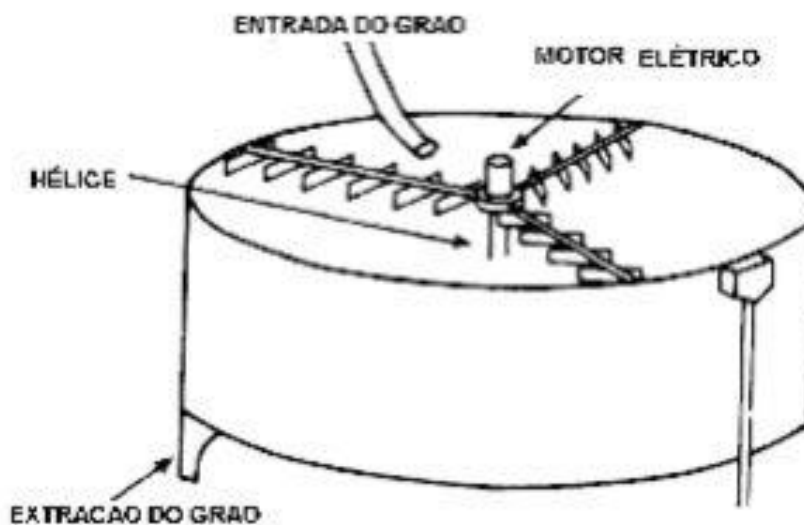


Figura 2: Tanque de Maceração (In: MORESCO; MUNHOS; PICCINI, 2002)

- 2- Germinação: a partir de 12 horas depois do início da primeira etapa, a segunda etapa se inicia e as enzimas começam a se desenvolver, modificando o amido e o tornando mais solúvel. Todos os aspectos são controlados, e antes que possa ser iniciado o processo de criação de uma nova planta, esta etapa é encerrada. Este grão que é germinado em condições da maltagem pode ser chamado de malte verde.
- 3- Secagem: quando o processo que produz as enzimas chega ao fim e o grão tem níveis bons de nutrientes, o malte verde é secado, porém, mantendo todo o sistema enzimático intacto. Esta etapa é feita em temperaturas entre 20°C a 100°C, e tudo de acordo com a cor desejada do malte. Se o malte for mais escuro e com sabores mais fortes, ele deve ser seco em uma temperatura mais alta; se for mais claro e com sabores sutis, a temperatura deve ser mais baixa. Também há o malte muito escuro, que é levado ao tostador, onde é tostado de 200°C a 300°C. Entretanto, a maior parte da atividade enzimática é perdida.
- 4- Crivagem: esta última etapa se dá pela separação do malte de partes não úteis para a fábrica da cerveja. Esse resíduo, por sua vez, é mandado para a produção de ração para o gado.

3.2.2. Mosturação

A etapa da mosturação, também conhecida como brassagem, envolve a mistura do malte moído com água quente. A moagem do grão de malte deve ser realizada com cuidado, garantindo que apenas a casca seja quebrada para facilitar sua remoção. Essa mistura promove a hidratação do malte e ativa suas enzimas, permitindo a transformação do amido em açúcares, que posteriormente contribuirão para o processo de fermentação. Esta fase, geralmente, se estende por 60 a 90 minutos, com variações de temperatura. Essa variação térmica desencadeia a ativação de enzimas específicas que influenciam no tipo final da cerveja (OLIVEIRA, 2021, p. 344).

3.2.3. Filtração

Após a conclusão da mosturação, o mosto resultante é aquecido a 76°C e, em seguida, resfriado para o processo de filtração. Todo o mosto, composto pelo malte moído e água, passa por um filtro para remover resíduos de malte e impurezas presentes na solução. Essa é a primeira fase de filtração na cervejaria, sendo que a cor e turbidez ainda não são definitivas, embora já possam ser aprimoradas. Durante essa etapa, são conduzidas diversas análises, como pH, cor, turbidez, sacarificação (quantidade de açúcares), entre outras, para assegurar que o mosto esteja em conformidade com os parâmetros específicos do estilo da cerveja (OLIVEIRA, 2021, p. 344).

