

ANTONIO APARECIDO MENDES JÚNIOR

**REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO DO MOSTO EM UMA
CERVEJARIA NACIONAL**

Botucatu

2019

ANTONIO APARECIDO MENDES JÚNIOR

**REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO DO MOSTO EM UMA
CERVEJARIA NACIONAL**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura)

Orientador: Zacarias Xavier de Barros

Botucatu

2019

M538r Mendes Junior, Antonio Aparecido
Reutilização da água de resfriamento do mosto em
uma cervejaria nacional / Antonio Aparecido Mendes
Junior. -- Botucatu, 2019
62 p. : fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu
Orientador: Zacarias Xavier de Barros

1. Água Reuso. 2. Cervejarias. 3. Sistema fabril. 4.
Resíduos industriais. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca
da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

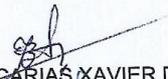
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: “REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO DO MOSTO EM UMA CERVEJARIA NACIONAL”

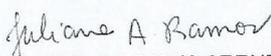
AUTOR: ANTONIO APARECIDO MENDES JUNIOR

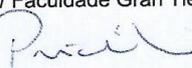
ORIENTADOR: ZACARIAS XAVIER DE BARROS

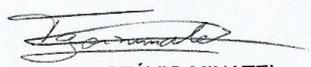
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ZACARIAS XAVIER DE BARROS
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. ROGÉRIO LOPES VIEITES
Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônômicas - Câmpus de Botucatu


Prof.ª Dr.ª JULIANA ARRUDA RAMOS
Engenharia / Faculdade Gran Tietê


Prof.ª Dr.ª PRICILA VEIGA DOS SANTOS
Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. IGOR OTÁVIO MINATEL
Pós-Doutorando - Departamento de Química e Bioquímica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Botucatu, 06 de maio de 2019.

Aos meus queridos pais, Antonio e Nilde

À minha esposa, Carolina

Ao meu irmão, Rodrigo

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente agradeço a Deus, por tornar possível a minha existência.

Agradeço também a meus pais, Antonio e Nilde por terem me incentivado muito durante o decorrer do curso.

Sinceros agradecimentos a meu orientador, Dr. Zacarias Xavier de Barros, por ter me auxiliado com sua sabedoria, sua experiência, e sua paciência, ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria de agradecer a meu grande amigo, o professor Dr. Rogério Lopes Vieites, por ter me auxiliado com sua sabedoria, sua experiência, e pela colaboração e pelas ideias sugeridas durante o desenvolvimento ao longo deste trabalho.

Agradeço também há minha esposa Maria Carolina e eu meu irmão Rodrigo pela colaboração e incentivo durante o decorrer do curso.

Gostaria de agradecer a meu grande amigo, Emerson Barduco e Luiz R. Mangili, pela colaboração e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

As faculdades Gran Tietê e Galileu, mantenedores e colaboradores.

A todos os colegas Discentes do Curso de Pós-Graduação em Energia na Agricultura.

A todos aqueles que de uma ou outra forma contribuíram para a realização de todo o Curso de Pós-Graduação, em especial deste trabalho.

A Seção de Pós-Graduação. Muito Obrigado

Aos membros da Banca Examinadora que se dispuseram em oferecer a maior, a melhor contribuição a este trabalho. Obrigado.

A minha professora de inglês pela ajuda e sabedoria, Maria Felícia. Obrigado.

A empresa fabricante de cerveja, aos seus diretores e funcionários que me propiciaram o conhecimento. Muito Obrigado.

RESUMO

A água é um recurso natural indispensável para todos os seres vivos presentes no planeta Terra. A utilização deste recurso natural engloba os mais variados processos produtivos, como a agricultura, pecuária, indústrias entre outros. Com o passar dos anos, esse recurso vem ficando cada vez mais raro, por isso a necessidade da preservação natural vem ganhando mais espaço. Com o aumento da população mundial ao longo das décadas, observa-se uma grande reestruturação no aspecto produtivo, onde o homem foi obrigado a desenvolver novas técnicas de produção, para assim, alcançar um aumento na produção e na produtividade de alimentos e matérias-primas. Nesse sentido, tornou-se uma realidade a utilização de grandes quantidades de água nos processos de produção. Com isso fica claro que a única maneira de obter-se um crescimento sustentável é a partir de processos de produção que utilizem o mínimo de água possível para a elaboração de seus produtos. Nesse estudo, analisou-se a quantidade de água utilizada no processo produtivo de uma cervejaria. Assim, o presente trabalho teve por objetivo geral demonstrar e quantificar a utilização da água nos processos produtivos para a fabricação de cerveja, através do mapeamento dos processos de produção, utilizando como ferramenta a elaboração de um fluxograma de processo, para assim desenvolver formas de diminuir o consumo de água no processo de produção. Já o objetivo específico se baseou na avaliação entre o fluxograma de processo existente na indústria e o fluxo de processos desenvolvido com as melhorias de consumo de água. A hipótese que orienta este estudo é que no processo de produção de uma cervejaria brasileira, para se produzir 1 litro do produto acabado, cerveja pilsen, utilizam-se em média 8 litros de água. Observa-se um grande consumo de água para a fabricação desse produto altamente consumido pelos brasileiros. Os resultados orbitam sobre análise do fluxograma de fabricação da cerveja levando como base o processo de produção. Os resultados obtidos demonstram que no processo de resfriamento da cerveja, há um grande consumo de água, onde o mesmo é descartado a cada processo produtivo. Conclui-se que baseado no fluxograma e na proposta de melhoria, deve-se alterar o processo de resfriamento, não descartando a água do processo, mais sim reutilizando-a. Vale ressaltar que essa água não tem contato com a cerveja, sua função é de resfriar o produto. Graças a essa melhoria na utilização de água no processo, há economia de 2 litros de água para fabricar 1 litro de cerveja.

Palavras-chave: Cerveja. Energia. Empresa. Recurso natural. Desperdício.

ABSTRACT

The water is an indispensable natural resource for all living beings present on planet Earth. The use of this natural resource goes from this all productive processes, encompassing agriculture, livestock and industries among others. With the passing of the years this resource is becoming more and more in short supply, with that the need of the natural preservation has been gaining more space. With the increase of the world population over the decades, there is a great restructuring in the productive aspect, where man was forced to develop new production techniques, in order to achieve an increase in the production and productivity of food and raw materials. In this sense, the use of large amounts of water in the production processes has become a reality. This makes it clear that the only way to achieve sustainable growth is from production processes that use as little water as possible to produce their products. In this study, the amount of water used in the production process of a brewery was analyzed. The aim of the present work was to demonstrate and quantify the use of water in the production processes for brewing, through the mapping of the production processes, using as a tool the elaboration of a process flow diagram, in order to develop ways of reducing water consumption in the production process. The specific objective is based on the evaluation between the process flow diagram in the industry and the process flow developed with the improvements in water consumption. The hypothesis that guides this study is that in the production process of a Brazilian brewery, to produce 1 liter of the finished product, lager beer, from 8 liters of water are used. It is observed, a great consumption of water for the manufacture of this product highly consumed by the Brazilians. The results are based on the analysis of the beer production flow chart based on the production process. The results show that in the beer cooling process, there is a great consumption of water, where it is discarded, with each production process. It is concluded that based on the flowchart and the improvement proposal, the cooling process must be changed, not discarding process water, but reusing again. It is worth mentioning that this water has no contact with beer, its function is to cool the product. Thanks to this improvement the use of water in the process saves 2 liters of water for one liter of beer.

Keywords: Beer. Energy. Company. Natural resource. Waste.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 17 |
| 2.1 | História da Cerveja..... | 17 |
| 2.2 | Demanda da produção de cerveja no Brasil e no mundo..... | 25 |
| 2.3 | Processos de fabricação de cerveja..... | 29 |
| 2.3.1 | Etapas do processo de produção..... | 31 |
| 2.4 | Composição e qualidade nutricional da cerveja..... | 36 |
| 2.5 | Gasto de energia na produção de cerveja..... | 37 |
| 2.6 | Importância e consumo de água no Brasil e no mundo..... | 39 |
| 2.7 | Consumo de água no processo de fabricação da cerveja..... | 41 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 43 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 49 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 55 |
| 6 | CONCLUSÕES..... | 56 |
| | REFERÊNCIAS..... | 57 |
| | APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NA EMPRESA “CBP”..... | 62 |

1 INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos tempos, observa-se a importância da água para a coexistência dos seres vivos. Pode-se citar, como exemplo, a falta de água em vários países, o que acarreta guerras e revoltas, provenientes da escassez desse recurso vital para o desenvolvimento humano (PINTO, 2017).

O crescimento populacional das últimas décadas gerou aumento na demanda de água, e do uso descontrolado desse recurso. Este uso descontrolado vem contribuindo tanto com o preocupante cenário de escassez de água quanto com a degradação da qualidade das águas superficiais e de subsuperfície com o lançamento de esgotos doméstico e industrial, contaminação por agrotóxicos e fertilizantes e disposição inadequada de resíduos sólidos (SILVA et al., 2016).

Neste contexto, pode-se salientar que um dos maiores desafios da indústria neste século é coexistir pacificamente com o meio ambiente em tempos de escassez de recursos naturais (PARENTE; SILVA, 2002).

Atualmente, a indústria nacional brasileira está submetida a dois grandes instrumentos de pressão. De um lado, as imposições do comércio internacional pela melhoria da competitividade e, do outro, as questões ambientais e as recentes condicionantes legais de gestão de recursos hídricos, particularmente as associadas à cobrança pelo uso da água (CAVALCANTE; MACHADO; LIMA, 2013).

A importância dos recursos hídricos em qualquer processo de desenvolvimento socioeconômico é inquestionável, particularmente no mundo atual, onde a água, além de cumprir o seu papel natural de abastecimento das necessidades humanas, animais e produtivas, vem, cada vez mais, sendo degradada ao servir como veículo para os despejos de efluentes urbanos, industriais, agrícolas e extrativos (TUNDISI, 2010).

No modelo comum de gerenciamento ambiental, que insiste na luta do crescimento econômico e na conservação do meio ambiente, percebe-se que a grande diversidade das atividades industriais ocasiona, durante o processo produtivo, um alto consumo de água o que acarreta a geração de efluentes, os quais podem poluir/contaminar o solo e a água (SILVA, 2012).

Em um primeiro momento, é possível imaginar serem simples os procedimentos e atividades de controle de cada tipo de efluente na indústria. Todavia, as diferentes composições físicas, químicas e biológicas, as variações de volumes gerados em relação ao tempo de duração do processo produtivo e os diversos pontos de geração

na mesma unidade de processamento recomendam que os efluentes sejam caracterizados, quantificados, tratados e/ou acondicionados, adequadamente, antes da disposição final no meio ambiente para evitar danos ambientais, demandas legais e prejuízos para a imagem da indústria junto à sociedade (PARENTE; SILVA, 2002).

Não se trata apenas de consciência ambiental ou de filantropia, deve ser empregada uma metodologia que permita, por análise de processos e atividades, avaliar as oportunidades para implantação de práticas que reduzam o consumo de água através da otimização do uso e principalmente do reuso, identificando-se as características quantitativas e qualitativas da água consumida e dos efluentes gerados em cada etapa dos setores (HESPANHOL; MIERZWA, 2005).

Com isso fica claro que a única maneira de obter-se um crescimento sustentável é a partir de processos de produção que utilizem o mínimo de água possível para a elaboração de seus produtos (CAVALCANTE; MACHADO; LIMA, 2013).

Uma importante questão se coloca para a elaboração do presente trabalho, no processo de produção de uma cervejaria brasileira, para se produzir 1 litro do produto acabado de cerveja pilsen, utilizam-se em média 8 litros de água (TROMMER, 2011). Observa-se, um grande consumo de água para a fabricação desse produto altamente consumido pelos brasileiros (MORADO, 2017).

Observa-se que a matriz hídrica brasileira está diminuindo significativamente nos últimos anos, graças a vários fatores: as mudanças climáticas, o uso descontrolado desse recurso, má gestão pública, falta de investimentos em preservação ambiental (SILVA et al., 2016).

Surge à necessidade urgente de desenvolver processos mais enxutos, relacionados à utilização da água. Através do fluxograma de processo industrial pode-se verificar as oportunidades de alteração e/ou reconfiguração do mesmo, visando à otimização do uso da água (PARENTE; SILVA, 2002).

O objetivo geral deste trabalho foi demonstrar e quantificar a utilização da água nos processos produtivos para a fabricação de cerveja, através do mapeamento dos processos de produção, utilizando como ferramenta a elaboração de um fluxograma de processo, para assim desenvolver formas de diminuir o consumo de água no processo de produção. O objetivo específico desse estudo se baseou na avaliação entre o fluxograma de processo existente na indústria e seu fluxo, otimizando o consumo de água.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História da Cerveja

Os historiadores mostram que o ser humano pré-histórico deixou a vida nômade de caçador-coletor ao desenvolver as pioneiras técnicas de agricultura, com o objetivo de cultivar grãos. Neste contexto, eles perceberam que os cereais como sorgo, cevada e trigo secos poderiam ser armazenados por longos períodos, o que permitiu a fixação dos grupos populacionais, desobrigando-os a se locomoverem constantemente em busca de alimento (MEGA; ANDRADE, 2011).

Foi no oeste da Ásia por volta do ano 9000 a.C. que os primeiros campos de cultivo surgiram. Os grãos de cevada e trigo selvagem foram escolhidos, já que seus grãos são maiores e palatáveis. Em seguida, esses primitivos produtores transformaram esses grãos em farinha, sendo possível a produção de pão e cerveja (MORADO, 2017).

A relação direta entre pão e cerveja se explica por ambos serem feitos de grãos de cereais (cevada, trigo, arroz, aveia), água e fermento, além de apresentarem valor nutricional semelhante, possuindo valor energético elevado. Por isso, a cerveja é chamada de “pão líquido” (DE KEUKELERIE, 2000; MORADO, 2017).

