

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GUSTAVO FAGUNDES

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA CIP EM MICRO CERVEJARIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA
2021

GUSTAVO FAGUNDES

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA CIP EM MICRO CERVEJARIA

Optimization of cip system in microbrewery

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Engenheiro Químico do Curso Superior em Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR campus Londrina.

Orientador: Prof. Larissa Maria Fernandes

LONDRINA
2021

GUSTAVO FAGUNDES

OTIMIZAÇÃO DO CIP EM MICRO CERVEJARIA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 30/Dezembro/2021

Larissa Gatti
Dra. Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Lucimara Lopes da silva
Dra. Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Maurício Tavares
Especialização em Tecnologia Avançada Cervejeira
Instituto da Cerveja Brasil

Dedico este trabalho à minha família, por
ter me dado todo apoio durante meus
anos de estudo.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que estiveram comigo, me apoiando e me dando suporte durante todos estes anos de formação.

Agradeço a todos os professores, em especial à minha professora orientadora Larissa Gatti, por toda dedicação e ensinamento, principalmente em um cenário de pandemia, onde todos deram o seu melhor para garantir a qualidade de ensino.

Por fim, agradeço também à minha família e minha companheira Caroline Takiguchi por todo o incentivo, que foi fundamental para mim, especialmente nos momentos mais difíceis da formação.

"Saber muito não lhe torna inteligente. A inteligência se traduz na forma que você recolhe, julga, maneja e, sobretudo, onde e como aplica esta informação."

(SAGAN, Carl, 1934 - 1996)

RESUMO

O mercado cervejeiro vem crescendo consideravelmente nos últimos anos no Brasil e com isso observa-se a popularização das micro cervejarias e cervejarias artesanais, tendo como principal diferencial a qualidade do produto e a diversidade de estilos. O presente trabalho foi um estudo de caso realizado em micro cervejaria localizada no município de Londrina, visando apresentar melhorias no processo de limpeza e sanitização dos equipamentos, otimizando o processo *clean in place* (CIP) e com isso conseguir benefícios econômicos, segurança alimentar e segurança de processo. A cervejaria em questão realiza o processo de CIP com as seguintes etapas: enxágue, limpeza alcalina com soda caustica 50%, enxágue intermediário e sanitização com ácido peracético. Foi proposto no trabalho algumas mudanças no processo para melhorar a eficiência de higienização, reaproveitamento de soluções químicas, economia de reagentes, água e segurança no processo. Dentre as hipóteses propostas, conclui-se que a adição de aditivos na soda caustica é de extrema importância para o processo, objetivando garantir a qualidade da limpeza orgânica e inorgânica em uma única etapa e com isso reduzir o retorno de barris por contaminação, economizando também água de enxágue. Para garantir a segurança dos colaboradores no momento de dosagem dos produtos conclui-se que é extremamente importante o uso de bombas dosadoras.

Palavras-chave: *clean in place*; micro cervejaria; aditivação de soda; limpeza; sanitização.

ABSTRACT

The brewing market has been growing considerably in recent years in Brazil and with this we can observe the dissemination of micro breweries and craft breweries, with the main difference being the quality of the product and the diversity of styles. The present work was done in a micro brewery located in the city of Londrina, in order to present improvements in the equipment cleaning and sanitization process, optimizing the clean in place (CIP) process and thereby achieving economic goals, food safety and a safety process. The brewery in question perform the CIP process with the following steps: rinsing, alkaline cleaning with 50% caustic soda, intermediate rinsing and sanitizing with peracetic acid. Some changes in the process were proposed in the work to improve the efficiency of cleaning, reuse of chemical solutions, economy of reagents, water and safety in the workplace. Among the proposed hypotheses, it is concluded that the addition of additives in caustic soda is extremely important for the process, in order to ensure the quality of organic and inorganic cleaning in a single step and so reduce the return of barrels by contamination, also saving rinse water. To ensure the safety workplace when the employees are dosing products, it is concluded that the use of dosing pumps is extremely important.

Keywords: clean in place. micro breweries. soda additive. cleaning. sanitization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma de Processo	13
Figura 2 : Moinho de Rolos	14
Figura 3: Tinas de Brassagem	15
Figura 4: Refratômetro Digital	16
Figura 5: Tina de Mostura	17
Figura 6: Tina de Clarificação e Lavagem dos grãos	18
Figura 7: Tina de Fervura	19
Figura 8: Trocador de Calor de Placas.....	20
Figura 9: Sistema de Oxigenação do Mosto com Visor.....	21
Figura 10: Fermentador.....	23
Figura 11: Câmara Fria	24
Figura 12: <i>Clean in place</i> de um Tanque Fermentador	25
Figura 13: Ponto Morto em Escoamento.....	27
Figura 14: Bomba de CIP	31
Figura 15: Incrustação Mineral	33
Figura 16: Aditivo Para Soda Cáustica.....	34
Figura 17: Central CIP.....	35
Figura 18: CIP Móvel.....	36
Figura 19: Bomba Dosadora	37
Figura 20: Reservatório ibc 1000 Litros.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 MOAGEM DOS GRÃOS	13
2.2 BRASSAGEM.....	14
2.2.1 MOSTURAÇÃO	15
2.2.2 CLARIFICAÇÃO E LAVAGEM	17
2.2.3 FERVURA	18
2.4 RESFRIAMENTO.....	19
2.5 FERMENTAÇÃO	21
2.6 ENVASE.....	23
2.7 LIMPEZA E SANITIZAÇÃO.....	24
2.7.1 <i>CLEAN IN PLACE</i>	25
2.7.2 <i>CLEAN OUT PLACE</i>	27
2.7.3 DESENHO SANITÁRIO	27
2.7.4 CLASSIFICAÇÃO DAS SUJIDADES	28
2.7.5 CLASSIFICAÇÃO DOS DETERGENTES	28
3 METODOLOGIA.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 LIMPEZA ÁCIDA.....	32
4.2 PRODUTOS FORMULADOS.....	33
4.3 ADITIVOS.....	33
4.4 CENTRAL CIP.....	34
4.5 CIP MÓVEL.....	35

4.6 BOMBAS DOSADORAS	36
4.7 REUSO DE SOLUÇÕES	37
4.8 VALIDAÇÃO	38
5 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