3.2.4. Fervura

Essa fase corresponde à esterilização do mosto. Durante esse processo, o lúpulo é adicionado, e as amilases e proteases são desativadas. A duração desse procedimento pode variar de 60 a 120 minutos, dependendo do tipo de cerveja desejado. O primeiro lúpulo adicionado é responsável por conferir amargor, enquanto quase no final do tempo de fervura, é introduzido o lúpulo aromático. Essa adição tardia visa preservar o aroma, evitando que seja perdido e possibilitando sua manutenção no produto final (OLIVEIRA, DREVECK, ARL, 2023).

3.2.5. Resfriamento

Logo após a fervura, o mais rápido possível, deve ser iniciado o processo de resfriamento, para que sejam diminuídas as chances de contaminação físicas ou microbiológicas. Nesta etapa, é quando a levedura é adicionada. Por isso, a temperatura deve ser verificada e mantida idealmente entre 8°C e 15°C. São feitas algumas análises da cerveja na parte do resfriamento para acompanhar o andamento do processo, observando, por exemplo, o diacetil, garantindo que seus níveis estejam baixos, já que níveis altos causam sabores indesejáveis no produto final (OLIVEIRA, 2021, p. 346).

3.2.6. Fermentação

A fermentação pode durar de 7 a 15 dias, podendo ser chamada de alta fermentação, sendo mantida em temperaturas entre 8 e 15°C. Nesta parte do processo, as leveduras começam seu trabalho e ocorre a transformação dos açúcares provenientes do amido do malte em álcool. Esta reação também libera o dióxido de carbono (CO₂) (NETO, 2018). A figura 3 demonstra a reação no processo de fermentação:

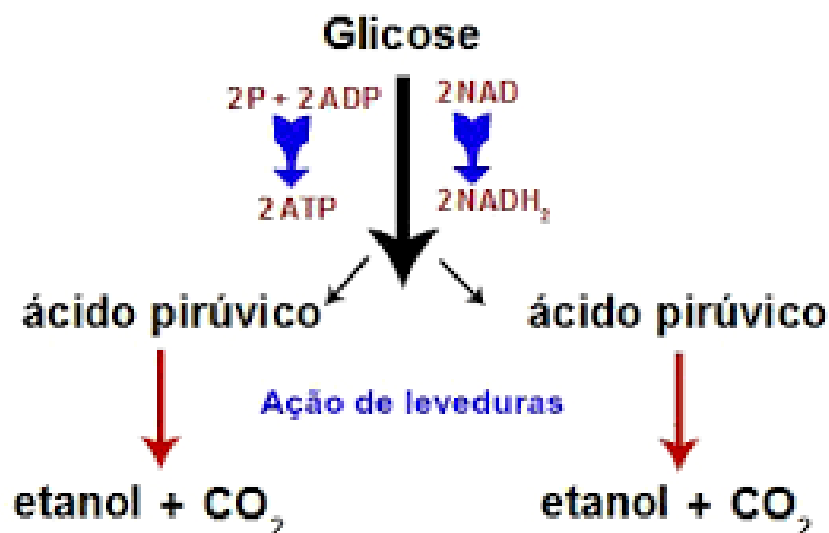


Figura 3: Reação de fermentação alcoólica (In: DIAS, 2018)

A temperatura, nesse caso, deve ser muito bem controlada, considerando que temperaturas muito altas podem causar produção de diacetil em excesso, ocasionando um gosto desagradável na cerveja. Por outro lado, temperaturas muito baixas podem comprometer os ciclos de fermentação e do trabalho da levedura (DIAS, 2018).

3.2.7. Maturação

Consiste no armazenamento da cerveja em baixas temperaturas. Há a saturação do dióxido de carbono e ocorre a clarificação do líquido, pois os resíduos decantam e são depositados no fundo do tanque. Caso haja algo fora dos padrões necessários, pode ser acrescentado CO₂ neste processo. Nesta etapa, são realizadas análises como nível de diacetil, pH, cor e turbidez (OLIVEIRA, DREVECK, ARL, 2023).