Ao que tudo indica o processo de produção foi descoberto por acaso (HLATKY, 2007). A primeira etapa da fabricação da cerveja consiste em deixar os grãos de cereais de molho afim de absorver água e germinar; essa etapa amolece o amido presente em cada grão do cereal. A germinação faz com que as enzimas transformem o amido, que é um polissacarídeo, em açúcares que são mono e dissacarídeos. Posteriormente, os grãos são secos ou torrados afim de interromper o processo natural. O malte é o cereal umedecido, germinado e seco ou torrado, que tem um gosto adocicado devido à quebra do amido em açúcares (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008).

Os agricultores primitivos guardavam a colheita em vasos para usar posteriormente. E foi assim que perceberam que o sabor dos grãos era modificado, sendo mais doce e de mais fácil digestão (maltados). Esse processo provavelmente aconteceu pois a chuva umedecia os grãos e depois eles secavam (KUNZE, 2006).

Após a maltagem, a segunda fase da fabricação da cerveja consiste em fazer uma espécie de sopa (mosto) dos grãos maltados. Se essa sopa for deixada por um

período, ela será invadida por micro-organismos, dando início a fermentação que produz álcool e gás carbônico a partir do açúcar, surgindo a cerveja (MORADO, 2017).

É possível que algo de muito semelhante a isso tenha acontecido de fato. Existem inúmeros desenhos rupestres e símbolos pré-históricos que representam a fabricação de uma bebida parecida à cerveja (TSCHOPE, 2001).

As descobertas mais antigas sobre bebidas fermentadas foram localizadas na vila neolítica de Jiahu (norte da china) e na Mesopotâmia, hoje Iraque. Foram encontradas em escavações arqueológicas que continham potes com resquícios de bebidas fermentada a partir de cereais com idade estimada de 7 mil anos, ou seja, de 5000 a.C. Esses achados tem grande importância não só para determinar as origens da cerveja, mas também para esclarecer a influência antropológica da bebida. Há registros de aproximadamente 4000 a.C. carregados de símbolos da cerveja como mercadoria e moeda de troca tanto da Mesopotâmia quanto no Egito, ou seja, de antes do surgimento da escrita e da invenção da roda. O hieróglifo que significa “comida” é composto de dois símbolos: o do pão e o da cerveja (MORADO, 2017).

No período em que os indivíduos começaram a construir cidades, por volta de 6000 a.C., a produção de cerveja já era uma prática bem estabelecida e aparentemente organizada tanto no Oriente Médio quanto na China (KUNZE, 2006).

O antropólogo Alan D. Eames (1947 – 2007), conhecido mundialmente como “o Indiana Jones da cerveja”, desenvolveu com o professor Solomon Katz, da Universidade de Pensilvânia, a teoria de que a cerveja teve um papel fundamental na criação e no estabelecimento da sociedade civilizada, maior até mesmo que o do pão (MORADO, 2017).

Segundo Nogueira, 2010, além de “magia” de um líquido doce transformar-se espontaneamente em substância embriagadora, a sensação de euforia e de mudança de estado de consciência decorrente da embriaguez levou diversos grupos humanos a correlacionar a bebida alcoólica a aspectos místicos e religiosos.

No ano de 1913, foram decifradas tábuas, na região entre os rios Tigre e Eufrates (hoje Iraque), com registros que comprovavam que os sumérios consumiam uma bebida chamada sikaru, feita a partir de pães de cevada germinada. Aproximadamente vinte tipos de receitas eram elaboradas, servindo como remédio para os olhos e para pele, pagamento a trabalhadores e oferenda aos deuses. Portanto apresentava papel fundamental na economia que era baseada em escambo e troca de riquezas. Sua produção era responsabilidade do estado, sendo assim,

bastante controlada. O Império Babilônio, que sucedeu o Sumério, deixou vários sinais da importância social da cerveja. Um dos artigos do Código de Hamurabi, cerca de 1730 a. C., por exemplo, previa o afogamento do cervejeiro em sua própria bebida caso ela fosse intragável. Já outro estabelecia pena de morte para os sacerdotes encontrados em bares. Também determinava que o pagamento pela venda de cerveja em grãos de cereais e não em dinheiro (KUNZE, 2006).

O cervejeiro, na sociedade babilônia, era um homem de alta reputação, dispensado, por exemplo, do serviço militar sob a condição de abastecer os exércitos com sua bebida. Nos bordéis babilônios, cada prostituta produzia sua própria cerveja para servir aos clientes (TSCHOPE, 2001).

No Egito antigo, a cerveja era mais popular do que o vinho e o hidromel (bebida fermentada, feita de água e mel), não só pela fartura de cereais e pela facilidade de produção, mas também por ser uma bebida mais social, que podia ser produzida e compartilhada por muitas pessoas. Os egípcios faziam vários tipos de cerveja sob o nome genérico de *zythum*. As Tábuas de Ebla, datadas 2.500 a.C., registram uma cervejaria de grande escala em Tebas, onde eram fabricadas dois tipos da bebida: a “cerveja dos notáveis” e a “cerveja de Tebas”. Onde as mais suaves eram destinadas aos pobres e as aromatizadas com gengibre, tâmara e mel ficavam privadas aos nobres (MORADO, 2017).

Ainda segundo Morado, 2017, o primeiro grande centro produtor de cerveja da história surgiu no norte do Egito, na antiga cidade de Pelúcio, onde era indispensável nas cerimônias fúnebres e também utilizada em banhos para tratar a pele. Segundo a mitologia egípcia, Osíris, deus da vida além-morte, já fabricava cerveja por volta de 2.000 a.C.

Os egípcios que apresentaram a cerveja aos gregos que não a aceitaram muito bem. Sendo que um médico grego-romano, considerado o fundador da farmacognosia, recomendava para tratamento médico por seu efeito diurético (HLATKY, 2007).

A cerveja perdeu um pouco de sua popularidade com o poder de influência dos gregos – e, mais tarde, dos romanos -, produtores e apreciadores do vinho, já que a política dos conquistadores era impor seus costumes aos conquistados (HLATKY, 2007).

Entretanto, é importante saber que Júlio César, ao atravessar o rio Rubicão em perseguição a Pompeu Magno (49 a.C.), teria brindado o avanço de sua tropa com

cerveja. Essa campanha o levaria no mesmo ano a tornar-se ditador absoluto de Roma (MORADO, 2017).

Já que a cerveja era parte da cultura egípcia, os judeus e os cristãos rejeitavam-na, pois trazia más lembranças do êxodo judeu. Por isso, os judeus adotaram o vinho como bebida associada ao sagrado, com diversos significados místicos. Mais tarde, aos cristãos o sacramentaram como o sangue de Cristo no ritual da missa. A expansão do cristianismo na Europa levou consigo seus costumes e suas tradições. Todavia, a cerveja, cujos ingredientes eram mais resistentes, menos dependentes de clima, mais baratos e abundantes, passou aos poucos ser a bebida das classes mais pobres e dos bárbaros (KUNZE, 2006).

De tal modo que a popularidade da cerveja foi crescendo, contribuindo até mesmo para problemas da inflação. No ano 301, o imperador Valério Diocleciano, viu-se obrigado a publicar o Edictum de Prettis Rerum Venalium (Édito do Preço máximo), que limitava os preços de vários produtos, entre eles o trigo, a cevada e a cerveja. O documento já fazia distinção entre cerevisia (cerveja de Gália) e zythum (do Egito) (KUNZE, 2006).

A onda de expansão da cultura cervejeira a partir da mesopotâmia teve outra rota de difusão, igualmente importante, graças aos trácios, povo que dominava um enorme território onde hoje estão, além da própria Trácia, a Bulgária, a Romênia, a Moldávia, e partes da Grécia, da Macedônia, da Sérvia e Turquia. A cerveja era uma bebida sagrada para esses povos. Acredita-se que, devido a movimentos migratórios, eles acabaram por influenciar culturalmente germanos e celtas (HLATKY, 2007).

Os celtas habitaram boa parte da Europa e dividiam-se em vários grupos: gauleses, belgas, bretões, batavos, escotos, eburões, gálatas, trinovantes e caledônios – povos que mais tarde constituiriam França, Portugal, Espanha, Bélgica, Inglaterra, Irlanda e Escócia. Eles divulgaram a metalurgia do ferro e também desenvolveram receitas e técnicas de fabricação de cerveja (MORADO, 2017).

Na obra *Naturalis Historia* (História Natural), do autor romano Plínio, escreveu sobre celtas que fabricavam cerveja na Gália (atual França) e na Galícia (atual Espanha). O nome latino que deu origem à palavra cerveja foi na Gália. A cerevisia, ou cervisia, em homenagem a Ceres, deusa da colheita e da fertilidade, era uma bebida alcóolica, fermentada a partir de cevada ou outro cereal, não continha lúpulo, era aromatizada com mel e maturada em ânforas de barro ou em tonéis de madeira (MORADO, 2017).

Nos primeiros mil anos da Era Cristã, celtas e germanos eram os povos que mais produziam e consumiam cerveja, sendo considerada sagrada, servia como recompensa aos heróis e uma oferenda aos deuses, sendo servida em intermináveis festas, banquetes e em cerimônias nas quais os guerreiros contavam suas histórias de bravura e conquistas (TSCHOPE, 2001).

A expansão do Império Romano para o norte ampliou a cultura vinícola, sobrepondo-a aos costumes locais de bebidas alcoólicas de cereais. O vinho, porém, não se impôs em algumas regiões ao norte pela relutância em assimilar hábitos dos dominadores e também pela dificuldade de cultivo da uva. Os grupos celtas e germanos, nas regiões onde ficam as ilhas Britânicas, a Alemanha e a Bélgica, por exemplo, mantiveram a cerveja como bebida tradicional (KUNZE, 2006).

Rei dos francos, rei dos lombardos e imperador romano, Carlos Magno, que fundou a dinastia carolíngia e denominou a Europa até a Renascença, contribuiu imensamente para a consolidação da cerveja como mercadoria e como atividade econômica importante no Sacro Império Romano-Germânico. A cultura cervejeira expandiu-se a novos territórios, delimitados pelas áreas hoje ocupada pela Espanha e pelos países escandinavos (MORADO, 2017).

Carlos Magno reconhece os cervejeiros como artesões especializados, com destacado papel na constituição dos vilarejos. Seu império organizado em várias vilas, sendo cada uma com estrutura própria: igreja, padaria, comércio em geral, estábulos, celeiros e cervejarias. O apoio do imperador à igreja católica, que beneficiou a instituição de grandes mosteiros, contribuiu para a consolidação da cerveja como bebida e como uma alternativa para o vinho eclesial (MORADO, 2017).

A produção de cerveja, ao longo da história antiga e na Idade Média, foi uma atividade predominantemente caseira, de responsabilidade das esposas e dirigida ao consumo doméstico, já que fazia parte da dieta da família, inclusive do desjejum. Além de ser um alimento, a cerveja era usada desde a antiguidade como remédio, misturando-se a ela casca, raízes, especiarias e ervas. Também era consumida em festas, como inebriante e refrescante, sendo, não rara às vezes, uma alternativa para à água, que nem sempre era potável (MORADO, 2017).

As primeiras iniciativas de produção sistematizada de cerveja, na Idade Média, acontecem nos mosteiros. Monges irlandeses, reconhecidos santos pela Igreja Católica, a partir do século VI, fundaram diversos mosteiros pela Europa que tinham amplas instalações para a fabricação de cerveja. (KUNZE, 2006).

Os mosteiros eram lugares de desenvolvimento e preservação de técnicas e ensinamentos. Por seu trabalho e dedicação, e, é claro, por serem alfabetizados, os religiosos tornaram-se importantes pesquisadores de cerveja, tendo aprimorado seu método de fabricação e introduzido a ideia de conservação a frio da bebida. Mosteiros eram organizados e neles foram desenvolvidas receitas particulares, guardadas em segredo. Deste modo, tornaram-se as únicas instituições medievais com capacidade para produzir cerveja em grande escala. Suas cervejas eram destinadas aos monges, aos seus convidados e aos pobres, sendo o excedente vendido a peregrinos e camponeses da região. Cada monge consumia de 5 a 8 litros de bebida por dia, já que era considerada alimento (KUNZE, 2006).

Nas casas episcopais e catedrais também se fabricava e consumia cerveja. A Catedral de Estrasburgo (França), por exemplo, possui registros de produção de bebida para algumas festividades religiosas no século X (KUNZE, 2006).

As abadias e os mosteiros medievais tendiam à autossuficiência, eram cultivadas hortas e pomares, construídos móveis e ferramentas e a cerveja era produzida para o seu sustento. Entretanto, segundo as regras do império, podiam contar com o abastecimento de cereais se necessário. Desse modo, se tornaram produtores de cerveja de boa qualidade e desenvolveram técnicas, utensílios e receitas próprias (MORADO, 2017).

A partir de 1662, quando o papa Alexandre VII aprovou a ingestão de bebidas pelos penitentes, a cerveja tornou-se ainda mais relevante para os religiosos católicos, decretando que o líquido não quebrava o jejum (*liquidum non frangit jejunum*). Em outras palavras, o consumo de bebidas – do chocolate líquido à cerveja – passava a ser permitido durante os períodos de penitência e jejum, sendo que o vinho não foi incluído nessa liberação. A melhor explicação para isso é que o debate ocorreu em torno do dejejum, refeição matinal que, àquela época, incluía apenas pão, queijo, cerveja e chocolate (MORADO, 2017).

As questões religiosas abalaram a influência dos mosteiros no mercado cervejeiro em momentos da história distintos. Na Idade Média, eles foram fortemente pressionados a não servir cerveja gratuitamente, já que prejudicava as cervejarias controladas pelos senhores feudais, que, além de tudo, eram contribuintes do Estado. O fortalecimento das monarquias na Europa, a partir do século XIV, desencadeou uma crise nas instituições eclesiásticas. No futuro, o humanismo evangelista que provocou a Reforma Protestante (século XVI) gerou uma nova onda contrário aos religiosos

católicos. Mais tarde, na Inglaterra, Henrique VIII saqueou mosteiros em nome de suas divergências com a Santa Sé de Roma. Em seguida, em 1796, Napoleão expulsou os religiosos de seu império também por divergências com o papa (TSCHOPE, 2001).