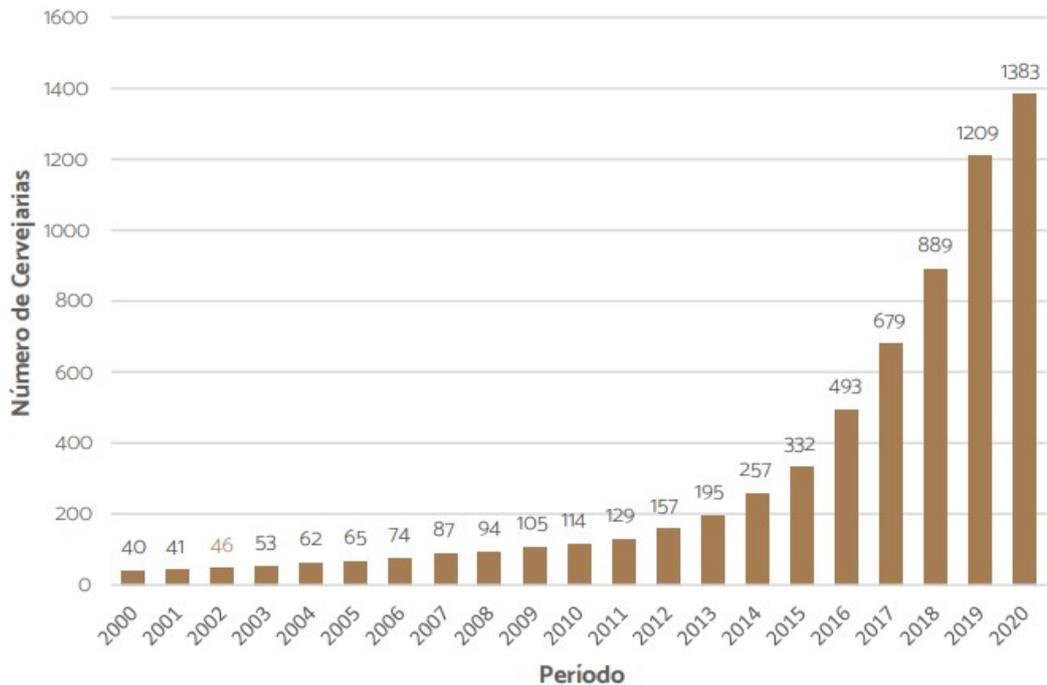
A cerveja é bebida alcoólica mais consumida no mundo e sua origem se dá por volta de 8000 anos, onde se tem registros de uma bebida considerada mágica fermentada de polpa de cereal pelos povos sumérios. O código de Hamurabi, criado na Mesopotâmia 1750 a.C já regulamentava a venda de cervejas e até punia com a morte o cervejeiro que fraudava suas receitas (MARCUSO, 2015). A produção de cerveja também era muito famosa no Egito antigo, sendo produzida principalmente pelos padeiros. Em fevereiro de 2021, arqueólogos descobriram o que pode ser a mais antiga fábrica de cerveja, localizada em Abidos no Egito.

Em 1516 foi decretado pelo Duque da Baviera Guilherme IV a lei da pureza da cerveja (Reinheitsgebot), permitindo que fosse utilizado apenas três ingredientes na fabricação da bebida, água malte e lúpulo. Apesar de muitos considerarem uma lei que garantia a qualidade da cerveja, historiadores defendem que essa foi uma lei de controle de alimentos com o objetivo de excluir o trigo dos ingredientes, limitando-o apenas para produção de alimentos (BECK, 2015).

Segundo a legislação Brasileira, cerveja é a bebida alcoólica fermentada a partir do mosto de malte da cevada, água e lúpulo. É permitido também a adição de adjuntos, como milho, arroz e trigo, para substituir o malte de cevada, porém não passando de 45% em peso em relação ao extrato primitivo.

Atualmente, a produção de cerveja é considerada uma atividade industrial, gerando empregos e movimentando a economia de diversas regiões no mundo. Segundo o sindicato nacional de indústria da cerveja, o Brasil é o terceiro país que mais produz cerveja no mundo, produzindo 133.346 milhões de hectolitros por ano, ficando atrás apenas da China em primeiro e dos Estados Unidos em segundo. No ano de 2020 registrou-se o número de 1383 cervejarias abertas no Brasil, e foi o primeiro ano onde todos os Estados brasileiros possuem uma cervejaria, o que demonstra um grande crescimento do setor no país (MAPA, 2020).

Figura 1: Cervejarias no Brasil



Fonte: Anuário da Cerveja (2020)

Um dos processos mais importantes na produção de uma cerveja de qualidade é a higienização dos equipamentos, tubulações e ambiente produtivo, sendo fundamental para garantir segurança ao consumidor, evitando contaminações químicas e biológicas. A contaminação da cerveja pode alterar o caráter sensorial do produto e até mesmo trazer riscos de saúde para o consumidor, sendo assim, é extremamente importante o cuidado com a etapa de higienização

Em indústrias de bebidas a higienização dos equipamentos fechados e tubulações é feita pelo método *Clean in Place* (CIP) que é extremamente eficiente se realizado de maneira correta. O CIP consiste, comumente, nas etapas de enxágue com água, recirculação de solução com detergente alcalino, segundo enxágue com água, recirculação de solução com detergente ácido, terceiro enxágue com água, recirculação com solução sanitizante e enxágue final com água.

O objetivo deste estudo de caso foi analisar pontos de melhoria no processo CIP da cervejaria Fábrica 1, propondo soluções mais econômicas, garantindo a higienização dos equipamentos, qualidade do produto, segurança alimentar, e evitando ao máximo o desperdício de água, assunto que vêm se tomando a pauta em diversos debates ao redor do mundo (TAMIME, 2008).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo de produção de cerveja pode ser descrito por uma série de operações que pode ser visualizada mais facilmente na figura 2, que mostra um fluxograma simplificado do processo, tendo como objetivo principal transformar o açúcar extraído do malte de cevada em uma bebida alcoólica. Os ingredientes fundamentais para fabricação de uma cerveja são:

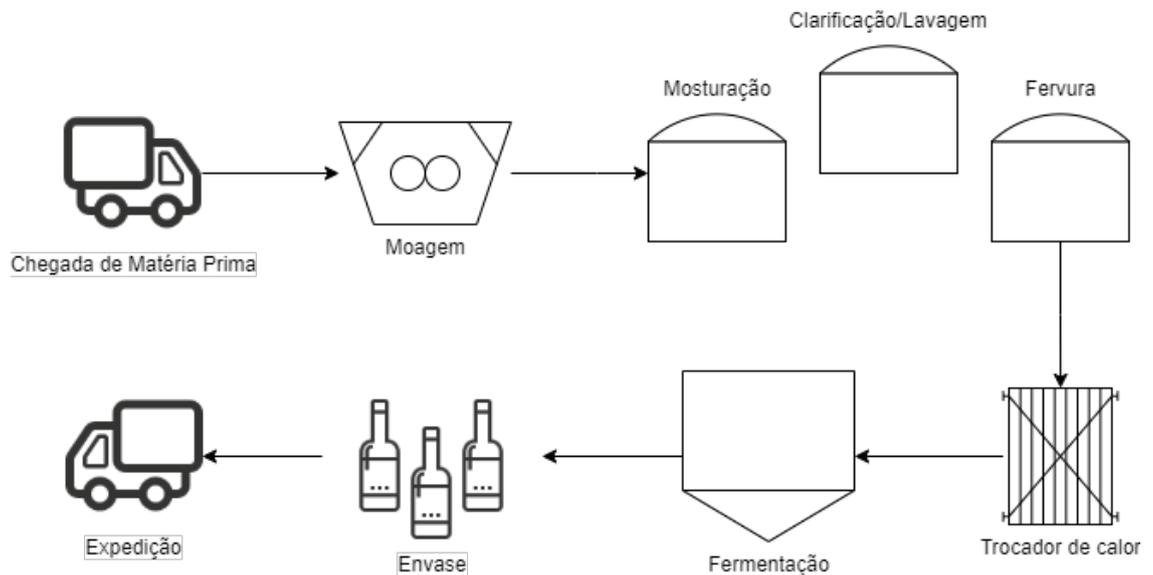
- **Água:** Ingrediente principal, corresponde a mais de 90% da formulação e deve apresentar laudo de potabilidade para consumo humano. Muitas empresas utilizam água purificada por osmose reversa, adicionando depois os sais minerais necessários para manter o padrão e qualidade da receita, e ajudar na etapa de fermentação.