3.2.8. Filtração em terra diatomácea

Este processo diferencia a maior parte das cervejas artesanais das que são produzidas em indústrias, ou seja, em grandes quantidades. Nesta etapa, há a segunda filtração de todo o processo, sendo ela responsável pela retenção de todo o resíduo que tenha restado na cerveja. Melhora a turbidez e cor da cerveja (NASCIMENTO, 2018). Os processos de cervejaria podem ser ilustrados na figura 4 abaixo.

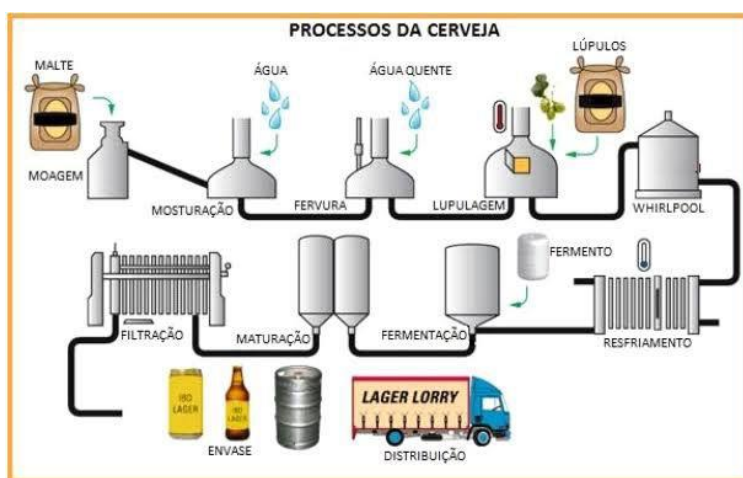


Figura 4: O processo de fabricação da cerveja (In: NASCIMENTO, 2018 p. 19)

4. A FILTRAÇÃO DA CERVEJA E SEUS COMPONENTES

No artigo “Os meios filtrantes da cerveja”, Matthias Rembert Reinold, em 2020, ocupa-se em detalhar a importância da filtração enquanto fase essencial da produção, sendo ela a última etapa em que “a qualidade ainda pode ser ativamente influenciada”. Para isso, é necessário definir no que consiste a filtração. Para o autor, ela engloba os objetivos primários de eliminação de turvações, mas também compreende a eliminação ou redução de substâncias tais como proteínas e polifenóis, microorganismos, como levedura, bactérias, visando, assim, uma “melhoria do brilho e estabilidade organoléptica (sensorial)”. Portanto, é ressaltada a importância da filtrabilidade da cerveja, pois a ausência de sua realização pode desencadear um maior consumo de água, energia e outros elementos auxiliares de filtração, bem como ter como consequência riscos microbiológicos. Além disso, tornaria impossível a filtração da cerveja dados os elevados custos.

Em seguida, o autor cita as três principais possibilidades de separação de partículas turvadoras, diferenciando-as, e detalha os meios filtrantes que atuam como auxiliares de filtração. Dentre eles, a terra diatomácea, foco do presente trabalho. Para a filtrabilidade, o autor considera que são três suas características mais relevantes: 1) Densidade; 2) Viscosidade; 3) Partículas turvadoras. No primeiro caso, é sabido que a densidade oscila relativamente pouco, sendo dependente do extrato e teor alcoólico. No segundo, tem-se que a viscosidade é responsável por determinar para cada vazão de filtro a diferença de pressão, não interferindo no aumento de pressão na entrada. Por fim, a terceira característica é constituída pelos carboidratos, proteínas, polifenóis, metais pesados ou oxalato de cálcio (REINOLD, 2020).

Faz-se necessário levar em conta a relevância da filtração na distribuição para um mercado consumidor. Ela, inclusive, é “o principal diferencial da fabricação artesanal” (BREANCINI, 2018, p. 19), esta muito sensível às mudanças externas, como temperatura. Por isso, para uma eficiente distribuição da cerveja — fora das cervejarias, portanto—, deve-se realizar uma precedente filtração capaz de garantir maior resistência e durabilidade ao produto. A eliminação de leveduras vivas é uma das etapas que permite interromper os processos de fermentação da cerveja, “desacelerando consideravelmente mudanças em suas propriedades sensoriais” (BREANCINI, 2018, p. 19). Ainda assim,

torna-se possível manter o sabor e a variedade de substâncias nutritivas mesmo na ausência do fermento vivo.