Enfim, as várias mudanças sociais ocorridas no século XIX e, principalmente, a Revolução Industrial, trouxeram novas dificuldades à vida monástica, gerando uma escassez de monges e reduzindo drasticamente o número de abadias (MORADO, 2017).

Antes da Idade Moderna, uma vez que a ciência e o método científico ainda não estavam estruturados, muitos dos acontecimentos inexplicáveis eram explicados como resultados de forças ocultas. A bioquímica e a microbiologia, por exemplo, eram desconhecidas. Na Idade Média, tais fenômenos eram interpretados pelos monges, magos e alquimistas, que os estudavam como resultado de forças ocultas (MORADO, 2017).

Por um longo período de tempo, a fabricação de cerveja foi cercada de mistério, devido à falta de compreensão do processo de fermentação. A explicação pelos alquimistas era que o fenômeno combinava o Sol, a Terra e os quatro elementos: ar, terra, água e fogo (calor). Por isso que um dos primeiros símbolos que apareceram nos rótulos de cerveja foi à estrela de seis pontas, conhecida também como Selo Salomônico, marca dos alquimistas. Até nos dias atuais alguns produtos utilizam em seus rótulos essa marca. Outras imagens e símbolos costumavam ser associados à cerveja como os ramos de cereais como trigo e cevada geralmente colocados em torno de brasões, compuseram rótulos das marcas de muitos produtos e produtores ao longo da história. Alguns perduram até hoje (MORADO, 2017).

Entre os séculos VIII e XVI, a cerveja transformou-se e difundiu-se, tornando-se um suprimento fundamental nas vilas e cidades que começavam a se formar. Assim, acompanhando o processo de urbanização e industrialização, a produção de cerveja transformou-se de atividade doméstica em atividade comercial e industrial (MORADO, 2017).

Pequenas cervejarias comerciais estabeleceram-se nas cidades europeias à medida que as aglomerações humanas tornavam-se mais numerosas. A concentração do consumo nesses locais justificava o desenvolvimento de ocupações rentáveis em torno da produção cervejeira (HLATKY, 2007).

A urbanização dos séculos XII e XIII concentrou o público consumidor e ajudou na criação de negócios especializados em cerveja. Diversos estabelecimentos e instituições ligados à produção e comercialização da cerveja desenvolveram-se, tornando-a um produto comercial (HLATKY, 2007).

A produção deixou de ser caseira aos poucos e de responsabilidade das donas de casa, realizada de forma artesanal e sem fins lucrativos. E começaram a surgir grupos de vizinhos e amigos que se reuniam temporariamente para produzir e comercializar cerveja em escala maior e já visando o lucro (KUNZE, 2006).

A partir daí surgiram então especialistas na bebida, que se ocupavam desde o plantio dos ingredientes, passando pela fabricação, até a comercialização. Essa nova atividade comercial era totalmente dominada pelo homem, chefe da família. O modelo evoluiu para grupos de produtores locais, que se uniam para se fortalecer, compartilhando técnicas, negociando compras de insumos e comercializando seus produtos (KUNZE, 2006).

Dos grupos de produtores locais surgiram às primeiras manufaturas, protótipos das futuras industriais, onde grupos de especialistas reuniam-se em torno de instalações comuns, produzindo cerveja em grande escala, com o objetivo de atender a mercados maiores e mais distantes (MORADO, 2017).

É desse período que a cervejaria mais antiga surgiu. O Mosteiro de Weihenstepham, em Freising (Alemanha), em 1040, conseguiu a licença para produzir cerveja comercialmente. Até hoje a marca Weihenstepham produz cervejas de grande qualidade (KUNZE, 2006).

Durante o século XIII, a atividade cervejeira comercial espalhou-se nas regiões que hoje estão a Alemanha, Áustria e Inglaterra. A primeira cervejaria de Frankfurt foi instalada em 1288 e, menos de cem anos depois, Munique já tinha três cervejarias. Nas outras partes da Europa, houveram também avanços na produção de cerveja. Assim, em 1268, por exemplo, surgem em Paris os primeiros estatutos regulando a profissão de cervejeiro (KUNZE, 2006).

A crescente demanda estimulou o crescimento da comunidade cervejeira, gerando o aperfeiçoamento dos artesãos e a diversificação e o melhoramento das cervejas produzidas. Também estimulou o apetite dos governos por arrecadação de impostos. O local onde a cervejaria se instalava dependia de bom fornecimento de água, que também determinava o tipo de cerveja produzida, já que as manipulações químicas de água ainda não eram conhecidas (MORADO, 2017).

De acordo com a classificação atual, é difícil determinar os estilos das cervejas dessa época. O que se conhece é que eram ácidas, com muita variação de cor e de aroma, opacas e com resíduos de fermentação. Devido às más condições de higiene, dificuldade de controle de temperatura e falta de filtragem do produto final (MORADO, 2017).

Segundo Trommer (2011) no século XIX, o ressurgimento do valor da cerveja veio com os avanços tecnológicos e a mudança no processo de produção industrial. As exigências de se produzir cerveja apenas no inverno e guardá-las para consumo no verão, propiciou o surgimento da chamada cerveja tipo Lager ("guardada, armazenada"), com características de sabor mais acentuado e aparência clara e leve: era a descoberta da fermentação a frio. Na época, não se conhecia as leveduras, que tornavam estas cervejas diferentes, e acreditava-se que houve mutação dos microorganismos da fermentação.

Já nos séculos XX e XXI, a cultura cervejeira apresentou grande crescimento. O desenvolvimento tecnológico, o renascimento da produção caseira de cerveja (homebrewing) e a nova geração de microcervejarias pelo mundo trazem inovações aos consumidores, por meio da oferta de produtos de qualidade e diversificados. Já podem ser encontradas cervejas de boa qualidade, que era de acesso a um público restrito há poucos anos atrás (KUNZE, 2006).

2.2 Demanda da produção de cerveja no Brasil e no mundo

A produção de cervejas, num contexto mundial, tornou-se um grande negócio. Poucos setores são tão internacionalizados e concorridos, em termos empresariais, quanto o da cerveja (VIOTTI, 2012).

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida do mundo. Em 2017, o mercado mundial de cerveja movimentou US\$ 281 bilhões de dólares e espera-se que em 2021 esse montante alcance os US\$ 309 bilhões. Dentro dessa conjuntura, o Brasil figura atualmente como terceiro maior produtor mundial de cerveja, com produção nacional equivalente a 13 bilhões de litros de cerveja por ano (COELHO-COSTA, 2018).

Porém, verifica-se uma tendência de queda no consumo em países onde o mercado situa-se em posição de maturidade, que é explicada por algumas hipóteses, como: consequência das campanhas antialcoolismo, taxaço excessiva da cerveja,

pouca oferta de cervejas mais complexas do que as pilsen, e competição acirrada com outras bebidas alcoólicas (MEIER, 2012).

O quadro 1 demonstra o ranking de consumo mundial de cerveja. Observa-se, por exemplo, que a Alemanha perdeu a posição de primeiro lugar, como maior consumidor do mundo.

Quadro 1 – Ranking de consumo mundial de cerveja

| Posição | País | Consumo per capita por ano (litros) |
|----------------|------------------|--|
| 01 | República Tcheca | 142,4 |
| 02 | Alemanha | 104,7 |
| 03 | Áustria | 103,5 |
| 04 | Polônia | 102,7 |
| 05 | Irlanda | 97,5 |
| 20 | EUA | 75,4 |
| 26 | Brasil | 67,7 |
| 70 | China | 30,0 |

Fonte: MORADO (2017, p. 364).

Por outro lado, a elevação do consumo per capita da bebida em países como o Brasil e a Argentina, por exemplo, tem sido influenciada tanto por fatores ligados ao aumento da renda da população, assim como pela oferta de maior número de marcas (STEFENON, 2012).

Segundo Nogueira, 2010, assiste-se a uma estruturação produtiva em todos os níveis, que se apresenta sob várias formas de parcerias e alianças empresariais. Uma maneira rápida de uma empresa conquistar e se consolidar no mercado consiste na combinação com outras empresas, por meio dos processos conhecidos como fusões e aquisições.

Com a globalização de mercado e as fusões de grandes cervejarias, a indústria da cerveja consolidou-se em grandes grupos pelo mundo. As três mega cervejarias, as quais produzem mais de 100 milhões de hectolitros/ano, detêm quase 50% da produção mundial de cervejas, possuindo marcas distribuídas em diversos países (MORADO, 2017).

A criação da ABInbev ilustra o processo de consolidação dos grandes grupos empresariais no ramo cervejeiro. Em 2004, a fusão da belga Interbrew (que já havia adquirido, por exemplo, a Labatt no Canadá, a Witbread e Bass no Reino Unido, a Rolling Rock nos EUA e a Dos Equis no México) com a brasileira Ambev (fruto da fusão das brasileiras Antarctica e Brahma) criou a multinacional Inbev, que passou a

ocupar a segunda colocação do ranking das maiores cervejarias, estando apta, inclusive, a competir com a cervejaria norteamericana AnheuserBusch. Ao longo dos anos subsequentes a sua criação, a Inbev adquiriu outras cervejarias de menor porte, até que, em 2008, adquiriu a líder AnheuserBusch, formando a ABInbev e consolidando sua posição como líder do mercado mundial (MORADO, 2017).

O grupo das quatro maiores companhias do segmento cervejeiro que são ABInbev, SABMiller, Heineken e Carlsberg, tinham uma fatia de 21,7 % do mercado mundial em 2001; em 2005 a fatia estava em 35,6 % e, em 2009, devido a fusões e aquisições (STEFENON, 2012).

Segundo Meier (2012), as quatro maiores cervejarias são as responsáveis por aproximadamente 50% da produção mundial de cervejas. O grupo é formado pelas seguintes companhias: ABInbev, SABMiller, Carlsberg e China Ressource Brewery Ltd.

O quadro 2 demonstra o nome das cervejas mais vendidas no mundo. Verifica-se as oito cervejas mais vendidas no mundo, faz parte das quatro maiores companhias do segmento cervejeiro do mundo.

Quadro 2 – Cervejas mais vendidas no mundo

| Posição | Marca | Percentual de mercado (%) |
|----------------|--------------|----------------------------------|
| 01 | Snow | 5,5 |
| 02 | Tsingtao | 2,6 |
| 03 | Bud Light | 2,6 |
| 04 | Budweiser | 2,3 |
| 05 | Skol | 2,1 |
| 06 | Yanjing | 1,8 |
| 07 | Heineken | 1,6 |
| 08 | Brahma | 1,5 |

Fonte: MORADO (2017, p.367).

O mercado mundial de cervejas cresceu como um todo, depois de 2008. Os mercados emergentes, como Ásia, África, e América Latina, são os responsáveis pela tendência de elevação nas vendas (MORADO, 2017).

Europa, América e Ásia responderam por 90,8% da produção global de cervejas em 2012, com a China posicionando-se como o maior produtor mundial da bebida com 410 milhões de hectolitros, respondendo com 71,7% da produção total do continente asiático e por 22,6% da produção global. Além da China, os Estados

Unidos, Brasil, Rússia e Alemanha completam na atualidade o ranking dos maiores produtores (MEIER, 2012).

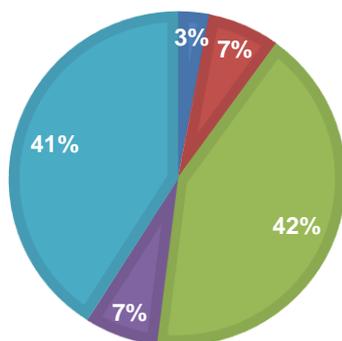
Existe outro tipo de crescimento, nos países com maior participação de mercado mundial e que vem ocorrendo por vários anos, trata-se do crescimento de número de cervejarias. Como exemplo, pode-se mencionar os EUA que tem 1.989 cervejarias. Este crescimento de cervejarias ocorre pela valorização da cerveja artesanal, mas impacta sobre a indústria de lúpulo. Os cervejeiros artesanais criam receitas de cervejas nas quais se emprega mais lúpulo em comparação as cervejas dos grandes grupos (MORADO, 2017).

A nível nacional, a industrialização de cerveja ocorreu entre os anos de 1870 e 1880 com a fábrica em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Friederich Christoffel, que produzia mais de um milhão de garrafas. A chegada, em 1880, de máquinas compressoras frigoríficas foi o grande avanço para cervejarias brasileiras. Neste momento foram instaladas as maiores cervejarias que dominariam o mercado brasileiro, sendo elas a Companhia Antartica Paulista e a Companhia Cervejaria Brahma. E, em 1999, se uniram e surgiu a AmBev (American Beverage Company), aumentando a produção e o consumo de cerveja e diminuindo as informações sobre a produção, já que os dados são fornecidos pelas cervejarias que dominam o mercado nacional (COELHO-COSTA, 2018).

O Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) quantificou as empresas produtoras de cerveja, sendo um total de 190. Destas 26 % estão concentradas no estado de São Paulo, com 50 empresas, Rio Grande do Sul com 29, seguido de Minas Gerais, 26 e Santa Catarina 16 (SEBRAE, 2014).

Figura 1 – Cervejarias por região do Brasil

■ Norte ■ Nordeste ■ Sul ■ Centro-Oeste ■ Sudeste



Fonte: elaborado através de dados do MAPA.

2.3 Processos de fabricação de cerveja

A cerveja é uma bebida de ampla produção e consumo no mundo. Ela pode ser definida como uma bebida de baixo teor alcoólico, sendo preparada pela via fermentativa, utilizando a levedura do gênero *Saccharomyces*, além dos ingredientes básicos como o malte de cevada, água e lúpulo (MEGA; ANDRADE, 2011).