- **Malte:** É o cereal que passou pelo processo de malteação, que consiste nas etapas de: maceração, que é uma umidificação controlada; germinação, onde ocorre a ativação enzimática; secagem, finalização da germinação e secagem dos grãos (PORTO, 2011). No caso do processo de produção de cervejas é utilizado majoritariamente o malte de cevada.

- **Lúpulo:** Ingrediente que confere amargor e aroma à cerveja. Adicionado no processo de fervura do mosto, onde ocorre a isomerização do alpha ácido. Pode ser adicionado também na etapa de fermentação levando características aromáticas de seus óleos essenciais.

- **Levedura:** Responsável pela fermentação alcoólica do mosto. Existem dois tipos principais de leveduras para fermentação de cervejas, a *Saccharomyces cerevisiae*, responsável pela fermentação das cervejas do tipo ale, e a *Saccharomyces pastorianus*, responsável pela fermentação das cervejas do tipo lager (LODOLO, 2011).

Figura 2: Fluxograma de Processo



Fonte: Draw.io (2021)

2.1 MOAGEM DOS GRÃOS

Processo realizado geralmente por um moinho de rolos, com o objetivo de quebrar o grão e expor o amido e as enzimas, alpha e beta amilase, presente em seu interior à água (DA COSTA JUNIOR, 2019). No processo artesanal o grão deve ser quebrado ao meio, mantendo a integridade de sua casca, pois a presença dela será fundamental para o processo de filtração. Uma moagem muito fina, aumentará a eficiência da conversão no processo de mosturação, porém pode afetar negativamente o processo de filtração, pois acarretará uma grande perda de carga, podendo até entupir a tina.

Algumas indústrias de grande porte dão preferência ao moinho de martelo, onde o malte é triturado completamente, ficando em forma de farelo e consecutivamente aumentando sua eficiência de mostura (RAZA, 2020). Nesse tipo de processo a clarificação é feita por filtros prensa, o que exige um investimento um pouco mais alto.

Figura 3 : Moinho de Rolos



Fonte: Autoria Própria (2021)

2.2 BRASSAGEM

Na cervejaria estudada, a brassagem acontece em uma cozinha tribloco, onde em uma tina é feita a mosturação, em uma segunda tina é realizada a clarificação e lavagem dos grãos, e em uma terceira tina é executada a fervura do mosto. Estes três processos serão explicados a seguir.

Figura 4: Tinas de Brassagem

Fonte: Autoria Própria (2021)

2.2.1 MOSTURAÇÃO

A mostura, no caso da cervejaria Fábrica 1, é o processo onde acontece a transformação do amido presente no malte da cevada em açúcares fermentáveis e não fermentáveis, essa transformação é feita através de duas enzimas amilolíticas, a Alpha-amilase, que transforma o amido em açúcares não fermentáveis (dextrinas) e sua faixa ótima de trabalho é de 68 a 70°C, e a Beta-amilase, que transforma o amido em açúcares fermentáveis (glicose, sacarose) com sua faixa ótima de trabalho entre 61 e 66°C (PALMER, 1999). As duas enzimas atuam no pH ótimo de 5,1.

É importante ressaltar que as características sensoriais finais da cerveja são extremamente afetadas pelas temperaturas utilizadas na mosturação, uma vez que açúcares não fermentados dão um maior dulçor ao produto, e os açúcares fermentáveis trazem uma característica mais seca e alcoólica.

Sabe-se a conversão enzimática aconteceu completamente pelo teste de iodo, onde é colocado em uma superfície branca algumas gotas de mosto junto com uma gota de tintura de iodo, se a mistura ficar preta quer dizer que ainda tem amido na solução, se a mistura ficar levemente avermelhada, a conversão está praticamente completa. A concentração de açúcar no mosto

pode ser medida por um refratômetro, que normalmente indica a concentração em grau platô (°P) que indica a quantidade em gramas de açúcar por 100 mL de solução.

Figura 5: Refratômetro Digital



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Além de transformar o amido do malte em açúcar, a mosturação também tem um papel fundamental na decomposição de proteínas de grande peso molecular em polipeptídeos, estes trazem uma maior estabilidade na espuma da cerveja. Essa conversão é realizada pela enzima protease, sua temperatura de atividade é entre 45 e 55 °C e seu pH ideal é entre 3,7 e 5,3 (PALMER, 1999).

Figura 6: Tina de Mostura



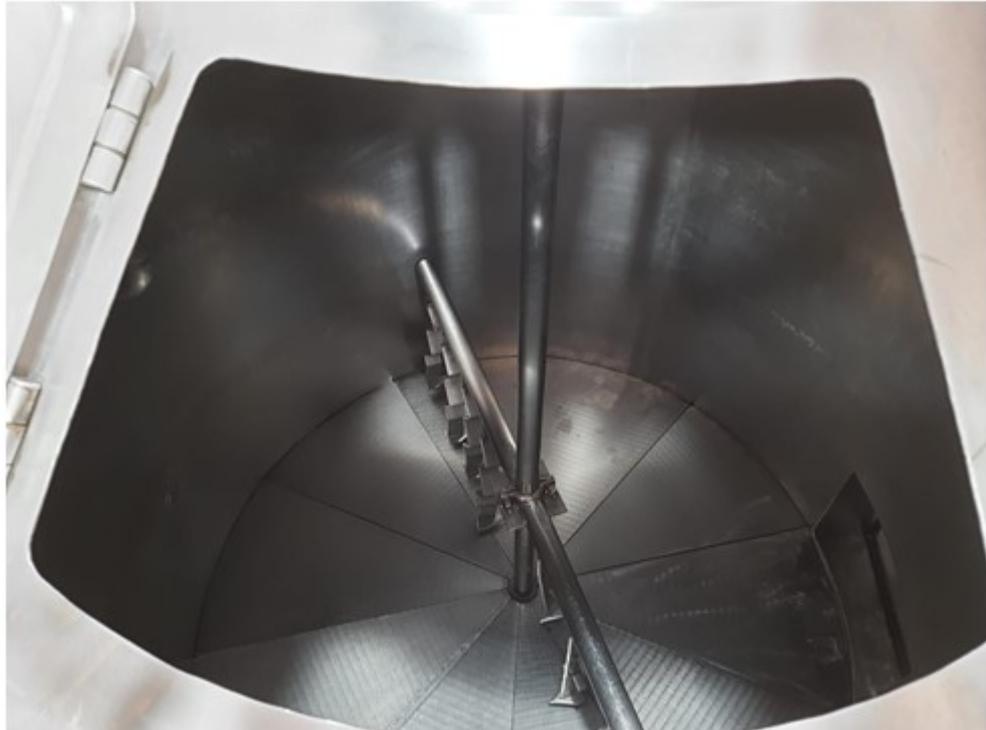
Fonte: Aatoria Própria (2021)

2.2.2 CLARIFICAÇÃO E LAVAGEM

O processo de clarificação ou filtração é o processo onde o próprio malte e sua casca agem como meio filtrante, removendo a maior parte das partículas sólidas do mosto diminuindo assim sua turbidez (VENTURINI FILHO, 2010). Partículas sólidas podem também ser potenciais pontos para contaminação, portanto devem ser eliminadas do mosto nesta operação.

Para tanto, o mosto é encaminhado à uma tina contendo um fundo falso em inox, chamada de tina de filtração ou *Lauter*. Por densidade a casca e os pedaços de malte ficam depositados na camada inferior da cama de grãos e as partículas mais finas vão se depositando nas camadas superiores.