A filtração atua na clarificação total de produtos líquidos e na eliminação total de uma lama já espessada. É uma operação comum, podendo ser diferenciada em filtração de laboratório, efetuada com papel de filtro e funil, e filtração industrial, diversas pelo volume do material operado. O processo em questão, pode ser utilizado para “separação dos sólidos de suspensões e, também para separação e partículas sólidas de gases”. Quando o líquido é forçado através do leito, o sobrenadante, ou seja, sólido de suspensão é retido pelo meio filtrante formando a torta, nome dado aos sólidos depositados no meio filtrante. O líquido proveniente da filtração é nomeado filtrado (ROSA & AFONSO, 2015).

Além disso, deve-se considerar o objetivo desejado no momento de seleção da tecnologia de filtração. A filtração primária e secundária, nesse caso, é de grande valia para a produção de cervejas distribuídas em garrafas. Segundo Breancini, uma filtração primária de alta qualidade é realizada em um filtro de placa, filtro de vela diatomácea ou filtro de fluxo cruzado; a secundária, no microfiltro extrafino, placa ou vela. O filtro é elemento determinante, podendo alcançar determinadas vantagens econômicas de acordo com a viscosidade e densidade do produto, a quantidade do material que deve ser operado, grau de separação que se deseja realizar, entre outros (BREANCINI, 2018, p. 21). O autor referencia um esquema prático de explicação do funcionamento do filtro:

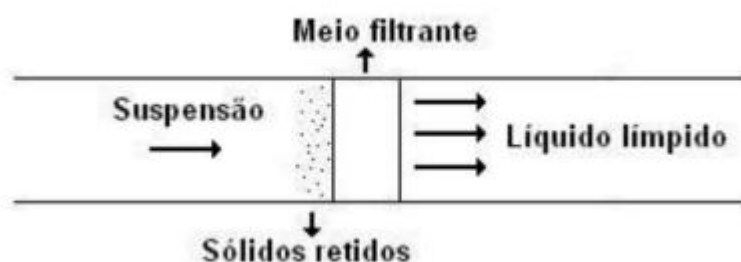


Figura 5: Princípio do funcionamento de um filtro (In: BREANCINI, 2018)

Tem-se, portanto, que a força propulsora da operação é variável de acordo com o filtro, a depender do gradiente de pressão, vácuo e da força centrífuga. Seu funcionamento se dá na existência de um “suporte do meio filtrante sobre o qual vai se depositando a torta à medida que a suspensão passa através do filtro”. Na filtração

industrial, prevalecem equipamentos que diminuem a resistência ao escoamento, sendo que a aplicação de técnicas de filtração é também variável de acordo com cada empresa. Dentro do processo, este meio filtrante é sobreposto anteriormente por um material que trabalha na retenção de sólidos contaminantes, ou seja, um material que auxilia a filtração (ROSA & AFONSO, 2015).

Por sua vez, também são três as formas de separação de dispersões graúdas, colóides, e demais. Indo do menos para o mais detalhista, o primeiro, “efeito peneira”, permite que partículas grandes permaneçam sobre a superfície da camada filtrante, logo, não penetrando nos poros. O segundo, “efeito de profundidade”, já faz com que partículas menores consigam aderir aos poros devido às rugosidades, mudanças de direção... Porém, Reinold afirma que uma alta vazão pode eliminar esse efeito. A terceira forma, denominada “efeito de adsorção”, permite que partículas agora muito pequenas sejam retiradas através de adsorção, com a ressalva de que a capacidade de adsorção das camadas é limitada. Esse é um “efeito que pode ser aumentado pelo material filtrante” (REINOLD, 2020). O autor ilustra bem a situação a partir da seguinte imagem:

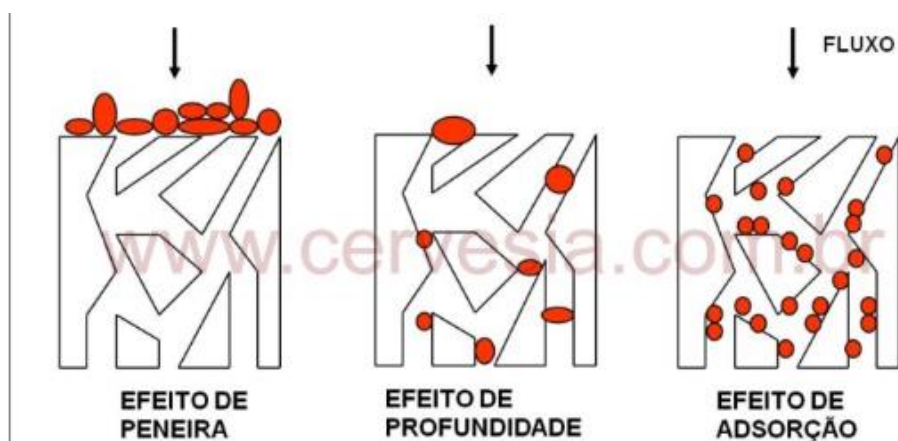


Figura 6: Diferença entre os três efeitos da filtração (In: REINOLD, 2020)

4.1. Os tipos de filtro utilizados comumente na fabricação da cerveja

Tratando de maneira mais aprofundada sobre os filtros, por sua vez, parte-se da consideração de quem devem ser especificados, em primeiro lugar, pelos fatores associados com a suspensão: vazão, temperatura, tipo e concentração dos sólidos, forma

das partículas, por exemplo. Também àqueles associados com as características da torta (quantidade, compressibilidade, propriedades físico-químicas...) e com o filtrado (vazão, viscosidade, temperatura...). Os principais filtros são dados pelo autor como sendo os de membrana, mais modernos, de placas horizontais e de vela. A classificação dos modelos é determinada, nesse caso, por uma listagem citada por Breancini (2018, p. 24-25 apud GOMIDE, 1980):

- Força propulsora: gravidade, pressão (com ar ou bomba), vácuo, vácuopressão e força centrífuga.
- Material que constitui o meio filtrante: areia, tela metálica, tecido, meio poroso rígido, papel.
- Função: "strainers", clarificadores, filtros para torta e espessadores.
- Detalhes construtivos: filtros de areia, placas e quadros, lâminas e rotativos.
- Regime de operação: de batelada e contínuos.

O filtro de vela, central na argumentação do trabalho, tem sua origem que remonta a fins do século XIX, mas que começa a ter sua adesão pela indústria cervejeira apenas a partir das décadas de 1950 e 60. É um tipo de filtro de pressão, solução mais comum para filtração em médias e grandes produções, dada sua maior eficiência, com pequeno custo do meio filtrante. O meio filtrante mais usado é, exatamente, a terra diatomácea. Seu mecanismo de funcionamento engloba a montagem das velas “dentro de um recipiente de pressão cilíndrico que recebe cerveja não filtrada”. Esquematicamente, são esquadrinhadas suas principais vantagens e desvantagens, cuja consideração é essencial no desenvolvimento do presente trabalho (BREANCINI, 2018, p. 28):

- **Vantagens do filtro de velas com terra diatomácea:**
 - Filtração de alta eficiência;
 - O pequeno custo do meio filtrante (terra diatomácea);
 - Filtração primária e secundária;
 - Desempenho de filtração de fluxo estável - não diminui devido ao entupimento da camada de filtro;
 - Limpeza rápida e fácil do filtro (sem remover o dispositivo);
 - A possibilidade de operação automática;
- **Desvantagens do filtro de velas com terra de diatomácea:**

- O custo mais alto do equipamento;
- A necessidade de eliminação ecológica da terra de diatomáceas utilizada;

A vela é o septo que contém o meio de filtração (ele a reveste), este que realmente realiza a filtragem real, durante a separação sólido-líquido. Atualmente, as velas mais comuns tem sua fabricação em metal. Por seu turno, a limpeza do filtro é fácil e rápida. A dosagem da terra de diatomáceas é feita por meio de uma bomba de dosagem, o que permite atingir um alto desempenho de capacidade (MOTA, 2021). Podemos ver o funcionamento do filtro vela na imagem a seguir:

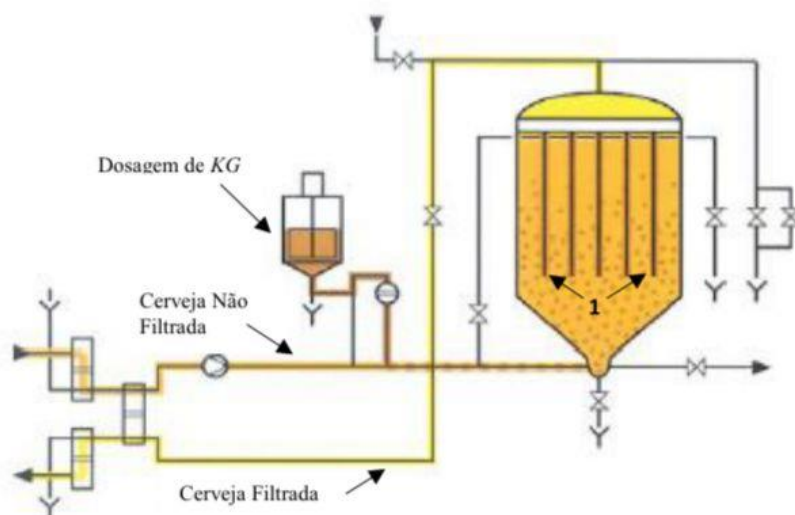


Figura 7: Funcionamento do filtro vela (In: MOTA, 2021, p.23)

5. TERRA DIATOMÁCEA

Para descrever brevemente o agente filtrante, podemos citar suas propriedades e sua criação, como por exemplo, o fato da terra diatomácea ser proveniente de rochas de diatomito (“restos microscópicos das carapaças de algas diatomáceas em mares, lagoas e pântanos”) (BRANCO, 2014).

Ainda segundo o mesmo autor, podemos citar as variadas utilizações para o composto, como: filtrações, isolamento térmico ou acústico, catalisador de reações químicas, fonte de sílica, agricultura, tintas e removedores e até mesmo em quesitos fabris, como na produção de papel (BRANCO, 2014).

A análise e qualidade da terra diatomácea podem ser realizadas através do microscópio (para observar impurezas e estrutura sílica), de determinação mecânica (menor velocidade de sedimentação, melhor efeito de filtração), por meio da análise química (sendo que a umidade deve ser de 5% e o pH próximo de 7), análise microbiológica (terras diatomáceas contaminadas apresentam isenção de coliformes) e pela degustação (detectando alterações de aroma e paladar) (REINOLD, 2020).

Dentro do processo de filtração, é comum utilizar diferentes classificações de terra diatomácea, como terra grossa ou terra média. Essas classificações são atribuídas de acordo com a granulometria do composto, ou seja, quanto maior os grânulos da terra, mais grossa ela se torna. Essa diferenciação é justificada pelo refinamento da terra. No interior do filtro, é adicionado um tipo de celulose em pó, chamado arbocel, para complementar a pré-camada de filtração, tornando o processo mais eficaz (MOTA, 2021, p.33). Podemos visualizar exemplos nas imagens a seguir:

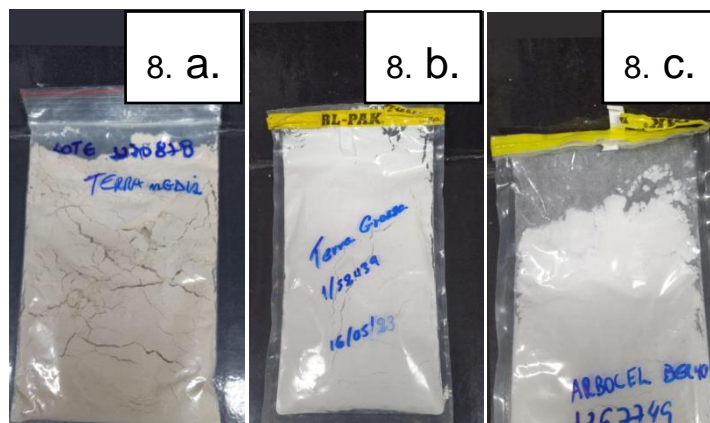


Figura 8: **a)** terra de espessura média. **b)** terra de espessura grossa. **c)** arbocel (celulose em pó). (In: Loco Candido Mota -cervejaria)