Segundo decreto nº 6.871 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, entende-se por cerveja a bebida resultante da fermentação (mediante levedura cervejeira) do mosto de cevada malteada ou do extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção, adicionado de lúpulo. Uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída por adjuntos cervejeiros (BRASIL, 2009).

Para Morado, 2017, os adjuntos cervejeiros são matérias primas (trigo, arroz, milho, aveia, centeio) que substituem parcialmente o malte ou o extrato de malte na elaboração da cerveja.

Trommer, 2011 descreve que em algumas cervejarias do mundo o processo de fabricação para obtenção de cerveja se inicia no processo de malteação.

Malteação é a denominação do processo utilizado para preparar o malte da germinação sob condições controladas, de qualquer cereal. Quando não há indicação, subentende-se que o malte é feito de cevada, em qualquer outro caso acrescenta-se o nome cereal. Assim, tem-se malte de milho, de trigo, de centeio, de aveia e de outros. A malteação consiste em quatro operações: maceração, germinação e secagem (HLATKY, 2007).

No recebimento da cevada na maltaria (nome dado ao local que ocorre a malteação), ocorre uma limpeza prévia para a remoção de impurezas, bem como de grãos do tipo refugo, que não interessam ao fabricante de malte. A cevada colhida não pode ainda ser malteada, pois precisa vencer um período de dormência, isto é, o mecanismo natural que impede de germinar na própria espiga. É a razão pela qual a cevada precisa ser mantida armazenada durante quatro semanas até entrar no processo produtivo. Assim, a cevada é acondicionada em silos especiais de modo que seja mantido o controle de umidade, temperatura e areação (TSCHOPE, 2001).

A maceração consiste em manter os grãos de cevada em caixas de maceração em períodos úmidos que totalizam de 3 a 5 horas e períodos secos com ar saturado de umidade de 18 a 20 horas, dependendo das condições do lote de cevada,

envolvendo a exaustão de gás carbônico. O final da maceração pode ser reconhecido pelo teor de umidade, além do fato da semente se apresentar macia (KUNZE, 2006).

Na germinação, a cevada sofre modificação física e química. Fisicamente, ocorre a formação da radícula (percursora da raiz) e da acrospira (precursora da primeira folha). Quimicamente, dá-se a formação de enzimas que vão quebrar o amido em carboidratos mais simples e as proteínas no ponto adequado para a produção da cerveja. O tempo de germinação determina a disponibilidade de açúcar para fermentação, produzindo assim diferentes tipos de malte. Uma germinação típica dura de cinco a seis dias. A germinação é interrompida pelo aquecimento dos grãos na etapa seguinte (MORADO, 2017).

Ainda segundo Morado, 2017, o processo de secagem do malte, se faz entre as temperaturas que variam de 20° a 100°C conforme o malte desejado que pode ser claro ou escuro. A secagem ao forno ocorre em duas fases. A primeira é a pré-secagem que ocorre entre as temperaturas de 20° a 70°C por 20 minutos, para o malte atingir de 8 a 12% de umidade. A fase final, chamada de cura, leva um período de 2 a 3 minutos para o malte claro, e 5 a 7 minutos para maltes escuros com o forno entre 70° e 95°C. Quando o grão sai do processo de secagem, deve estar com umidade próxima de 4%. Após a secagem o grão e o malte, ainda quentes, são separados da radícula e do cálculo por operação posterior a secagem.

Tschope, 2001, cita que depois do processo de malteação concluído, o malte é acondicionado em silos onde passa por um período de repouso de três a quatro semanas para homogeneizar seu teor de umidade e restabelecer as enzimas. Após esse processo o malte está pronto para utilização no processo de fabricação de cerveja.

A maioria das cervejarias não produz seu próprio malte, comprando-o de terceiros (HLATKY, 2007; NOGUEIRA, 2010).

Outra matéria-prima fundamental para à obtenção da cerveja é o lúpulo, corresponde as flores secas da planta fêmea do Lúpulo (*Humulus lupulus*), que é natural de muitas zonas temperadas do Hemisfério Norte As regiões mais importantes no cultivo de lúpulo são: Alemanha, Estados Unidos, República Tcheca, China e Ucrânia (TSCHOPE, 2001).

Sua presença confere à bebida o amargor característico da maioria das cervejas. Além disso, seus aromas, com notas que variam do herbal ao floral, do frutado ao

condimentado, fazem parte da essência de muitos estilos de cervejas (MORADO, 2017). O quadro 3 demonstra a composição média do lúpulo.

Quadro 3 – Composição média do lúpulo com seus efeitos

| Componentes do lúpulo | Efeito |
|------------------------------|---------------------|
| Taninos e polifenóis | Coagulação proteica |
| Substancias amargas | Amargor |
| Óleos essenciais | Aroma |

Fonte: Tschope (2001).

São três os grupos de compostos do lúpulo de maior importância para a produção de cerveja: as resinas, os polifenóis e os óleos essenciais. O sabor amargo que o lúpulo proporciona à cerveja é proveniente da isomerização dos alfas-ácidos presentes no lúpulo (TSCHOPE, 2001).

Essa isomerização, no processo tradicional de produção de cervejas, ocorre no momento da fervura do mosto. As moléculas de alfa-ácido são pouco solúveis em uma solução aquosa como o mosto e, desta forma, transferem pouco amargor à solução. A forma isomerizada é bastante solúvel no mosto e amarga. Os betas-ácidos não conferem um amargor desejável à cerveja e, quando isomerizados, conferem um amargor desagradável. As resinas do lúpulo são importantes na composição do lúpulo, devido a contribuir com a preservação da qualidade da cerveja pronta, na medida em que a protegem contra oxidação. Os óleos essenciais são voláteis e sua intensidade na cerveja será tanto maior quanto maior for a dosagem e também o momento dessa dosagem, normalmente ao final da fervura ou na fase de filtração da cerveja já maturada (NOGUEIRA, 2010).

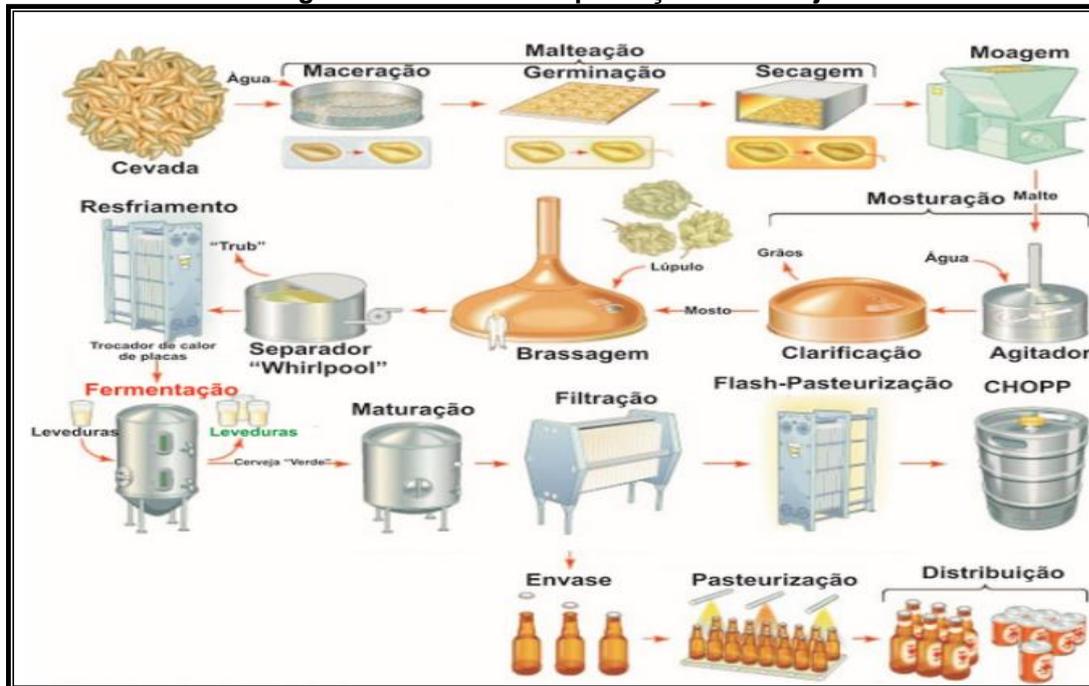
2.3.1 Etapas do processo de produção

As principais etapas do processo de produção de cerveja consistem em:

Brassagem ou fabricação de mosto, consiste em uma sequência de etapas que transformam o amido contido no malte em uma solução de açúcares e outras substâncias chamadas de mosto. A brassagem também transfere para o mostro proteínas e outras substâncias presentes no malte. Os principais processos da brassagem são: moagem, mostura, filtração do mosto, fervura e, finalmente,

separação do “trub”, resfriamento do mosto, fermentação, maturação e o envase (MORADO, 2017). A figura 2 demonstra o processo de produção para obtenção de cerveja.

Figura 2 – Processo de produção de cerveja



Fonte: MORADO (2017)

O processo inicia-se com a moagem do malte, tem por objetivo quebrar o grão e expor o amido contido no seu interior (TSCHOPE, 2001).

Segundo Morado, 2017, no processo de moagem existe duas formas de moagem: com rolos ou em moinhos. A diferença básica é que na moagem por rolos a casca é preservada, enquanto no moinho reduz o malte praticamente a pó. Para Nogueira, 2010, o processo de moagem mais utilizado é o de moinho.

Já no processo de mostura, consiste em adicionar água ao malte moído, submetido a diferentes temperaturas por períodos de tempo determinados. Como resultado, obtém-se uma solução adocicada, denominada mosto, que a esta altura ainda contém bagaço de malte (MORADO, 2017).

A filtração do mosto consiste na separação do mosto líquido do bagaço de malte (MORADO, 2017).

Segundo Tschope, 2001, a operação de filtração, nos dias atuais consiste em duas formas básicas de se fazer isso: o filtro de placas e a Tina de clarificação (ou tina-filtro). O filtro de placas, mais utilizado em grandes cervejarias, utiliza câmaras

verticais formadas por placas intercaladas com telas de material plástico termorresistente, com malha bastante fina, permitindo excelente rendimento.

Na filtração em tina de clarificação, mais utilizado em cervejarias de menor porte, utiliza um fundo falso (uma espécie de peneira) que serve de sustentação para o verdadeiro elemento filtrante, que consiste nas palhas (cascas) do malte. Por essa razão, esse tipo de filtro demanda que a moagem do grão tenha sido feita com rolos, para preservar as cascas (MORADO, 2017).

Após a filtração do mosto primário, adiciona-se água ao bagaço, extraindo parte do mosto ainda embebido nas cascas (mosto secundário). A temperatura dessa água deve ser elevada, de modo a evitar a extração excessiva de polifenóis, o que pode prejudicar o sabor da cerveja (MORADO, 2017).

O mosto, sem a fervura, seria física e microbiologicamente instável. O objetivo do aquecimento é estabilizar o mosto nos aspectos biológicos, bioquímico e coloidal, preparando-o para a fermentação, além de estabelecer as principais características de aroma e sabor do produto final (MORADO, 2017).

Nesta etapa de fervura, o mosto recebido através do processo de filtração é cozido (TROMMER, 2011).

Segundo Tschope, 2001, a fervura deve ser intensa, pois é responsável pela esterilização do mosto, eliminando micro-organismos que poderiam concorrer com a levedura pelos nutrientes. Ela também exerce função importante na definição da cor e do sabor da cerveja, devido à caramelização e à reação com os açúcares e aminoácidos contidos no mosto.

É também durante a fervura que acontece a lupagem, ou seja, é adicionado o lúpulo, a terceira matéria-prima fundamental na fabricação de cerveja. Normalmente, a adição é feita em duas etapas: a primeira visa conferir amargor e a segunda presta-se à adição dos aromas florais, herbais e mesmo condimentados do lúpulo. A adição de lúpulo nos últimos 30 minutos da fervura é chamada de *late hopping* (MORADO, 2017).

Para Morado, 2017, parte das proteínas contidas no mosto aglutina-se durante a fervura, formando o chamado “trub”, que precisa ser separado e retirado para que a cerveja tenha estabilidade no brilho e um sabor mais suave. O método utilizado para separar o trub é o redemoinho, que usa a força centrípeta para concentrá-la no centro do tanque, facilitando seu descarte. Depois o mosto passa pelo processo de resfriamento que é necessário para que atinja a temperatura desejada para a

fermentação. Em geral, são utilizados trocadores de calor (circuito aberto com a utilização de água no processo). O resfriamento deve ser feito o mais rápido possível, para evitar a formação de aromas indesejáveis e o risco de contaminação. O mosto, então, é areado para fornecer à levedura o oxigênio de que ela necessita para a multiplicação celular, fase importante na formação de aromas.

O processo de fermentação consiste basicamente na transformação, pela levedura, de açúcares em dióxido de carbono e etanol. Muitos outros compostos são formados nesta etapa, como subprodutos do metabolismo da levedura. Procura-se, então, administrar a fermentação de modo a favorecer a produção e a manutenção dos aromas desejáveis e a eliminação dos indesejáveis. Os fatores mais importantes que concorrem para isso são: a temperatura de fermentação, a duração, a contrapressão, a escolha adequada da levedura e a qualidade a ser empregada (MORADO, 2017).

Os principais processos de transformação da glicose são a fermentação e a respiração aeróbica. Uma molécula de glicose “respirada” libera energia suficiente para recarregar 38 “ATP”s e uma molécula de glicose “fermentada” produz apenas 2 “ATP”s (TROMMER, 2011).

De 2,06 g de extrato (açúcares fermentescíveis) tem-se, após a fermentação com levedura, 1g de álcool, 0,95g de gás carbônico e 0,11g de levedura (TROMMER, 2011)

Na respiração, a multiplicação da levedura é elevada, ocorrendo muita formação de biomassa e no lugar da água o álcool (TSCHOPE, 2001).