Figura 7: Tina de Clarificação e Lavagem dos grãos



Fonte: Autoria Própria (2021)

Após o mosto ser completamente filtrado ele é enviado à tina de fervura, e o bagaço que continua na tina de clarificação é lavado com água em uma temperatura de 75°C, proveniente de um banco de água quente, nessa etapa será extraído o açúcar que continua no malte, aumentando a eficiência do processo, esses cuidados devem ser tomados para evitar a extração de taninos, que são extraídos em temperaturas próximas de 80 °C e resultam em uma cerveja mais adstringente (MORAES, 2020)

2.2.3 FERVURA

A fervura é um processo extremamente importante para a produção da cerveja, a partir dela é possível concentrar o mosto que foi diluído no processo de lavagem e chegar na concentração ideal, reduzir a carga microbiológica do mosto e evitar contaminações, desativar totalmente as enzimas e evaporar alguns compostos, como o dimetil sulfeto (DMS) (SIQUEIRA, 2009). Nesta etapa também é adicionado o lúpulo ao mosto, que ajudará no sabor e amargor de cada estilo de cerveja.

Figura 8: Tina de Fervura



Fonte: Autoria Própria (2021)

2.4 RESFRIAMENTO

Após sessenta minutos de fervura, o mosto é mantido em repouso onde ocorre a separação de proteínas e pequenas partículas de lúpulo que se depositam no fundo da tina. O sobrenadante é enviado para um trocador de calor, previamente higienizado, que resfria o mosto à uma temperatura de aproximadamente 11 graus Celsius e em seguida é encaminhado para o fermentador, por meio de uma bomba centrífuga.

Figura 9: Trocador de Calor de Placas



Fonte: Autoria Própria (2021)

Após sair do trocador de calor, o mosto resfriado é oxigenado por meio de uma pedra porosa, esse processo acontece em temperaturas baixas, a qual favorece a solubilidade do oxigênio. O oxigênio é um nutriente extremamente importante durante a etapa de adaptação do microrganismo, a qual a levedura sintetiza os componentes estruturais de sua membrana celular, sendo fundamental para sua sobrevivência e reprodução (COSTA, 2021)

Figura 10: Sistema de Oxigenação do Mosto com Visor



Fonte: Aatoria Própria (2021)

2.5 FERMENTAÇÃO

A fermentação é o processo responsável pela transformação dos açúcares do mosto, produzido na brasagem, em álcool e gás carbônico. A levedura é adicionada no mosto aerado, consome rapidamente todo o oxigênio dissolvido e se reproduz, então começa o processo de fermentação anaeróbico, gerando principalmente etanol e CO₂, porém também pode produzir alguns produtos em baixa concentração como ácido acético, ácido lático, ésteres, compostos sulfurados e acetaldeído que são normalmente indesejados no processo (SIQUEIRA, 2008).

Segundo Venturini 2010, a fermentação é um dos processos mais importantes na fabricação da cerveja, deve ser muito bem controlado, pois qualquer erro pode ser crucial para a qualidade da bebida. Existem dois tipos principais de leveduras que atuam nesse processo, as leveduras de alta fermentação, *Saccharomyces cerevisiae*, sua temperatura ideal de trabalho é entre 15 e 22°C e as leveduras de baixa fermentação, *Saccharomyces*

pastorianus, as quais têm a temperatura ideal de fermentação entre 9 e 15°C. Oscilações na temperatura de fermentação podem estressar negativamente o processo o microrganismo, gerando ésteres que influenciam negativamente no aroma da cerveja.

Sabe-se que a fermentação se encerrou quando a levedura deixa de consumir o açúcar presente no mosto, é possível perceber esse ponto realizando medições, uma ou mais vezes por dia, do extrato em °Plato (mg de açúcar por 100 mL) por meio de um refratômetro ou densímetro. Após encerrar a fermentação a cerveja é resfriada e inicia-se o processo de maturação a frio dentro do próprio tanque, com o objetivo de decantar toda ou uma parte da levedura, este processo clarifica a cerveja e pode levar até 3 semanas, dependendo do nível de limpidez que a cervejaria deseja alcançar sem a utilização de filtros.

Algumas cervejarias utilizam filtros que eliminam o processo de maturação a frio, outras adicionam agentes clarificantes que aceleram a decantação da levedura economizando tempo e dinheiro para a aquisição de um filtro.

Figura 11: Fermentador

Fonte: Aatoria Própria (2021)

2.6 ENVASE

O envase é a etapa final do processo, antes da cerveja ser armazenada e sair da fábrica, pode ser realizado em latas garrafas ou barris do tipo *keg*, na cervejaria em questão toda cerveja é envasada em barris previamente higienizados e pressurizados com gás carbônico, para evitar a oxidação, e o envase ocorre por um mecanismo de contrapressão, já que os tanques estão em uma pressão maior que a dos barris.

As válvulas dos barris são higienizadas com solução de ácido peracético e seladas, só então são armazenados em câmaras frias para preservar o produto até que este seja enviado ao cliente.

Figura 12: Câmara Fria

Fonte: Autoria Própria (2021)

2.7 LIMPEZA E SANITIZAÇÃO

Segundo a RDC N° 275 de 21 de outubro de 2002, a higienização é o processo que se divide em limpeza e desinfecção, a limpeza é a operação de remoção de terra, resíduos de alimentos, sujidades e ou outras substâncias indesejadas e a desinfecção é a operação de redução, por método físico ou químico, do número de microrganismos a um nível que não comprometa a segurança dos alimentos. Essa etapa é fundamental para garantir que o produto final (cerveja) não esteja contaminado por microrganismos.

Antes de se inicializar o processo de higienização de uma indústria é necessário se tomar certos cuidados, como: analisar o tipo de superfície e o tipo de material a ser limpo; escolher um produto químico que seja adequado ao material e a superfície; determinar a dosagem do produto, normalmente indicado pelo fornecedor no próprio rótulo; verificar se existe a necessidade de outros processos, como a ação mecânica e aumento de temperatura; determinar a frequência da higienização (Silva, 2010).

2.7.1 CLEAN IN PLACE

Clean in place é um método de limpeza de equipamentos e linhas de tubulações, feita através da recirculação de agentes químicos e água, em condições específicas de velocidade do fluido e turbulência, e sem a necessidade de abrir ou desmontar o equipamento industrial (TAMIME, 2008).

Figura 13: *Clean in place* de um Tanque Fermentador



Fonte: Autoria Própria (2021)

Na indústria cervejeira o processo CIP é feito em 6 etapas, começando com um pré-enxague com água, onde as sujidades mais grosseiras são removidas facilitando as próximas etapas, em seguida se inicia o processo de limpeza alcalina para remoção de sujidades orgânicas, normalmente se utiliza detergentes a base de soda caustica ou uma diluição de NaOH em água com concentrações variando de 1 a 3% (% m/v) (ROCHA, 2017), após a limpeza

alcalina inicia-se um segundo enxágue com água, com o objetivo de remover toda resquício de soda que ficou no equipamento, para validar este processo utiliza-se um indicador de fenoftaleína, indicando uma coloração rosa no caso de NaOH na solução. Após o enxágue realiza-se uma limpeza ácida, com ácido nítrico, que têm por objetivo a remoção de depósitos inorgânicos da superfície, como cálcio e magnésio, que podem estar presentes na água bruta, cerveja ou até mesmo na soda caustica, o enxágue do ácido é feito utilizando laranja de metila, indicador que apresenta coloração avermelhada em meio ácido. Por último, o CIP é finalizado, então executa-se uma sanitização com ácido peracético, com o objetivo de diminuir ou eliminar a carga microbiana do equipamento, é utilizado uma concentração de 50 a 750 ppm, após a sanitização o ácido é purgado e o equipamento é fechado para não entrar em contato com o ambiente externo (SILVA, 2010).