Nos dias de hoje, até mesmo os resíduos gerados pela utilização da terra diatomácea estão sendo estudados para reutilização ou transformação em outros produtos. Como, por exemplo, foi desenvolvido no trabalho “Reutilização da Sílica Proveniente do Resíduo de Terra Diatomácea Cervejeira Para Aplicação na Produção de Vidro”, por Beatriz Macri Camargo em 2022, referenciado pelo presente trabalho. Podemos ver o resíduo de terra diatomácea em maior detalhe na segunda imagem (figura 10):



Figura 9: Resíduo de terra diatomácea (In: CAMARGO, 2022, p. 35)

6. RESULTADOS

Dentre os meios filtrantes, terra diatomácea, perlitas, celulose, carvão ativo e levedura, o trabalho irá focalizar apenas o primeiro. A terra diatomácea, também chamada de *kieselguhr*, é composta de “esqueletos fossilizados de algas pré-históricas ou diatomitas” (REINOLD, 2020). É um meio filtrante, assim, de custo menor e seu manuseio é realizado com maior facilidade. O uso comum nas filtragens industriais se deve a isso, mas também porque “quase o total de sua superfície funciona como um filtro natural” (BREANCINI, 2018, p. 32). Assim, “a diatomácea clarifica pelo efeito de peneira e seu poder de adsorção é pequeno em diatomáceas grossas (brancas) e um pouco maior em diatomáceas mais finas (vermelhas)” (REINOLD, 2020).

É necessário ressaltar que “geralmente, como norma, trabalha-se com dois tipos de diatomácea, uma grossa ou média e uma diatomácea fina” (REINOLD, 2020), já que elas podem ser diferenciadas em finas, médias ou grossas, a depender da porosidade ou permeabilidade. Apesar disso, um de seus efeitos negativos encontra-se na etapa do descarte, pois o uso da terra diatomácea acaba sendo seguido de seu imediato descarte, já que, a partir do segundo uso a terra perde a porosidade necessária, ou seja, a terra filtra nutrientes necessários para a composição final da cerveja. Por isso, este filtrante pode ser utilizado uma vez, porém, capaz de filtrar litros em apenas uma utilização.

Ainda que o descarte ocorra em grande número, as vantagens de uso da terra diatomácea superam suas desvantagens inerentes. Por essa razão, optou-se por focalizá-la ao longo da presente análise. A revisão da bibliografia aqui empreendida confirmou que o fácil manuseio e limpeza da terra diatomácea, conjuntamente ao seu menor valor (em relação à filtração por membrana, por exemplo) a tornam um meio eficaz que não modifica o sabor da cerveja, sendo de funcionamento ideal no processo de filtração.

7. CONCLUSÃO

Assim, seguindo detalhadamente a argumentação da literatura especializada, podemos concluir que a utilização da terra diatomácea é eficiente no quesito de filtração da cerveja e pode ser citada como o componente mais barato encontrado para essa funcionalidade. Nesse caso, permanece como principal meio filtrante a ser utilizado em escala industrial. Para finalizar o trabalho, temos uma demonstração da diferença entre antes e depois da filtração em terra diatomácea na figura 10:



Figura 10: Antes e depois da filtração em terra diatomácea (In: Acervo pessoal, 2023)

8. REFERÊNCIAS

AFONSO, Júlio Carlos; ROSA, Natasha Aguiar. A Química da cerveja. **Química e Sociedade**, São Paulo, v. 37, nº 2, p. 98-105, mai. 2015.

ALVES, Lindemberg Martins Ferreira. **Análise físico-química de cervejas tipo *pilsen* comercializadas em Campina Grande na Paraíba**. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

BRANCO, Pércio de Moraes. Os Muitos Usos do Diatomito. **CPRM**, 2014. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Os-Muitos-Usos-do-Diatomito-1296.html>. Acesso em: 2 de set. 2022.

BRASIL. Decreto n. 2314, de 04 de setembro de 1997. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, DF, 05 set. 1997.