A maturação ocorre após a retirada das leveduras, que, em geral, ocorre em temperaturas inferiores às de fermentação. Durante esta fase acontecem reações físico-químicas que transformam o aspecto visual e produzem alguns aromas e sabores. Essa etapa é considerada por muitos o “afinamento” da cerveja. Algumas cervejarias, que se dedicam à produção de cervejas especiais, aproveitam esta etapa para fazer a adição de especiarias, frutas ou lascas de madeira, que conferem características próprias de aroma e sabor à bebida (MORADO, 2017).

Segundo Tschope (2001), os objetivos do processo de maturação são:

*Clarificação: é feita pela sedimentação do fermento residual e partículas amorfas diversas;

*Estabilidade coloidal: ocorrem pela formação seguida da sedimentação de complexos protéicos, insolúveis a baixa temperatura (“trub” a frio);

*Carbonatação: é feita pela formação de CO₂ no processo de fermentação secundário em alguns casos.

A precipitação das leveduras e a formação, a baixa temperatura, de complexos de proteínas e polifenóis, ajudam na clarificação da cerveja (MORADO, 2017).

Além da formação dos subprodutos, segundo Trommer (2011), aparecem na fermentação e maturação outras transformações, que são:

- *Transformações da composição das proteínas;
- *Cor da cerveja;
- *Retirada de materiais amargos e adstringentes;
- *Clarificação e estabilização coloidal da cerveja;
- *Absorção do CO₂ pela cerveja.

A filtração da cerveja promove o acabamento brilhante, eliminando quase totalmente as leveduras que ainda restam no final da maturação. Em alguns casos, são utilizadas centrífugas antes da filtração, para reduzir ainda mais a quantidade de células em suspensão, aumentando a eficiência do processo. O método mais utilizado é a filtração com o uso de terra diatomácea. Durante a filtração da cerveja ocorre a absorção e a peneiração, onde as células de fermento e substâncias turvantes da cerveja pronta são absorvidos e peneirados, através dos materiais de apoio (TROMMER, 2011).

Certas cervejas como, por exemplo, cervejas de trigo e algumas, chamadas de “autênticas”, não passam pelo processo de filtração para que as leveduras ainda sejam mantidas mesmo depois de envasada a bebida (MORADO, 2017).

Para Morado (2017), o último processo de produção é o envase ou a fase de embalagem e despacho ao consumidor final é um momento crítico para o futuro do produto, porque ele deixa o recipiente, no ambiente controlado em que foi gestado, e é exposto ao ambiente externo, que pode ser agressivo. A assepsia das instalações, dos barris e das garrafas é fundamental para assegurar a qualidade e a estabilidade da cerveja.

Neste processo a cerveja depois de filtrada, é depositada em barris, em temperatura da ordem de zero grau. Os barris, previamente lavados, e o enchimento é feito sob pressão. Normalmente, utiliza-se CO₂ ou N₂ e, às vezes, uma mistura dos dois gases, com o intuito de favorecer a estabilidade da espuma (MORADO, 2017).

A cerveja é uma bebida muito sensível, sujeita a deterioração rápida. Com o desenvolvimento do processo de pasteurização e de sistemas avançados de

refrigeração, a cerveja envasada tornou-se mais estável, o que permitiu sua distribuição para localidades distantes da cervejaria. O setor de engarrafamento é crítico no tocante ao controle de qualidade, porque é também passível de contaminações. E a limpeza do local e dos vasilhames são processos que consomem água em grande quantidade (MORADO, 2017).

A pasteurização consiste em aquecer a bebida com seu recipiente e rolha, em torno de 60°C, por um período curto, de modo a proporcionar um ganho na sua estabilidade, microbiológica, eliminando micro-organismos que podem alterar o sabor. Existem outros métodos de pasteurização (KUNZE, 2006).

2.4 Composição e qualidade nutricional da cerveja

A cerveja é composta por 90 a 95 % de água, 2 a 6 % de etanol, 2 a 6 % de extrato residual, 0,35 a 0,50 % de dióxido de carbono (ROSA; AFONSO, 2015).

Possui pH entre 4 e 5 e a acidez varia de 57 a 145 mg de ácido acético por litro. A acidez advém dos ácidos orgânicos que são subprodutos das leveduras, sendo importante por contribuir para o sabor, aroma e também por influenciar no pH que afeta na percepção de amargor e estabilidade do sabor. O que também afeta o aroma e o sabor são os álcoois superiores, que estão presentes em pequenas quantidades mas são capazes de afetar a qualidade da cerveja. Os ésteres em concentrações apropriadas são responsáveis pelo aroma e sabor frutado (ARAÚJO; SILVA; MINIM, 2003).

Cerveja pilsen contém 41 Kcal em 100 mL de cerveja, representando 2 % das necessidades energéticas diárias, 3,3 g de carboidratos e 0,6 g de proteínas (UNICAMP, 2011).

Apresenta ação diurética devido à alta relação potássio/sódio. Seus principais minerais são cálcio, fosforo, potássio, zinco e magnésio. Também possui quantidades apreciáveis de vitaminas do complexo B, principalmente niacina e piridoxina (UNICAMP, 2011; ROSA; AFONSO, 2015).

A cerveja também é fonte de polifenóis, presentes no malte (70 a 80 %) e no lúpulo (20 a 30 %). Estes compostos apresentam elevada atividade antioxidante pela sua capacidade de sequestrar radicais livres que causam oxidação do DNA das células (SIQUEIRA, BOLINI, MACEDO, 2008).

O lúpulo, presente na cerveja, possui funções anti-inflamatórias e antibióticas (KONDO, 2003). Também é fonte de prenilflavonóis responsáveis por diversos efeitos biológicos benéficos. E a concentração de procianidina, epicatequinas e ácido ferúlico é maior na cerveja do que no vinho branco, conferindo-lhe maior capacidade antioxidante (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008).

2.5 Gasto de energia na produção de cerveja

A energia hidroelétrica é a principal fonte de energia utilizada para produzir eletricidade no país. Atualmente, 90% da energia elétrica consumida no país advém de usinas hidrelétricas (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005). Por isso, é importante ressaltar alguns pontos de gasto energético na produção de cerveja.

A análise energética quantifica a energia diretamente consumida ou indiretamente utilizada em pontos previamente estabelecidos de um determinado sistema produtivo (HESLES, 2012).

O uso de energia e de tecnologias de uso final acarretou mudanças qualitativas para o ser humano proporcionando o aumento da produtividade econômica e maior conforto da população. Serviços energéticos somente são obtidos através da combinação de tecnologia, infra-estrutura e suprimento de energia (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005).

Este conceito pode ser estendido para o caso de sistemas agrícolas, pois segundo Netto e Dias (2014), a energia e agricultura estão intimamente vinculadas. Essa vinculação se apresenta em todas as interações presentes em um agroecossistema.

Estudando a contabilidade energética no setor agropecuário, Hesles (2012), afirmou que há quatro tipos de abordagens de análises energéticas: por produto, por sistema de produção, por propriedade e por tamanho de propriedade.

Já no processo de produção de cervejas, a maior porcentagem de consumo energético, segundo Siret (2001), é no sistema de refrigeração. Também o almoxarifado consome energia, no transporte interno e externo, na lavagem de garrafas e pasteurização da cerveja.

Entretanto, Koroneos et al. (2008), aponta que os maiores consumidores de energia são a produção de garrafas, seguido pelo envase. Ele afirma ainda que o uso de energia primária na caldeira na obtenção da cerveja contribui para o aquecimento

global, para a destruição da camada ozônio, acidificação, eutrofização, toxicidade humana, ecotoxinas, etc.

Já para Morado (2017), dentre o ciclo de vida completo da cerveja, desde a preparação da matéria-prima até o descarte do produto, o maior consumidor de energia elétrica está na produção de garrafas. Contudo, quando se foca no estudo apenas a área produtiva da cerveja, dentro da fábrica, a refrigeração é o ponto onde se consome mais energia. O fato da cervejaria ser um grande consumidor de eletricidade faz com que ela seja de forte influência sobre o meio ambiente, sempre dependendo de como essa energia é gerada (hidroelétrica, fóssil e etc).

A distribuição de energia e o uso de fonte de energia por subsistemas são vistos na sequencia abaixo, segundo Koroneos et al. (2008): 85 % na produção de garrafas; 6,1 % na produção de cervejas; 3,9 % no transporte, armazenamento e distribuição; 3,1 % na aquisição de matéria-prima; 2,0 % no envase.

Para Kunze (2006), os pontos de maior consumo de energia no processo de obtenção das cervejas são: a brassagem, o envase de cervejas, a malteação e a refrigeração, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Pontos de maior consumo de energia no processo produtivo

| Setor | Consumo de energia na forma de vapor (KWh/hl) | Consumo de energia elétrica (KWh/hl) |
|--------------|--|---|
| Brassagem | 16,3 | 0,24 |
| Envase | 6,53 | 0,45 |
| Refrigeração | - | 3,36 |
| Malteação | 60 | 7,3 |

Fonte: Kunze (2006).

Já para Sorrell (2000), são gastos em uma cervejaria 60 a 80 KWh/hl de energia para aquecimento e 10 KWh/hl de energia elétrica para abrir válvulas, luz etc. Os dois em conjunto consomem de 70 a 90 KWh/hl de cerveja pronta. No processo de produção de cervejas, o consumo de energia térmica e elétrica estimada varia conforme o quadro 5.

Quadro 5 – Consumo de energia elétrica e térmica para aquecimento

| Energia elétrica | Consumo (%) | Energia térmica | Consumo (%) |
|-------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Refrigeração | 30-40 | Brassagem | 30-40 |
| Envase | 15-35 | Envase | 20-30 |
| Compressores de ar | 10 | Espaço de aquecimento | 10 |
| Iluminação | 6 | Utilidades | 15-20 |
| Outros | 10-30 | | |

Fonte: Sorrell (2000).

O custo da energia no orçamento geral de uma cervejaria fica em torno de 2 a 8%, dependendo do tamanho da cervejaria e outras variáveis (NRC, 2010).

2.6 Importância e consumo de água no Brasil e no mundo

A água é vital para a existência de todos os organismos vivos, mas este recurso valioso vem sendo ameaçado de modo crescente à medida que populações humanas aumentam e demandam maior quantidade de água de alta qualidade para fins domésticos e atividades econômicas (TUNDISI, 2010).

A água é disponível sobre várias formas, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. É encontrada principalmente no estado líquido, constituindo um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico (BRAGA et.al, 2005).

Ocupando 71 % da superfície do planeta, 97 % deste total se constituem águas salgadas, 2,07 % são águas doces em geleiras e calotas polares (água em estado sólido) e apenas 0,63 % restam de água doce não totalmente aproveitados por questões de inviabilidade técnica, econômica, financeira e de sustentabilidade ambiental (MAIA NETO, 2007).

O Brasil que tem aproximadamente 14 % das águas doces do Planeta é um país privilegiado com relação aos seus recursos naturais, e, entre estes, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos têm relevante papel ecológico, econômico, estratégico e social (TUNDISI, 2010).

Em termos globais a situação brasileira em relação à disponibilidade hídrica é confortável, sendo que 80 % da água doce do país encontram-se na região Amazônica, ficando os restantes 20 % circunscritos ao abastecimento das áreas do território brasileiro onde se concentram 95 % da população. (MAIA NETO,2007). Apesar dessa riqueza de recursos hídricos, o Brasil sofre com crise hídrica. Isto devido à má gestão pública, uso indiscriminado de rios, lagos e águas subterrâneas, falta de investimentos em preservação ambiental, o consumo indiscriminado e distribuições de água (SILVA et al., 2016).

Segundo a ONU, 40 % da população mundial não dispõe de água para saneamento básico e higiene adequados e 20 % não tem acesso à água potável. A projeção, segundo a taxa de crescimento populacional, é que em 2050 a falta de água atingirá quase 3 bilhões de pessoas (SILVA, 2012).

O Censo IBGE, 2000 mostrou que a população brasileira era de 20.274.412 pessoas. Já em 2010 a população era de 190.732.694 (IBGE, 2010). Observa-se assim, no Brasil um crescimento de 170.458.282 milhões de pessoas em 10 anos (IBGE, 2010).

Nos últimos 60 anos, a população mundial duplicou, enquanto o consumo de água multiplicou-se por sete (CISNEROS, 2012). Os países em desenvolvimento tendem a maior demanda por água devido ao crescimento populacional aliado às expansões industriais e agrícolas. O desperdício médio de água no Brasil é de 35 %, enquanto nos países desenvolvidos 20 % (SILVA, 2012).

O grande crescimento populacional das últimas décadas gerou um aumento na demanda pela água e o uso descontrolado desse recurso. Este uso descontrolado vem contribuindo tanto com o preocupante cenário de escassez de água quanto na degradação da qualidade das águas superficiais e de subsuperfície com o lançamento de esgotos doméstico e industrial, contaminação por agrotóxicos e fertilizantes e disposição inadequada de resíduos sólidos (BRAGA, et.al., 2005).

Apesar de todo o desperdício, ainda não há uma convenção ou tratado, no direito internacional, que dispõe sobre o uso racional e a preservação da água. A cada três anos existe o Fórum Mundial da Água que reúne representantes de governos, organizações internacionais, organizações não governamentais, instituições financeiras e indústrias, além de cientistas, especialistas em assuntos hídricos, empresários e acadêmicos, sendo uma iniciativa relevante. Contudo, embora conte com a participação de delegações oficiais de diversos países, não se trata de evento oficial da Organização das Nações Unidas (ONU) (PINTO, 2017).

A carência de água pode ser, para muitos países, um dos fatores limitantes ao desenvolvimento, pois o modelo tecnológico até então elaborado com base na exploração indiscriminada dos recursos naturais, está esgotado (MAIA NETO, 2007).

O consumo de água do Brasil é distribuído da seguinte forma: 47 % para irrigação, 26 % para urbanização, 17 % para indústria, 2 % rural, 8 % animal (CISNEROS, 2012).