Um dos principais erros cometidos no desenvolvimento e execução de um CIP, é a velocidade do fluido de recirculação, outros parâmetros como a concentração dos produtos químicos e temperatura são facilmente encontrados nas recomendações do próprio fabricante. A velocidade ideal para uma eficiente limpeza de cada etapa é entre 1,5 e 2,1 m/s, pois nessa velocidade o fluido se comporta em regime turbulento, já em velocidades a baixo de 1,5 m/s o fluido tem um comportamento laminar, e não garante uma limpeza completa, deixando zonas mortas no equipamento e tubulação (TAMIME, 2008). Para se classificar um escoamento como laminar ou turbulento, calcula-se o número de Reynolds, o qual é disposto na equação 1, sendo laminar quando menor que 2000 e turbulento quando maior que 2400 (FOX, 2000).

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (1)$$

Em tanques deve ser utilizado um equipamento chamado aspersor, que tem a finalidade de enviar o produto do CIP para as paredes do tanque a partir de jatos, promovendo assim uma limpeza mecânica (FORNI, 2007). Existem diversos modelos de aspersores, mas o mais comum na indústria cervejeira é o spray ball.

2.7.2 CLEAN OUT PLACE

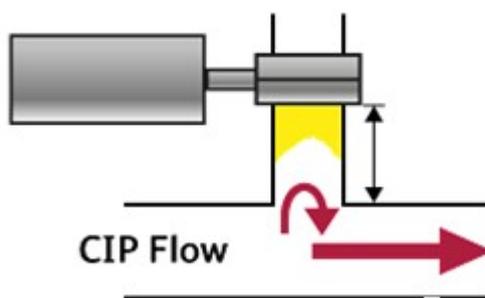
Em algumas circunstâncias, os tanques podem ser limpos manualmente por meio de buchas, fibras ou jatos de alta pressão, porém estes métodos são limitados e por isso não são muito utilizados quando se trata de limpeza de tanques, sendo utilizado apenas para limpezas externas (TAMIME, 2008).

2.7.3 DESENHO SANITÁRIO

Segundo Oliveira (2016), para um equipamento ser considerado sanitário deve ser simples de limpar, para assim garantir uma ótima higienização e prevenção de problemas microbiológicos com o alimento. Para garantir uma limpeza fácil e eficiente o equipamento não deve possuir zonas mortas, soldas grosseiras, materiais não inertes e incompatíveis com alimentos, superfícies não drenáveis, acessibilidade para inspeção e manutenção, possibilidade de contaminação cruzada (DIVERSEY, 2019).

Os pontos mortos em tubulações acontecem quando alguma peça em “T” tem comprimento suficientemente grande na direção do “não fluxo”, impossibilitando a agitação mecânica do escoamento as sujidades presas nesse local. O comprimento máximo do tubo na direção que não passa o fluxo é igual ao diâmetro do tubo onde passa o escoamento turbulento (Diversey, 2019).

Figura 14: Ponto Morto em Escoamento



Fonte: Diversey (2019)

Os equipamentos e tubulações não devem possuir regiões possíveis de acumular produto ou água por muito tempo, pois estas regiões também se caracterizam como ponto morto do sistema sendo difícil de ser limpo mesmo utilizando turbulência e concentração correta de produto para o processo de recirculação (CARRERA, 2015).

2.7.4 CLASSIFICAÇÃO DAS SUJIDADES

Os sólidos que serão limpos nas superfícies dos equipamentos e tubulações podem pertencer à três tipos de natureza: orgânica (proteína, açúcar, óleo), mineral (cálcio e magnésio) ou biológica (fungos e bactérias). A maior parte das sujidades orgânicas podem ser limpas utilizando detergentes alcalinos, os depósitos inorgânicos são removidos geralmente por detergentes ácidos à base de ácido nítrico e a matéria biológica por meio de sanitizantes, o mais comum ácido peracético (TAMIME, 2008).

Biofilme é uma camada composta principalmente de polissacarídeos e glicoproteínas que têm a finalidade de proteger microcolônias de bactérias ou fungos formadas nas superfícies dos equipamentos, quando estes apresentam um ambiente propício para a proliferação e sobrevivência dos microrganismos, como umidade, fonte de energia e rugosidade. Este tipo de sujidade é extremamente difícil de ser removida e por isso deve-se evitar ao máximo sua formação, executando a limpeza CIP corretamente. Para remoção dos biofilmes, deve-se realizar diferentes combinações temperaturas, detergentes, enxágues e desinfecções, utilizando sempre produtos com altas concentrações de surfactantes que aumenta o efeito da limpeza mecânica no regime turbulento, dissolvendo mais facilmente o biofilme na água (LELIEVELDE, et al, 2005).

2.7.5 CLASSIFICAÇÃO DOS DETERGENTES

Os princípios ativos dos detergentes podem ser classificados como:

- Alcalinos inorgânicos;
- Ácidos orgânicos e inorgânicos;
- Surfactantes;
- Sequestrantes.

Detergentes alcalinos são classificados em cáusticos e não cáusticos. Os detergentes alcalinos cáusticos mais comuns são à base de hidróxido de sódio, que apresenta um excelente poder de limpeza e saponificação, além de ser considerado bactericida, porém é extremamente corrosivo em metais sensíveis. O metassilicato de sódio, no entanto, não é corrosivo, apresenta grande poder solvente, emulsificante e de saponificação, porém é pouco bactericida e seu preço costuma ser muito alto, o que o torna pouco utilizado em indústrias (ANTONIOU, 2002).

Ainda segundo Antoniou 2002, Ácidos inorgânicos são utilizados, basicamente, nos processos de limpeza para remoção de depósito inorgânicos como a pedra do leite e a pedra da cerveja. Ácido clorídrico e nítrico são exemplos de ácidos inorgânicos, e o ácido gluconico e tartárico são ácidos orgânicos. Os ácidos orgânicos são considerados bacteriostáticos, ou seja, inibem o crescimento de bactérias, além de apresentarem um poder de corrosão muito baixo, quando comparado com os ácidos inorgânicos.

Os surfactantes agem reduzindo a tensão superficial da água, facilitando a molhabilidade da superfície, o surfactante mais conhecido é o sabão, que ainda é muito utilizado, porém, por precipitar em água gelada não é utilizado em produtos industriais, sendo substituído por surfactantes sintéticos classificados como: aniônicos; catiônicos e anfóteros. Os surfactantes apresentam uma estrutura molecular contendo uma parte hidrofóbica e outra hidrofílica, uma atrai a água e a outra repele, por isto tem afinidade tanto por moléculas polares quanto apolares, como as gorduras. Para ser usado no processo de limpeza o tensoativo deve estar numa concentração acima da concentração micelar crítica (cmc), pois nessa condição micelas serão formadas e estas micelas são responsáveis por englobar as moléculas de gordura que serão removidas promovendo a limpeza (HAYES, 1995).