BREANCINI, Guilherme. **Filtração da cerveja: descrição, equipamentos e estudos de casos**. Orientador: Ubirajara Coutinho Filho. 2018. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

CAMARGO, Beatriz Macri. **Reutilização da sílica proveniente do resíduo de terra diatomácea cervejeira para aplicação na produção de vidro**. 2022. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química)- Fundação Educacional do Município de Assis, Assis, 2022.

CARAVAGGI, Daniela. Como a cerveja se tornou popular no Brasil. **Viagem & Gastronomia**, 20 abr. 2021. Disponível em: <https://viagemgastronomia.cnnbrasil.com.br/gastronomia/como-a-cerveja-se-tornou-popular-no-brasil/>. Acesso em: 18 out. 2022.

CENCI, Isabella de Oliveira. *et al.* “Quantificação de proteínas em cevada para malteação: comparação de métodos”. In: **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Editora Científica Digital, 2020, p. 395-408. Disponível em <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/quantificacao-de-proteinas-em-cevada-para-malteacao-comparacao-de-metodos>. Acesso em: 23 nov. 2023.

DIAS, Diogo Lopes. Processo de produção da cerveja. **Brasil Escola**, 2018. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/processo-producao-cerveja.htm>. Acesso em: 18 out. 2022.

DREVECK, Djnefer; OLIVEIRA, Ariane M. Rodrigues de. **Análise do processo de produção de cerveja**. 2023. 11 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina)- Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina, São Bento do Sul, 2023. Disponível em: <https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/3d202c7f-0cac-48e7-b362-874c8dfcd7af/content>. Acesso em: 23 nov. 2023.

LELIS, Michelly. Tudo sobre cerveja bebida produzida a partir da fermentação de cereais. **Bares SP**, 2021. Disponível em: <https://www.baressp.com.br/noticias/tudo-sobre-cerveja>. Acesso em: 2 set. 2022.

MATSUE, Carla. Dia da Cerveja: nível histórico de consumo no Brasil; vale a pena investir no ramo? **Valor Investe**, 2022. Disponível em: <https://valorinveste.globo.com/objetivo/gastar-bem/noticia/2022/08/05/dia-da-cerveja-nivel-historico-de-consumo-no-brasil-vale-a-pena-investir-no-ramo.ghtml>. Acesso em: 3 set. 2022.

MORESCO, Cristiano; MUNHOS, Larissa; PICCINI, Ana Rita. Matérias-primas. **Cerveja**, abr. 2002. Disponível em: https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/mapri_t.htm. Acesso em: 3 set. 2023.

MOTA, Marta Filipa Almeida. **Monitorização do oxigênio na etapa de filtração da cerveja e implementação de medidas de mitigação**. 2021. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar)- Escola Superior Agrária, Coimbra, 2021.

NETO, Ulysses Fagundes. Reações de Fermentação: aquilo que vale a pena saber a respeito delas. **IGASTROPED**, s.d. Disponível em: <https://www.igastroped.com.br/reacoes-de-fermentacao-aquilo-que-vale-a-pena-saber-a-respeito-delas/>. Acesso em: 05 jul. 2023.

OLIVEIRA, Marcel de Campos. "Cerveja Artesanal: Matérias-Primas, Processamentos, Fermentação e Desenvolvimento Tecnológico de Fabricação". In: **Ciência e Tecnologia de Alimentos: Pesquisa e Práticas Contemporâneas**, v. 2. São Paulo: Editora Científica Digital, 2021, p. 335-351.

PEREIRA, Conrado Mioni. **Cerveja: história e cultura**. São Paulo: Editora Senac, 2021. Disponível em: <https://books.google.com/books/about/Cerveja.html?hl=pt-BR&id=mCxMEAAQBAJ>. Acesso em: 23 nov. 2023.

REINOLD, Matthias Rembert. Os meios filtrantes na cervejaria. **Cervesia**, s.d. Disponível em: <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/tecnicos/processo-produtivo-producao/filtracao/826-os-meios-filtrantes-na-cervejaria.html>. Acesso em: 05 jul. 2023.

VIEIRA, Igor. O que é terra diatomácea. **Semillas**, 23 fev. 2021. Disponível em: <https://www.semillas-de-marihuana.com/blog/pt/terra-diatomacea-o-que-e/>. Acesso em: 19 out. 2022.