Na questão de lançamentos de esgotos domésticos, segundo o MMA/ANA (2007), citado por BICUDO et al. (2010), 54 % dos domicílios têm coleta de esgoto, mas somente 20 % do esgoto urbano passa por alguma estação de tratamento.

A gestão dos recursos hídricos, assim como um consumo consciente, é extremamente importante para que as pessoas usufruam da água em todos os setores de maneira equilibrada (SILVA et al., 2016).

2.7 Consumo de água no processo de fabricação da cerveja

A indústria brasileira de bebidas apresenta elevada produção acarretando um elevado consumo de água, já que esse recurso é utilizado tanto no produto quanto no processo de fabricação. A água, além de ser o ingrediente majoritário, também é usada, direta ou indiretamente, em todas as etapas de fabricação como resfriamento/aquecimento (caldeiras), lavagem (como fluído auxiliar) e diluição/afastamento/depuração de efluentes, sendo portanto, consumida em elevada quantidade (CAVALCANTE; MACHADO; LIMA, 2013).

Estima-se que a média anual de ingestão de líquidos do brasileiro é de 730 litros, já que a água é a maior parte da composição das bebidas pode-se notar que 484 litros são somente de água (BNDS, 2006).

O consumo de cada setor varia para cada empresa, sendo influenciado por diversos fatores como higiene do ambiente, embalagem utilizada, capacidade produtiva, disponibilidade hídrica, cultura da comunidade local e da empresa, tecnologia empregada, e quantidade de equipamentos que necessitam de limpeza (HESPANHOL; MIERZWA, 2005).

O consumo *per capita* anual médio de cerveja do brasileiro é de 52,8 litros, com isso, pode-se afirmar que o consumo de água, direta ou indiretamente, nas cervejarias é bastante expressivo (BRASIL, 2012).

A água é o ingrediente principal da cerveja, correspondendo à 93% da formulação. Ela deve ser inócua, livre de contaminações, dura (com alto teor de cálcio e magnésio) para servir de nutriente para as leveduras fermentativas, clorada e sem presença de ferro. O pH deve ser ajustado para 5,0 afim de potencializar o efeito do cloro (que deve estar entre 0,1 a 0,2 ppm de cloro livre, pois acima deste valor há formação de cloranfenicol na cerveja) e efeito da ação enzimática, pois as α e β amilases e as proteases presentes nos grãos só atuam em pH baixo (REBELLO, 2009).

Na estação de tratamento de água, há três tipos de água, sendo a água cervejeira (que entra no processo) – são utilizados de 4 a 5 litros de água para produzir 1 litro de cerveja; água industrial (com mais cloro para ser usada na higienização da indústria) e a água de utilidades (para caldeira e refrigeração, com baixo teor de cloro e cálcio). Afim de evitar contaminações na cerveja são realizadas análises microbiológicas de controle na água cervejeira, sendo elas, coliformes totais e fecais, bolores e leveduras (REBELLO, 2009).

Uma cervejaria eficiente usa em média 8 litros de água para produzir 1 litro de cerveja (EC, 1997).

A água é o maior resíduo de uma cervejaria. São estimados em média 10 litros, para um litro de cerveja (KANAGACHANDRAN e JAYARADRAN, 2001).

Já para Venturini Filho & Cereda (2001), necessita-se de 7 litros de água no processo para se obter 1 litro de cerveja pronta.

Para Tschope (2001), nas cervejarias americanas se utilizam 7 litros de água para se obter 1 litro de cerveja.

Na produção da cerveja entre 90 a 95% de água é utilizada em todas as etapas no processo cervejeiro, utiliza-se de 8 litros de água no processo de fabricação (VAN der MERWE e FRIEND, 2002).

Kunze (2006), descreve que nas cervejarias europeias se utilizam 7 litros de água para se obter 1 litro de cerveja pilsen.

Koroneos et al. (2008), cita que para se produzir 1 litro de cerveja necessita-se de 8 litros de água no processo.

Para Nogueira (2010), descreve que nas cervejarias se utilizam 7 litros de água para se obter 1 litro de cerveja pilsen.

Segundo Trommer (2011), informa que para se produzir 1 litro de cerveja necessita-se de 8 litros de água no processo.

Já para Ortiz (2014), nas cervejarias do sul do Brasil se utiliza 8 litros de água no processo de produção de cerveja para se obter 1 litro pronto.

Segundo Morado (2017), no processo de fabricação de cerveja a indústria utiliza de 8 litros de água para ter 1 litro de cerveja pronta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido mediante pesquisa exploratória a partir de literatura específica e informações de profissionais com experiência, atuação e conhecimento da realidade do setor cervejeiro.

Elaborou-se um cadastro de empresas representativas do setor cervejeiro para posterior contato no sentido de estabelecer interação positiva com a pesquisa em curso, propondo-se, dessa forma, a disponibilização de informações.

Em uma cervejaria, antes de começar um projeto para analisar o gasto de água, é preciso conhecer o fluxo e composição do produto, gerados nos diferentes processos, assim como a variação dessas características no tempo (PARENTE; SILVA, 2002).

Após contato com empresa que se dispôs a participar da pesquisa, aplicou-se um questionário (Apêndice A) junto ao pólo industrial, baseada em visitas técnicas, com intuito de conhecer o fluxograma do processo de produção, com ênfase na produção de cerveja pilsen contemplando suas interfaces produtivas, por intermédio de pesquisa quantitativa e qualitativa.

A indústria cervejeira onde ocorreram as visitas técnicas é uma empresa privada, e seu anonimato decorre da solicitação dos seus dirigentes. Para efeito de sua caracterização e identificação no trabalho, utilizou-se do nome fictício de “CBP”.

Estima-se que, atualmente, essa empresa esteja entre as maiores empresas fabricantes de cerveja do Brasil, com cinco unidades no País e três mil funcionários diretos, produzindo 10 milhões de hectolitros de cerveja anualmente. É a maior envazadora do mundo de long neck com 78.000/hora.

A escolha pela cerveja Pilsen se dá por ser o tipo mais consumido pelo brasileiro, sendo que 98 % da cerveja consumida no Brasil é do tipo Pilsen, caracterizada como de cor clara, teor médio de extrato, baixa fermentação e baixo teor alcoólico (BNDS, 2006).

As figuras de 3 a 11 mostram a produção da cerveja pilsen na cervejaria “CBP”. Depois de todas as etapas de produção de cerveja pilsen conhecidas, foi calculada a quantidade de água gasta por dia e por ano na cervejaria “CBP”.

Figura 3 – Início do processo de moagem



Foto: Antonio Mendes Júnior -2018

Figura 4 – Processo de moagem



Foto: Antonio Mendes Júnior -2018

Figura 5 – Sala de mostura



Foto: Antonio Mendes Júnior -2018

Figura 6 – Caldeira de mostura



Figura 7 – Mosto



Figura 8 – Adega de fermentação



Figura 9 – Processo de filtração



Foto: Antonio Mendes Júnior -2018

Figura 10 – Adega de maturação



Foto: Antonio Mendes Júnior -2018

Figura 11 – Processo de limpeza de vasilhames



Foto: Antonio Mendes Júnior -2018

Atualmente o sistema utilizado para o resfriamento na cervejaria “CBP” é composto por trocadores de calor (circuito aberto com a utilização de água no processo), onde a água é descartada a cada processo produtivo, acarretando assim um consumo excessivo de água. Vale ressaltar que neste processo a água não tem contato com a cerveja (mosto), sua função é de resfriar o produto, através dos trocadores de calor. Por tanto, foi elaborado um projeto piloto com a reutilização da água para o processo de resfriamento.

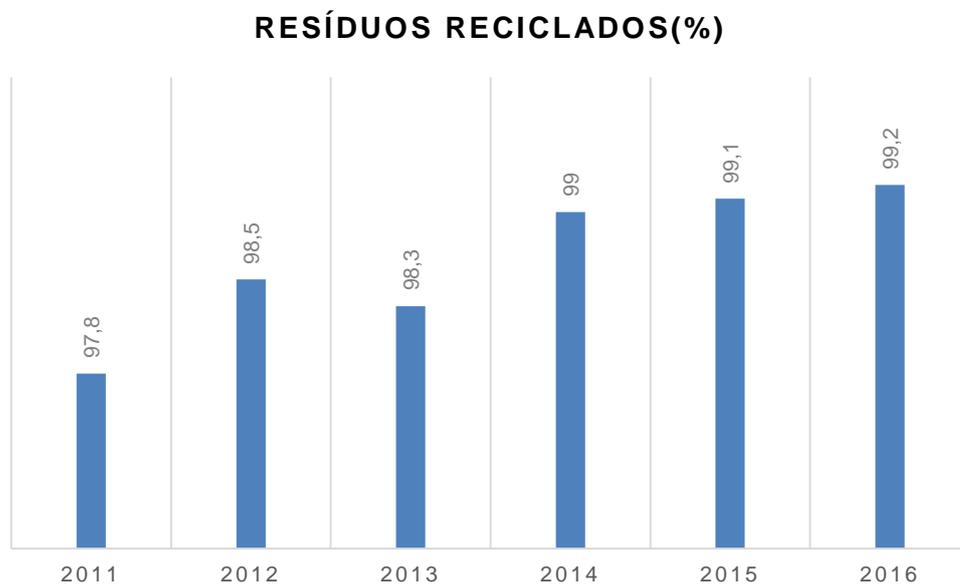
A cervejaria “CBP” conta com seis poços artesianos (Figura 12), proveniente do aquífero de Itararé. Possui dois tanques com capacidade de 10 milhões de hectolitros de água (Figura 13). O custo da água utilizada na produção de cerveja pilsen é de R\$0,001 por litro de água. Com essa informação foi calculado o custo de água para produção de cerveja antes e após a mudança do sistema de resfriamento.

Figura 12 – Esquema dos poços artesianos



O controle de qualidade da empresa é rígido, sendo que a água é sempre analisada antes de entrar no processo produtivo, assim como todos os outros ingredientes.

Há também uma grande preocupação com a sustentabilidade, sendo que existem projetos afim de preservar a flora e reflorestar, conservar os recursos hídricos, reduzir impactos negativos de resíduos na comunidade e integração e educação ambiental (Figura 14).

Figura 13 – Tanque de água.**Figura 14 - Porcentagem de resíduos reciclados por ano.**

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho tem como resultado uma análise das possibilidades de reutilização da água. Antes de analisar as necessidades de tratamento de água, deve realizar-se uma análise crítica das possibilidades de reutilização da água.

Afim de fazer uma verificação crítica de alternativas de processos que resultem em menor consumo de água e redução de perdas de matérias primas e/ou produtos ou subprodutos (PARENTE; SILVA, 2002) foi analisado passo-a-passo no processo de produção da cerveja pilsen.

Através do questionário aplicado na cervejaria e de todas as visitas técnicas foi possível saber que o processo todo de produção é feito na mesma planta fabril. A cevada malteada vem da Argentina, o lúpulo da Alemanha, a levedura (fermento) é da própria empresa e água proveniente do aquífero de Itacaré. Algumas máquinas utilizadas no processo são moinhos, dornas de misturas, tina de clarificação, filtros, aquecedores, fermentadores, lavadoras e enchedoras.

Os resultados orbitam sobre análise do fluxograma do processo de fabricação de cerveja levando como base a adição da água em seu processo. O fluxograma representativo é apresentado na Figura 15 a partir do processo de produção com a adição da água, e a mensuração da quantidade de água utilizada a cada etapa do processo de fabricação.

Já no fluxograma da Figura 16, demonstra o processo de envase com a adição da água e a quantidade da mesma utilizada a cada etapa do processo de fabricação.

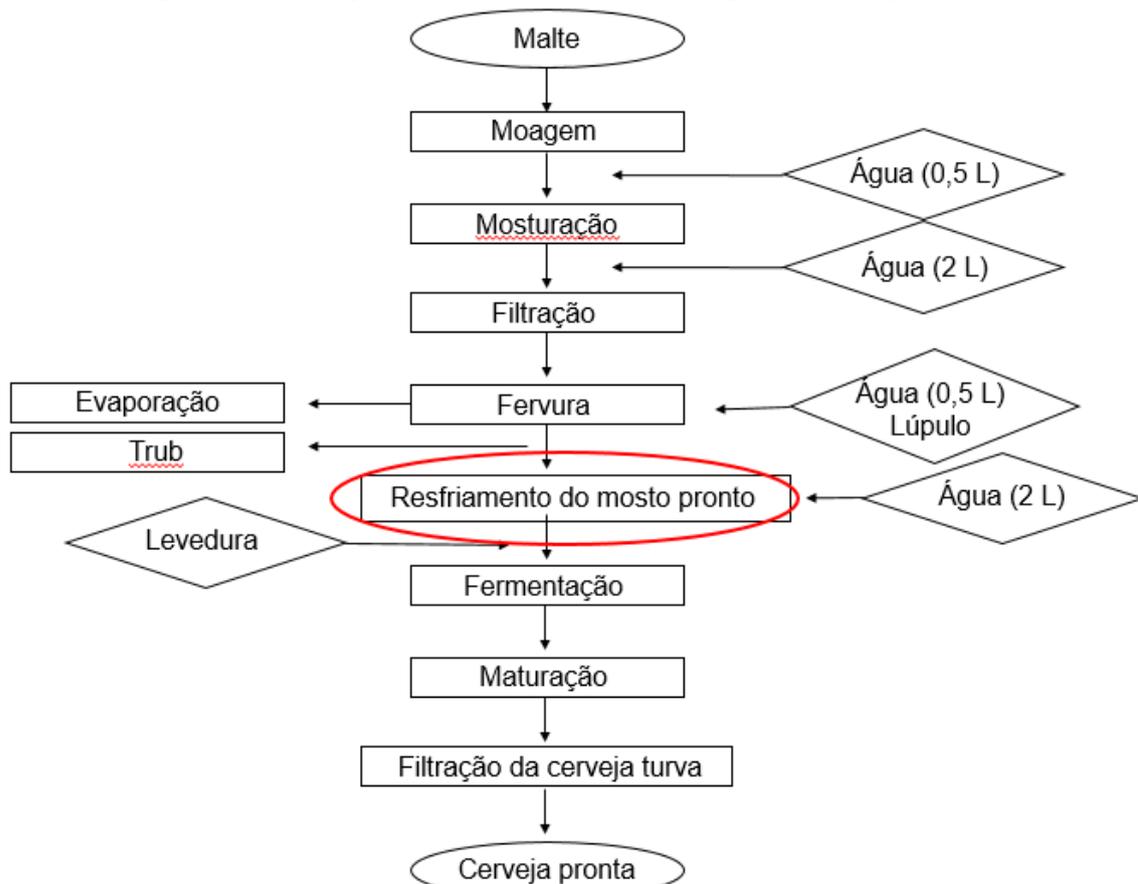
Assim, observa-se na Figura 15 o fluxograma do processo de produção da cerveja, com todas as entradas de insumos, matérias primas e água (vale ressaltar, que a quantidade de água informada em cada processo de produção, leva-se em consideração a proporção de 1 litro de produto acabado (cerveja pronta)).