Os sequestrantes agem com o objetivo de evitar a precipitação de sais de cálcio ou magnésio, presentes na água dura, ou em soda cáustica com alto teor de carbonatos, evitando incrustações. Estas moléculas podem ser classificadas em sequestrantes inorgânicos, como o polifosfato de sódio e pirofosfato tetrasódio, e orgânicos, como o EDTA e o NTA (HAYES, 1995).

3 METODOLOGIA

Este capítulo é um *design* do estudo de caso que descreverá o processo de higienização CIP dos fermentadores da cervejaria fábrica 1, que será fundamental para proposição de melhorias no tópico posterior.

O estudo de caso proposto apresenta um sistema CIP dos tanques fermentadores da cervejaria, que é realizado de maneira manual, onde os colaboradores dosam os produtos químicos diretamente na tubulação da bomba, que é conectada ao tanque para inicializar o ciclo de limpeza. Os produtos químicos são armazenados em bombonas de 50 litros, que são vertidas manualmente no recipiente de medição.

Figura 15: Bomba de cip

Fonte: Autoria Própria (2021).

O processo de enxague inicial é realizado utilizando a água do reservatório, que é direcionada ao tanque por meio de uma bomba centrífuga e em seguida direto para a rede de esgoto, este enxague leva em torno de 50 minutos.

Após o enxague inicial, o tanque é alimentado de água até alcançar 10% de seu volume total, para então ser adicionado soda cáustica a 3% p/v, conforme a indicação do fornecedor. Então inicia-se a etapa de limpeza alcalina, onde circula a solução por cerca de 40 minutos. Em seguida a

solução é descartada para a rede de esgoto e o tanque é enxaguado com água do reservatório, do mesmo modo que foi feito anteriormente no enxague inicial, porém, desta vez é feito a validação da limpeza com fenoftaleína para ter certeza de que toda soda caustica foi removida, essa etapa leva em torno de uma hora.

A etapa final do CIP é a sanitização, a cervejaria em questão utiliza ácido peracético para realizar este processo, em uma concentração 0,1% v/v do produto, conforme indicado pelo fabricante. O tanque é alimentado de água até encher praticamente 10% de seu volume total, então é adicionado o produto, em seguida a solução recircula por aproximadamente 15 minutos. Ao terminar a recirculação, o ácido peracético é descartado à rede de esgoto, e após ser totalmente escoado do tanque, este é fechado para que não entre em contato com o meio externo, evitando contaminações.

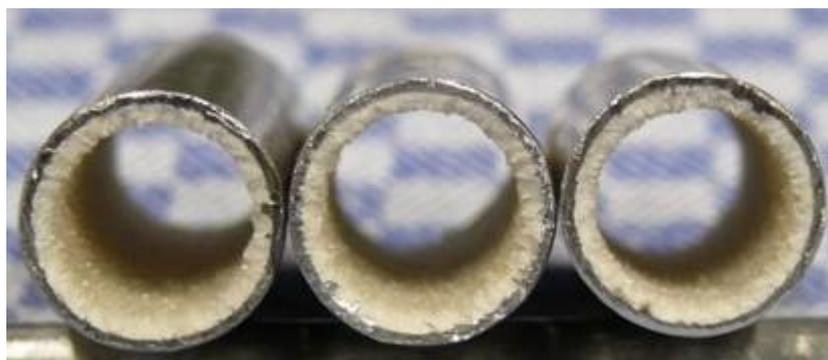
A metodologia adotada para a realização do trabalho foi do tipo qualitativa. O estudo analisa possíveis melhorias no sistema de higienização dos equipamentos da cervejaria fábrica 1 e diminuir a taxa de retorno de barris que gira em torno de 3%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo será abordado algumas propostas de melhoria no processo CIP da cervejaria artesanal em questão, visando buscar ganhos econômicos em redução de custo e retorno de barris, segurança operacional e segurança alimentar.

4.1 LIMPEZA ÁCIDA

A água utilizada na cervejaria é oriunda de poço artesiano, que contém uma quantidade significativa de dureza, além disso é utilizado sais como sulfato cálcio e cloreto de cálcio para correção da água, sendo assim deve-se tomar muito cuidado com a deposição de minerais, principalmente cálcio, nas tubulações e equipamentos da indústria e conseqüentemente a formação da pedra cervejeira. A etapa de limpeza ácida é extremamente importante para evitar a formação de incrustações minerais, e é recomendado que se faça em todos os processos CIP.

Figura 16: Incrustação Mineral

Fonte: BASF (2019).

A cervejaria em estudo realiza em média duas vezes por ano a limpeza ácida em seus tanques e tubulações, o que favorece o surgimento de incrustações minerais nas paredes dos equipamentos, mesmo que muitas vezes invisíveis a olho nu. Essas pequenas incrustações aumentam a rugosidade da superfície onde se depositam sujidades orgânicas, dificultando a etapa de limpeza alcalina, que são fontes de nutrientes para microrganismos formadores de biofilmes, que por sua vez podem contaminar o produto final, diminuindo seu tempo de prateleira.

4.2 PRODUTOS FORMULADOS

A limpeza alcalina é executada utilizando soda caustica 50% m/m, princípio ativo da maioria dos detergentes alcalinos para CIP, pois apresenta um custo muito menor quando se comparado à um produto formulado. Apesar de ser mais econômica, a soda caustica 50% apresenta grandes desvantagens quando comparada aos detergentes cáusticos, como a falta de dispersantes e tensoativos, que aumenta a eficiência da limpeza e facilita o enxágue do produto, e a falta de sequestrantes, que evita a deposição do carbonato de cálcio presente na soda e ajuda na limpeza de sujidades inorgânicas, dependendo da concentração.

4.3 ADITIVOS

Uma alternativa para melhorar a eficiência de limpeza da soda caustica 50% é utilizando aditivos, que apresentam em suas formulações tensoativos, dispersantes e sequestrantes, de modo a transformar a matéria prima em um detergente formulado com alto poder de limpeza. Alguns aditivos como o

Kompleet, da fabricante Diversey, têm em sua formulação grandes quantidades de sequestrantes de minerais, podendo assim realizar o CIP *Single Stage*, que elimina a necessidade de se realizar a etapa ácida. Com este método é possível economizar tempo de limpeza, mão de obra, produtos ácidos e água de enxágue.

Figura 17: Aditivo Para Soda Cáustica



Fonte: TECNOQUÍMICA (2021).

4.4 CENTRAL CIP

Uma central CIP conta, basicamente, com bombas de avanço, bomba de retorno, válvulas solenoides, condutivímetros e reservatórios, como: tanque de solução de detergente alcalino, solução de detergente ácido e recuperação da água de enxágue do detergente alcalino. Este tipo de sistema permite a higienização de um ou mais tanques de fermentação, tinas e tubulações, assim como realizar o reaproveitamento de soda cáustica de forma automática, por meio de condutivímetros ou de forma manual, por meio de análises físico-químicas do produto armazenado. A água do enxágue do detergente alcalino pode ser reaproveitada e utilizada no primeiro enxágue, de forma a economizar água no processo. O sanitizante é adicionado em linha, pois este não pode ser reaproveitado para um próximo CIP (FORNI, 2007).

Figura 18: Central cip



Fonte: CZECHMINIBREWERIES (2021).