O processo se inicia a partir da entrada da cevada malteada (a primeira matéria-prima de entrada, consiste no grão denominado de malte) que chega vinda da Argentina e armazenada em silos com capacidade de 300 mil Kg cada. O esvaziamento desse silo leva de 23 a 24 horas.

A cevada é transportada por um sistema de tubulação pelo interior da fábrica, chegando à máquina de moagem (moinho), onde é adicionado 0,5 litro de água/litro de cerveja nesse processo.

Num segundo momento, no processo de mosturação (mostura), consiste em adicionar uma grande quantidade de água ao malte moído (2 litros/litro de cerveja), onde o mesmo é submetido a diferentes temperaturas por períodos de tempo determinados. Como resultado, obtém-se uma solução denominada mosto.

Figura 15 - Fluxograma do processo de fabricação da cerveja



Em seguida, ocorre o processo chamado de filtração que consiste na separação do mosto líquido do bagaço de malte.

Após a filtração do mosto, a etapa seguinte conhecida como fervura, adiciona-se 0,5 litro de água/litro de cerveja, juntamente com o lúpulo. Nesse processo o mosto deverá ser submetido à fervura intensa, trazendo aroma e sabor.

Depois o mosto passa pelo processo de resfriamento que é necessário para que atinja a temperatura desejada para a fermentação. Nesse processo há um grande consumo de água, 2 litros de água/litro de cerveja. Observa-se que o sistema utilizado para o resfriamento são trocadores de calor (circuito aberto com a utilização de água no processo), onde a água que se utiliza nesse processo é descartada, a cada

processo produtivo, acarretando assim um consumo excessivo de água. Vale ressaltar que neste processo a água não tem contato com a cerveja (mosto), sua função é de resfriar o produto, através dos trocadores de calor.

O próximo processo é conhecido como fermentação, consiste basicamente na transformação da levedura em açúcares, em dióxido de carbono e etanol. Na adega de fermentação o fermento fica 5 dias nesta sala onde existem tanques com capacidade de 900, 600 e 240 mil litros.

Já no processo de maturação ocorre a retirada das leveduras. Depois se pode citar o processo de filtração da cerveja cuja função principal é de eliminar quase totalmente as leveduras que ainda restam no final da maturação.

Observa-se abaixo na Figura 16 o fluxograma do processo de envase ou a fase de embalagem e despacho ao consumidor final, que consiste inicialmente na lavagem, utilizando uma solução de soda caustica diluída em água. Esse processo consome 2 litros de água/litro de cerveja.

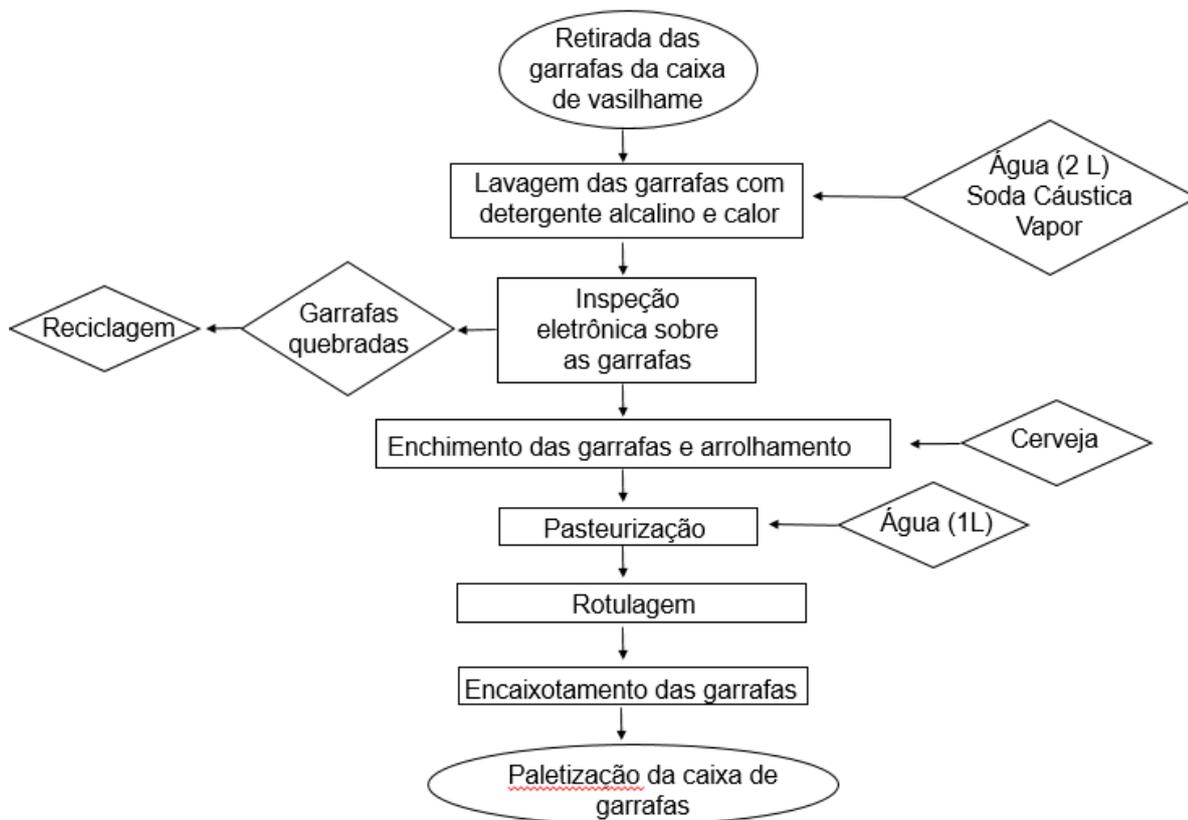
Após a lavagem, passa-se para a etapa conhecida como inspeção das garrafas, onde se analisa o estado físico de cada garrafa, seguido pelo processo de enchimento, sendo colocada rolha metálica e enviada para a pasteurização.

Já no processo de pasteurização consiste em aquecer a bebida, por um período curto, com o intuito de eliminar os micro-organismos. Esse processo acarreta a utilização de 1 litro de água/litro de cerveja. Após a pasteurização, a garrafa é rotulada, encaixotada em caixas de plástico, paletizadas e retiradas do processo via empilhadeira para o depósito de cervejas.

Em todo processo produtivo da cervejaria “CBP” são utilizados 10 milhões de hectolitros de água por dia.

Dessa forma, analisando os fluxogramas, pode-se verificar que se utiliza 8 litros de água para se fazer um litro de cerveja, na cervejaria do estudo “CBP”, acarretando assim, um grande consumo de água em seu processo de fabricação. Vale ressaltar que segundo a bibliografia estudada, esse valor de consumo está na média de consumo das grandes cervejarias (KANAGACHANDRAN; JAYARADRAN, 2001; VENTURINI FILHO; CEREDA, 200; TSCHOPE, 2001; KORONEOS et al., 2008; ORTIZ, 2014).

Figura 16 - Fluxograma do processo de envase da cerveja



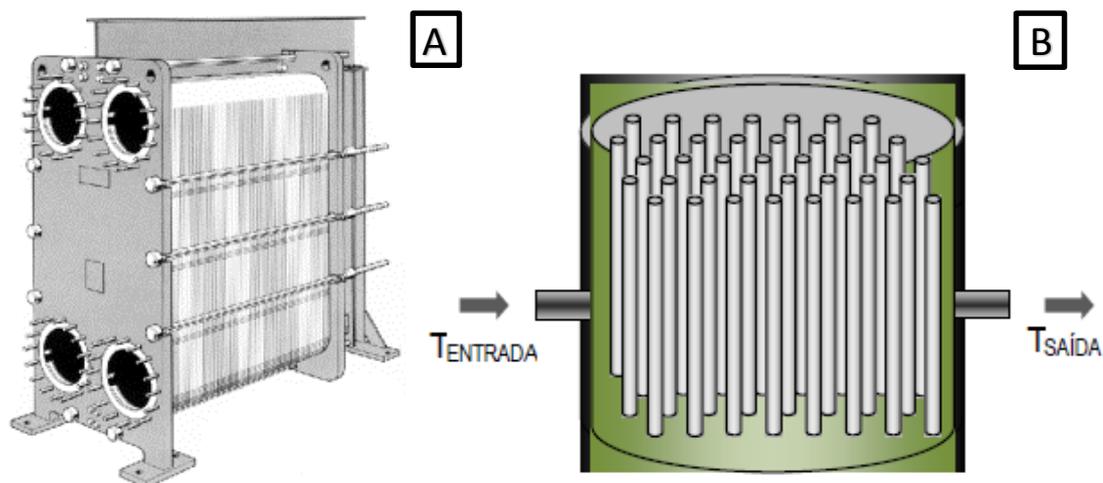
Segundo Parente e Silva (2002), para melhorar os processos produtivos, visando reduzir ao mínimo a emissão de efluentes líquidos, é preciso reutilizar a água ao máximo em outras atividades, ou fazer com que ela volte ao processo industrial, sem prejudicar o produto qualitativamente.

A proposta desse trabalho baseado no fluxograma considera-se uma alteração no processo de resfriamento, nesse processo há um grande consumo de água, 2 litros de água/litro de cerveja.

Observou-se que o sistema utilizado para o resfriamento do mosto são trocadores de calor com circuito aberto, onde a água é descartada, acarretando assim um consumo excessivo de água. Nesse processo a água não tem contato com a cerveja (mosto), sendo sua função resfriar o produto através dos trocadores de calor.

Baseado neste processo deve-se alterar para um circuito fechado onde a água não será descartada, e sim reutilizada. A figura 17 A demonstra o sistema de resfriamento com circuito fechado e a 17 B mostra a parte interna do sistema, onde o processo se inicia com a entrada do mosto cervejeiro em contato com os tubos com água gelada, acarretando o resfriamento do mosto.

Figura 17 - A- Sistema de resfriamento do mosto B- Parte interna do sistema de resfriamento



Devido à essa melhoria na utilização de água no processo, o consumo diminuiu em média para 6 litros de água para fabricar 1 litro de cerveja, uma economia de 2 litros de água/litro de cerveja (Figura 18 e 19).

Figura 18 – Quantidade de água gasta por dia na cervejaria “CBP”