4.5 CIP MÓVEL

O CIP móvel, por sua vez, é um sistema mais simples e barato que a central CIP, pode ser utilizado ao longo de toda a cervejaria e é operado de forma manual pelo colaborador. Sua capacidade é geralmente menor que a de uma central CIP e não conta com bombas de retorno, impossibilitando a higienização de algumas tubulações pela dificuldade de retorno da solução ao tanque. É possível reaproveitar soda cáustica, porém, normalmente o controle da solução é realizado de modo manual (FORNI, 2007).

Figura 19: CIP Móvel

Fonte: PRONEX (2021)

4.6 BOMBAS DOSADORAS

Os produtos químicos, como soda caustica, ácido nítrico e aditivos, são comercializados em bombonas de 50 litros, o qual é difícil para o colaborador verter em recipientes menores para coletar o volume adequado, muitas vezes o produto cai no chão, o que pode ser perigoso, dependendo do tipo de produto que está sendo manuseado, além de que o colaborador realiza um grande esforço físico, estando sujeito a lesões.

Bombas dosadoras são soluções simples, fáceis e baratas de resolver este problema, são instaladas e reguladas próximas aos produtos químicos, de modo que o colaborador necessite apenas de ligar, desligar e trocar as bombonas com os produtos.

Figura 20: Bomba Dosadora

Fonte: SEKO (2021)

Pode-se instalar também um sistema de dosagem de soda caustica junto com o aditivo, preparando um produto formulado automaticamente, para isso seriam necessárias duas bombas dosadoras, uma com maior vazão, para dosagem de soda, e outra com uma vazão menor, para dosagem de aditivo, regulando as vazões de forma a preparar um produto com concentrações de 5% a 10% de aditivo na soda caustica.

4.7 REUSO DE SOLUÇÕES

Como mencionado no tópico de central CIP, a água utilizada para enxágue após a limpeza alcalina pode ser reaproveitada para o enxágue inicial (primeira etapa do processo CIP) ou limpeza de pátios. Além disso, segundo Merin, 2001, as soluções causticas podem ser reutilizadas no o processo CIP, desde que sejam feitas análises laboratoriais da concentração de NaOH presente na solução, sendo reajustado com detergente caustico quando necessário, também deve-se analisar outros aspectos, como coloração, odor, sólidos suspensos e carbonatos, como critério para drenagem da solução.

Como alternativa mais econômica, quando não existe a possibilidade de adquirir uma central CIP, recomenda-se a aquisição de um tanque para armazenar a solução alcalina e um tanque para o armazenamento da água de

enxágue da limpeza alcalina. O tanque de armazenamento deve ser feito de um material inerte e não reagente com substâncias químicas, principalmente o NaOH, como o inox 301 e o polipropileno, além de ter volume suficiente para realocar a solução química. Um reservatório ibc de 1000 litros seria suficiente para a cervejaria em estudo, sendo necessário apenas realizar alguns ajustes nas conexões entre a válvula de saída e a bomba de CIP.

Figura 21: Reservatório ibc 1000 Litros



Fonte: Web Plástico (2021).

4.8 VALIDAÇÃO

A validação é uma maneira de certificar que o processo de higienização está correto, determinando também qual é maneira certa de realizar o CIP no equipamento. A validação do processo inclui:

- Monitoramento da temperatura, pressão, velocidade do escoamento;
- Análise de detergente alcalino ou detergente ácido presente na água de enxágue, pelos métodos de titulação com fenolftaleína e alaranjado de metila;
- Análise microbiológica para detecção de microrganismos totais a 30°C, bactérias lácticas, bolores e leveduras e *Enterobactereacea* (SEVERINO, 2020).

No caso da cervejaria Fábrica 1, é realizado apenas a validação do enxágue da soda cáustica com fenoftaleína.

4.9 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Para verificação da viabilidade econômica na utilização de aditivos ou produtos formulados no cip, foi primeiramente determinado a quantidade de produto químico em 100 litros de solução a partir da equação 2.

$$Q = V * D \quad (2)$$

No qual:

- Q é a quantidade de alcalino Kg;
- V é o volume de solução de Cl L;
- D é a fração de alcalino g/100ml.

Em uma solução de 100 litros de produto em uma concentração de 3% se tem 3 Kg de produto alcalino.

A partir da equação 3 é possível calcular o preço de cada solução, no qual S é o valor do produto alcalino expresso em R\$/Kg.

$$P = Q * S \quad (3)$$

O Quadro 1 representa um comparativo de preços entre hidróxido de sódio 50%, detergente alcalino formulado e hidróxido de sódio 50% com aditivo. Para a mistura de produto alcalino com aditivo considerou-se o valor de 2,85 Kg de hidróxido de sódio 50% e 0,15 Kg de aditivo.

Quadro 1: Comparativo de preços dos produtos químicos

	Preço (R\$/Kg)	Concentração (% p/v)	Preço da Solução 100 Litros (R\$)
Hidróxido de Sódio 50 %	4	3	12
Detergente Alcalino	7,5	3	22,8
Hidróxido de Sódio 50 % + Aditivo	6,3	3	18,9

Fonte 1: Autoria Própria (2021)

Nota-se que o hidróxido de sódio 50% é o produto mais barato, o que era de se esperar por se tratar de um produto utilizado e comercializado em larga escala por muitas indústrias, porém a falta de tensoativos e dispersantes é um grande ponto negativo, visto que estes compostos garantem uma

limpeza mais eficiente. Sendo assim, ao comparar o detergente alcalino com a mistura de soda caustica 50% com aditivo, observa-se que o hidróxido de sódio aditivado é 17,1% mais barato e além de possuir tensoativos e dispersantes, como no detergente alcalino, ele tem em sua formula sequestrantes que ajudam na limpeza mineral, diminuindo assim a frequência da limpeza ácida.

5 CONCLUSÃO

Dentre as propostas consideradas no estudo de caso, acredita-se que algumas apresentariam maior viabilidade que outras, considerando que a cervejaria em questão é de porte médio e preza pela qualidade de seu produto, porém com limitações financeiras. Nesse caso algumas hipóteses, como a central CIP seria descartada, uma vez que o equipamento requer um investimento considerável, apesar de ser extremamente útil e eficiente.

Para aumentar a qualidade da limpeza na questão de produtos químicos foram propostas três soluções, utilização de detergentes ácidos com mais frequência, detergentes cáusticos formulados e aditivos para soda cáustica. Sabe-se que a limpeza ácida é de extrema importância para evitar incrustações inorgânicas que formam por sua vez biofilmes, porém ao adicionar a etapa ácida no CIP a cervejaria perde aproximadamente 45 minutos de limpeza mais enxágue, o que pode ser inviável dependendo do nível de produção da fábrica. Os detergentes formulados têm a característica de promover a limpeza orgânica com maior eficiência ao se comparar com a soda caustica pura, além de reduzir o tempo de enxágue, porém, seu ponto negativo se dá pelo fato de não ser útil na remoção de materiais inorgânicos como os carbonatos, sendo indispensável nesse caso a limpeza ácida. Por fim foi proposto a adição de aditivos à soda caustica pura, que tem como finalidade transformar esta matéria prima em uma espécie de detergente formulado, com a grande vantagem de apresentar em sua formulação sequestrantes de carbonatos, dispensando assim a necessidade da etapa ácida, o que economiza tempo e dinheiro com produtos químicos.

Conclui-se que apenas a utilização de soda caustica 50% não é recomendada para limpeza dos equipamentos, sendo a melhor alternativa

nesse cenário utilizar aditivos. Utilizando aditivos, espera-se aumentar a validade da cerveja e dessa forma diminuir o número de barris retornados.