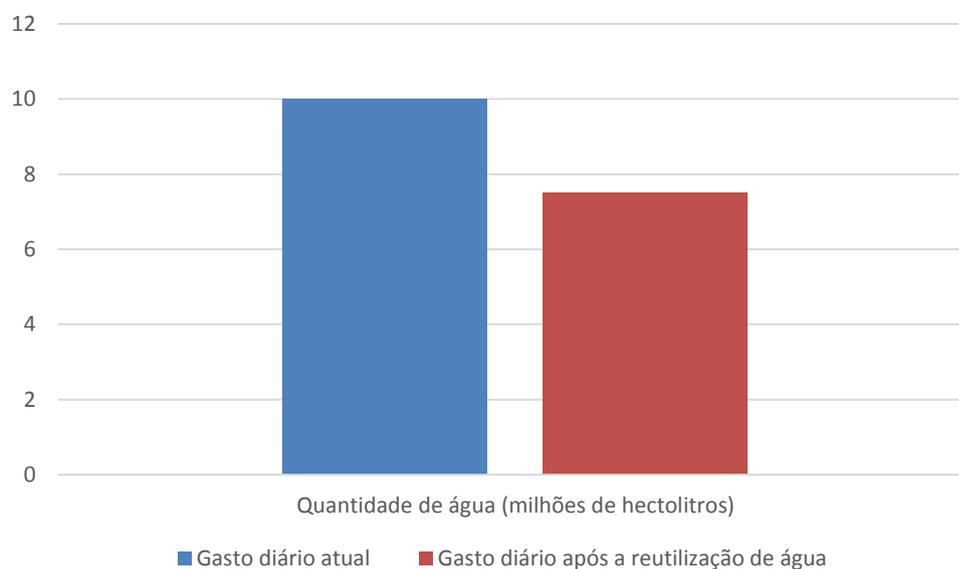
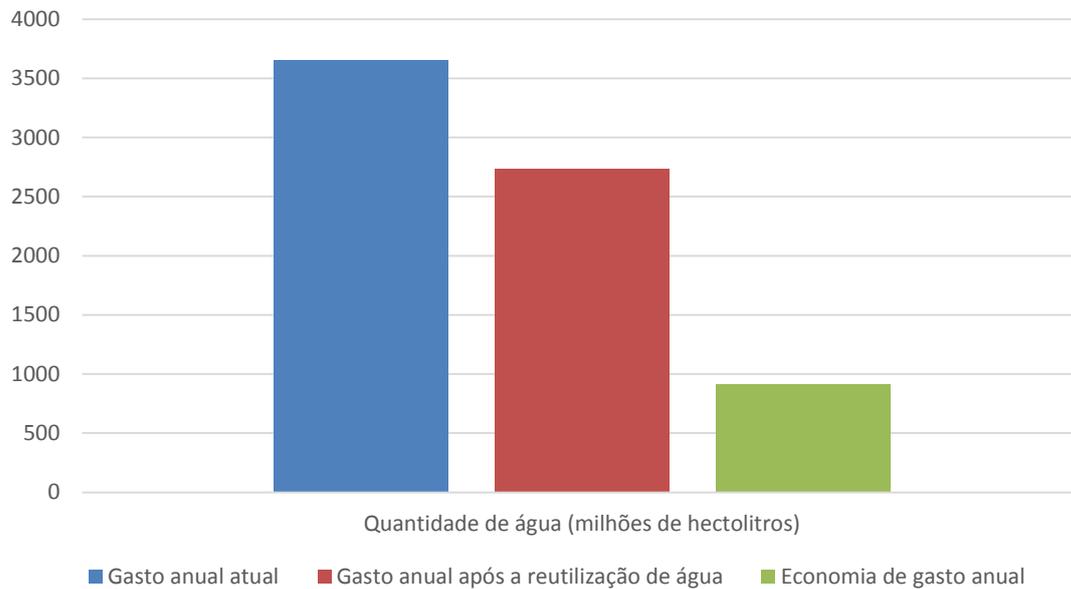
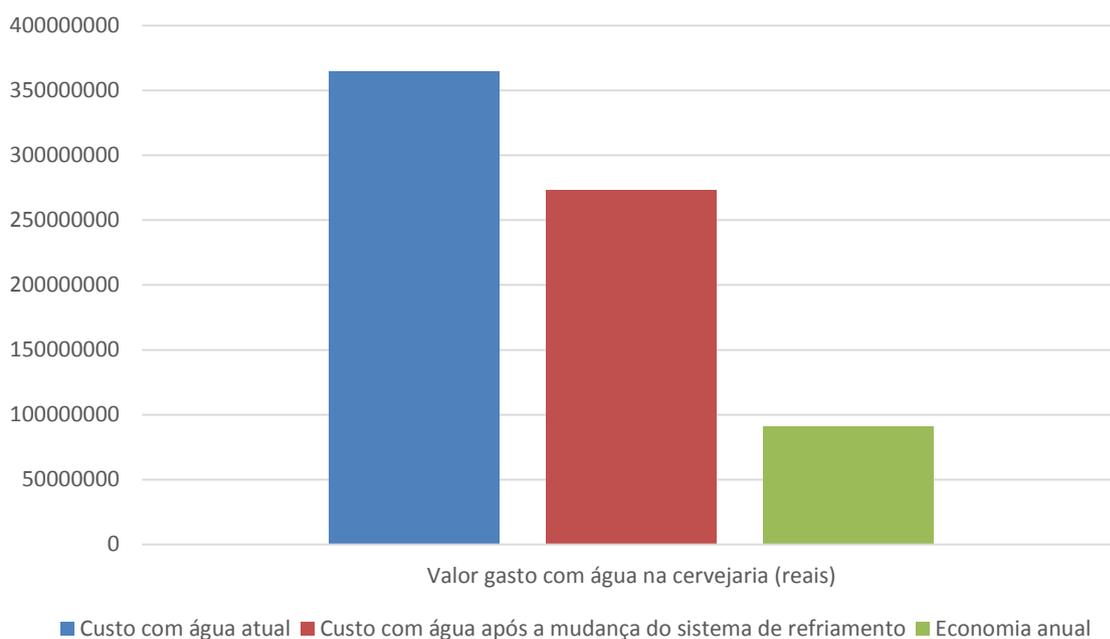


Figura 19 – Quantidade de água gasta por ano na cervejaria “CBP”



Sabendo que o custo do litro de água na cervejaria “CBP” é de R\$0,001, com a economia causada pela mudança no processo de resfriamento do mosto foi gerada uma economia de 91.250.000 reais por ano na cervejaria (Figura 20).

Figura 20 – Custo e economia gerada com água na cervejaria “CBP” com a mudança do sistema de resfriamento



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo reflete a necessidade de buscar alternativas produtivas mais sustentáveis.

Uma alternativa seria melhorar o processo de produção nas cervejarias, investindo em tecnologia com processos mais eficientes.

A utilização de processos tecnológicos na produção de cerveja que reduzam a quantidade de água e, conseqüentemente, a produção de efluentes é de extrema importância para o setor industrial e coerente com a preservação dos recursos hídricos.

No caso dessa cervejaria foi possível economizar 25 % da quantidade de água utilizada para produção de um litro de cerveja pilsen.

Por fim, tendo identificado que é possível uma economia expressiva de água na produção de cerveja, ainda é nicho de literatura escassa no Brasil. Faz-se fundamental a necessidade de dar continuidade aos estudos sobre o tema para abranger mais cervejarias e melhorar ainda mais o desenvolvimento do processo produtivo de cerveja. Como continuidade para próximos trabalhos é possível analisar o processo de pasteurização, onde a água também é desprezada.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e as discussões apresentadas neste estudo, pode-se concluir que:

Foi gerada uma economia de 2 litros de água para cada litro de cerveja produzida através da alteração para um circuito fechado com reutilização da água no processo de resfriamento.

REFERÊNCIAS

ANA- Agência Nacional das Águas. Indicadores De Qualidade - **Índice De Qualidade Das Águas**. Disponível em:

<<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 26 setembro 2015.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. Washington, D.C.: **American Public Health Association**, 1995. 1137 p.

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 dos Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 121-128, 2003.

BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G. **Águas do Brasil Análises Estratégicas**. São Paulo- SP. ed. Instituto de Botânica, 2010.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N; EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental, **O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo, SP: Editora Pearson, 2005.

BRASIL. **Produção de cervejas e refrigerantes**. SICOBE - Sistema de Controle de Produção de Bebidas. Brasília: Receita Federal do Brasil, 2012.

BRASIL. **Empresa de Pesquisa Energética. Balanço energético nacional 2017: ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em:

<<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioInicial2017.aspx>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, **dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 jun. 2009. Seção 1. Disponível em:

<http://www.anvisa.gov.br/legis/decretos/6871_.htm>. Acesso em: 13 abr. 2018.

CAVALCANTE, L. M.; MACHADO, L. C. G. T.; LIMA, A. M. M. Avaliação do desempenho ambiental e racionalização do consumo de água no segmento industrial de produção de bebidas. **Revista Ambiente e Água**, v. 8, n. 3, Taubaté, 2013.

CISNEROS, J. B.; TUNDISI, J. G.; **Diagnóstico del Agua en las Américas**. Delegación Benito Juárez – México. ed. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC, 2012.

COELHO-COSTA, E. R. Turismo cervejeiro no Brasil: uma realidade? **Turismo & Sociedade** (ISSN: 1983-5442). Curitiba, v. 11, n. 2, p. 336-357, maio-agosto de 2018.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade de águas interiores do estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília: CONAMA, 2005.

DEBERDT, A. J. **Qualidade de água**. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/biologia/prociencias/qagua.htm>>. Acesso em: 26 setembro 2015.

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

EC. Environmental Canadá. **Technical Pollution Prevention Guide for Brewery and Wine Operations in the Lower Fraser Basin**. DOE FRAP 97-20. 1997

GOLDEMSBERG, J.; MOREIRA, J. R. Política energética no Brasil. **Estudos avançados**, v. 19, n. 55, p. 215-228, 2005.

HESLES, J. B. S. **Objetivos e princípios da análise energética, análise de processos industriais, análise energética: métodos e convenções**. Rio de Janeiro: AIE-COPPE/UFRJ, 2012. 137 p.

HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C. **Água na Indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de textos da USP, 2005, 143p.

HLATKY, M. **Bier brauen Fuer Jedermann**. Leopold Stocker. Verlag. Germany, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Censo 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default_populacao.shtm>. Acesso em: 07 de novembro de 2015.

KANAGACHANDRAN, K., JAYARADRAN, R. Utilization Potencial of Brewery Waste Water Sludge as an Organic Fertilizer. **Journal of The Institute of Brewing**. 112, 2, 92-96, 2001.

KLING, K., Bier SelbstGebraut. Die Werkstatt. Verlag. Germany, 2006.

MEIER, J. P. Prozesswärme: Waschen, Kochen, Trocknen. Sonne Wind & Wärme. 1, 46-53, 2012.

KONDO, K. Preventive effects of dietary beer on lifestyle-related diseases. **EBC Proc.**, Dublin, n. 1, p.133, 2003.

KORONEOS C; ROUMBAS G; GABARI Z; MOUSSIOPOULOS N.; Life Cycle Assessment of Beer Productions in Greece. **Journal of Cleaner Production**, 13, 433-439, 2008.

KUNZE, W. **La cerveza terminada**. In: KUNZE, W. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlin, 2006. cap. 7, p. 826-885.

KUNZE, W. **Tecnología para Cerveceros y Malteros**, VBL, Berlin Germany, 2006.

MAIA NETO, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 2007.

MEGA, J.F.; ANDRADE, A. A Produção de Cerveja no Brasil. **Revista CITINO – Ciência, Tecnologia, Inovação e Oportunidade**, 2011.

MENDES JÚNIOR, A. A., GOES, P. S., SOUZA, D. F., DORO, M. A. **'Reutilização del agua en las cervecerías Brasileñas'** In: IV Congreso Internacional sobre Gestion y Tratamiento Integral del Agua, 2012, Córdoba. Córdoba: Fundacion ProDTI, 2012. v.1. p.49

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. São Paulo. Ed. Alaúde, 2017.

MÜLHER, A. M.; PAULUS, G.; BARCELLOS, L. A. R. **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. 1. ed. Porto Alegre: EMATER, 2000.

NETTO, A. G.; DIAS, J. M. C. S. **Política energética para a agricultura**. In: Simpósio sobre energia na agricultura, tecnologia poupadoras de insumos, integração de sistemas energéticos e produção de alimentos, 2014, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2014. p. 3-22.

NOGUEIRA, A. D. Lúpulo: A Essência da Cerveja. **Revista Engarrafador Moderno**. São Paulo: Ed. Aden. 22-29, 2010.

NRC - Natural Resources Canadá. **Energy Efficiency Opportunities in the Canadian Brewing Industry**, 2010.

ORTIZ, P.R.B., **Análise do Consumo Energético do Processo de Produção de Cerveja Artesanal por Batela**. 2014.70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2014.

PARENTE, A. H.; SILVA, E. A. B. Redução de efluentes na indústria alimentícia. **Revista Química e Tecnologia**, v.1, n. 1, p. 58-67, 2002.

PAZ, V.P.da S.; TEODORO, R. E. F; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.4, n.3, set-dez. 2000.

PINTO, E. Geopolítica da água. **Revista de Geopolítica**, v. 8, nº 1, p. 19 - 32, jan./jun. 2017.

REBELLO, F. F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, p. 145-155, 2009.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A química da cerveja. **Química e Sociedade**, v. 37, n. 2, p. 98-105, 2015.

SILVA, C. H. R. T. **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Boletim do legislativo, Brasília, D.F., n. 23, 2012. Disponível em: www.senado.gov.br/senado/conleg/boletim_do_legislativo.html, acesso em 10 de dezembro de 2018.

SILVA, E. M. S. et al. SUSTENTABILIDADE E RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: o uso indiscriminado de água, **Revista Maiêutica**, Indaial, v. 4, n. 1, p. 57-66, 2016.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 491-498, 2008.

SIRET, T. Life Cycle Assessment of a Basic Lager Beer (LCA). **International Journal of LCA**, 6, 293-298, 2001.

STEFENON, R., Vantagens Competitivas na Indústria Cervejeira: O Caso das Cervejas Especiais. **Revista Capital Científico-Eletrônica (RCCe)**. Brasil, 2012.

TSOCHPE, E. C., **Microcervejarias e Cervejarias: A História, a Arte e a Tecnologia**. São Paulo. Ed. Aden, 223p., 2001.

TROMMER, M. W., **Brasilien – Bier markt mit Potenzial. Brauwelt**. Hans Carl Fachverlag. Germany, 2011.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e cervejarias: a história, a arte e a tecnologia**. São Paulo: Aden, 2001. 224p.

TUNDISI, J. G. Apresentação. In: **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. Org: Bicudo, C. E. M.; Tundisi, J. G.; Scheuenstuhl, M. C. B.. São Paulo, Instituto de Botânica, 2010.

VAN der MERWE, A. I., FRIEND, J. F. C. Water Management at a Malted Barley Brewery. **Water SA**, v. 28, n. 3, p. 313-318, 2002.

VENTURINI FILHO, W. G.; CEREDA, M. P. Cerveja. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W.; LIMA, U. A. **Biotechnologia Industrial: Biotechnologia na Produção de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. cap. 4, p. 91-144.

SLEIMAN, M.; VENTURINI FILHO, W. G. Utilização de extratos de malte na fabricação de cerveja: avaliação físico-química e sensorial. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 145-143, 2004.

SORRELL, S. Barriers to Energy Efficiency in the UK Brewing Sector. **Science and Technology Policy Research (SPRU)**. Un. of Sussex. 2000.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2011. 161 p. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

VERÇOZE, M. O. V.; OLIVEIRA, M. A. de; PANIS, S.; CÂMARA, F. de M. M, **Avaliação preliminar da qualidade das águas do rio Poti, na zona urbana de Teresina – PI**. VII CONNEP- Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, Tocantins, 2012.

VIOTTI, E. Coleção Folha **O Mundo da Cerveja**. Brasil, Argentina e Uruguai. Folha de São Paulo. Brasil. 2012.

APÊNDICE A – Questionário aplicado na empresa “CBP”

1) Como está mapeado o processo de produção para a obtenção da cerveja?

2) Esse processo é feito todo em apenas uma planta fabril?

3) Como é adquirida a matéria-prima para a fabricação da cerveja?

4) Quais são as máquinas utilizadas no processo produtivo?

5) Qual é a quantidade de matéria-prima para fabricar um litro de cerveja?

6) Quais são os insumos não produtivos utilizados na produção da cerveja?