Para economia de produto utilizado foi proposto a utilização de uma central CIP, que recupera a solução alcalina e reajusta automaticamente a concentração de NaOH da mesma por meio de medidores de condutividade, também foi proposto a utilização containers de ibc para recuperação da solução, sendo essa uma maneira mais manual e com isso necessário a análise laboratorial para o ajuste de sua concentração. Para a cervejaria em questão é mais viável realizar o procedimento utilizado os containers ibc, que necessitaria de um investimento menor, visto que a empresa já possui alguns desses reservatórios e também um laboratório de qualidade para análise das concentrações de NaOH e carbonatos.

Quando se analisa os aspectos de segurança do processo as bombas dosadoras são extremamente importantes, pois evitam acidentes e esforço ao verter as bombonas com os produtos, do mesmo modo um equipamento de CIP móvel também é indicado, visto que facilita o preparo da solução alcalina, caso a empresa opte por não recuperar a solução de detergente alcalino.

Por fim, é extremamente importante que seja feito a validação de todas as etapas de limpeza e também a validação microbiológica, certificando se a limpeza e sanitização foram feitas de maneira corretas e assim garantindo a qualidade e segurança do produto final.

REFERÊNCIAS

ANTONIOU, Katerina. Removal of Pseudomonas putida biofilm and associated extracellular polymeric substances from stainless steel using simulated clean-in-place system. 2002. Tese de Doutorado. University of Georgia.

BECK, Marcio. Mitos e fatos da Reinheitsgebot, a 'lei de pureza da cerveja alemã'. O GLOBO, 2015. Disponível em: <<https://blogs.oglobo.globo.com/doi-dedos-de-colarinho/post/mitos-fatos-da-reinheitsgebot-lei-de-pureza-da-cerveja-alema-565400.html>> acesso em 03 de novembro de 2021.

CADENA CARRERA, Santiago Esmiro et al. Validação do processo CIP como ferramenta para melhorar a qualidade e a produtividade: estudo de caso em microcervejaria. 2015.

CORTE, Jade Varallo. **Aplicação da ferramenta FMEA a uma microcervejaria em Curitiba-PR**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

COSTA, Pedro Augusto Souto Ourem. Influência de parâmetros de processo na produção de cerveja de trigo. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

DA COSTA JÚNIOR, Eduardo Braga. Aumento da eficiência de uma fabricação artesanal de cerveja. 2019. Tese de Doutorado. Ph. D. Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Estações CIP – Limpeza e higienização do equipamento da cervejaria. Czech Brewery System, 2021. Disponível em: <<https://www.czechminibreweries.com/pt/production/brewery-components/support-equipments/cip-stations/>>. Acesso em 03 de novembro de 2021.

FORNI, Renato. Projeto mecânico de um sistema de higienização CIP (Cleaning in Place). Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

FOX, Robert W.; PRITCHARD, Philip J.; MCDONALD, Alan T. Introdução À Mecânica Dos Fluidos. Grupo Gen-LTC, 2000.

Kompleet – Detergente desincrustante ácido para adição em soluções cáusticas e soluções ácidas. Tecnoquímica, 2021. Disponível em <<https://tecnoquimica.com.br/produto/kompleet-detergente-desincrustante-acido-para-adicao-em-solucoes-causticas-e-solucoes-acidas/>>. Acesso em 03 de novembro de 2021.

Kronos Series Peristaltic dosing pumps. Seko. Disponível em <<https://www.seko.com/br/series/kronos-series>>. Acesso em 03 de novembro de 2021.

LENHART, WAGNER et al. Instrução Normativa nº 65, de 30 de julho de 2020. 2020.

LODOLO, Elizabeth J. et al. The yeast *Saccharomyces cerevisiae*—the main character in beer brewing. FEMS yeast research, v. 8, n. 7, p. 1018-1036, 2008.

Lonate™ Clean garante limpeza química de alta performance e sem corrosão nas usinas de cana-de-açúcar. BASF, 2019. Disponível em: <<https://lonate.basf.com/conteudo/cat/news>>. Acesso em 03 de novembro de 2021.

HAYES, P. R. Cleaning and disinfection: methods. In: Food microbiology and hygiene. Springer, Boston, MA, 1995. p. 344-387.

MARCUSSO, Eduardo Fernandes. As microcervejarias no Brasil atual: Sustentabilidade e Territorialidade. Ph. D. dissertation, Dissertação de Mestrado), 2015.

MERIN, Uzi et al. Cleaning-in-place in the dairy industry: criteria for reuse of caustic (NaOH) solutions. Le Lait, v. 82, n. 3, p. 357-366, 2002.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Anuário da cerveja no Brasil 2018: crescimento e inovação. 2019 acesso em 2021 out 27. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtosvegetal/pasta-publicacoes-DIPOV>>.

MORAES, Julio César Beraldo de. Cerveja artesanal com teor alcoólico reduzido e alta concentração de carboidratos. 2020.

OLIVEIRA, Thiane. Desenho Higiênico em Equipamentos?. Food Safety Brasil, 2016. Disponível em: <<https://foodsafetybrazil.org/desenho-higienico-de-equipamentos/>> acesso em: 03 de novembro de 2021.

RAZA, Nathalia de Oliveira et al. Avaliação de Cerveja com Adição de Calda de Morango. 2020.

ROCHA, José Manuel Ribeiro. Otimização de Programas de CIP na Indústria Cervejeira. 2017.

SEVERINO, Inês Tomás Trincão. Validação da desinfecção e otimização de um sistema Clean-In-Place numa indústria alimentar. 2020. Tese de Doutorado.

SILVA, Gilvan; DUTRA, Paulo Ricardo Santos; CADIMA, Ivan Marques. Higiene na indústria de alimentos. 2016.

SIQUEIRA, Priscila Becker; BOLINI, Helena Maria André; MACEDO, Gabriela Alves. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 19, n. 4, p. 491-498, 2009.

Sistema de CIP Móvel. Pronex. Disponível em <<https://www.pronex.com.br/sanitaria/sistema-de-limpeza/subcategoria/sistema-de-cip-moveel>>. Acesso em 03 de novembro de 2021.

TANQUE RESERVATÓRIO GRADEADO CAPACIDADE 1000 LITROS IBC - HOMOLOGADO INMETRO. Web Plástico. Disponível em: <https://www.webplastico.com.br/tanques/geradores/1000-litros/tanque-reservatorio-gradeado-capacidade-1000-litros-ibc-homologado-inmetro?parceiro=6725&qclid=Cj0KCQjwwNWKBhDAARIsAJ8HkhcGki9E1aAeRt1xyHmBMGFIVrTeXHxYEIbeSKtr5vt-Qv2RASafvMaAg-qEALw_wcB>.

Acesso em 03 de novembro de 2021.

Ten Principles of Hygienic and Sanitary Design. Diversey, 2019. Disponível em: <<https://diversey.com/en/blog/ten-principles-hygienic-and-sanitary-design>>. Acesso em 03 de novembro de 2021.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia. Editora blucher, 2018.

FIUZA, Dorcínio et al. Considerações sobre bancada experimental usada para estudos de otimização de sistemas de limpeza CIP. In: IX Conferência de

Estudos em Engenharia Elétrica, promovida pela FEELT/UFU, Uberlândia-MG. 2011.