

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM NOVO HAMBURGO
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA**

RAFAEL BARRETO SANTOS

**USO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE
CERVEJA ARTESANAL EM MICROCERVEJARIA EM PORTO ALEGRE**

NOVO HAMBURGO

2019

RAFAEL BARRETO SANTOS

**USO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE
CERVEJA ARTESANAL EM MICROCERVEJARIA EM PORTO ALEGRE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profª Drª Ana Lucia Kern.

Coorientadora: Msc. Fernanda Otesbelgue Pinto.

NOVO HAMBURGO

2019

RAFAEL BARRETO SANTOS

**USO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE
CERVEJA ARTESANAL EM MICROCERVEJARIA EM PORTO ALEGRE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Lucia Kern
Coorientadora: MSc. Fernanda Otesbelgue Pinto.

Aprovado em / / .

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Lucia Kern
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Coorientadora: Biotecnóloga MSc Fernanda Otesbelgue Pinto
Al Capone Cerveja Artesanal Ltda.

Engenheira MSc. Manuela Bruxel
Universidade Feevale

Engenheira Máira de Andrade Peixoto
Mestranda Universidade Federal da Santa Catarina.

**NOVO HAMBURGO
2019**

RESUMO

A indústria cervejeira no Brasil possui grande expressividade, ocupando a terceira posição como maior produtor do mundo, com uma produção de 14 bilhões de litros por ano. Atualmente é a bebida alcoólica mais consumida no país. O movimento de cervejarias artesanais tem ganhado espaço no setor cervejeiro brasileiro, sendo que os adeptos desse movimento buscam novamente a volta da variedade de estilos históricos e culturais, porém sempre visando a qualidade da bebida em aspectos de matéria prima, microbiológica, coloidal e sensorial. Assim, a qualidade do produto está ligada diretamente aos aspectos microbiológicos da cerveja e os aspectos físico-químicos, os quais devem ser acompanhados durante todo o processo de fabricação. A gestão da qualidade é uma ferramenta utilizada para assegurar um produto de alta qualidade, servindo para reduzir e otimizar o processo de produção. A proposta desse trabalho é o uso de ferramentas de gestão qualidade para avaliar e acompanhar os riscos de contaminação microbiológica durante o processo de fabricação da cerveja em uma microcervejaria. A metodologia contou com a utilização da ferramenta de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), para identificação de pontos de contaminação dentro do processo de fabricação, e a formulação de um indicador de desempenho microbiológico, a partir das análises de contaminação dos principais pontos encontrados. Os resultados a partir das análises do APPCC mostrou a necessidade de revisão do manual de Boas Práticas de Fabricação da indústria. Além disso, o indicador de desempenho mostrou que ao longo do período ocorreu redução da taxa de contaminação dentro do processo. As medidas de correções dos pontos críticos foram definidas para algumas etapas e mais análises de contaminações foram incluídas para tornar o indicador mais robusto.

Palavras-chave: Gestão da qualidade. Cervejaria. Indicador de desempenho. Bioprocessos.

ABSTRACT

The brewery industry in Brazil is highly expressive, occupying the third position as the largest beer producer in the world, with amount of 14 billion liters per year. Beer is currently one of the most consumed alcoholic beverages in the country. The movement of craft beer has gained space in the Brazilian brewing sector. The movement's supporters seek the return of the variety of historical and cultural style, aiming at the quality of the drink in aspects of raw material, colloidal and sensory. Thus, the quality of the product is linked to the microbiological, and the physical-chemical aspects of the beer, which must be monitored throughout the manufacturing process. Quality management is a tool used to improve a high-quality product and optimize the production. The propose of this work is to use these quality control tools to evaluate and monitor the risk of microbiological contamination during the beer manufacturing process in a microbrewery. The methodology was based on the use of the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) tool to identify contamination points within the manufacturing process and a formulation of a microbiological performance indicator, based on the contamination analysis of the main points found. The results from the HACCP showed that it is necessary to review the Good Manufacturing Practices manual, and the performance indicator showed that had a reduction of the contamination rate within the process. Critical point correction was defined for some steps, and further contamination analyzes were included to make the indicator more efficient.

Key-words: Quality management. Brewer. Performance indicator. Bioprocesses.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais espécies de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas encontradas nas cervejarias.....	17
Tabela 2 - Descrição do Programa 5S	25
Tabela 3 - Meios de cultivo recomendado para detecção de microorganismos contaminantes de cerveja.....	31
Tabela 4 - Parâmetros de contaminação	33
Tabela 5 - Possíveis pontos de perigo na fabricação de cerveja (Continua).....	35
Tabela 6 - Índices do cálculo do indicador de desempenho microbiológico	40
Tabela 7 - Pontos destaques de controle	44
Tabela 8 - Algumas ações corretivas de processo.....	45

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	OBJETIVO	9
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	9
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1.	SETOR CERVEJEIRO	10
3.2.	PRODUÇÃO DA CERVEJA	11
3.2.1.	Maltagem.....	12
3.2.2.	Brassagem	12
3.2.3.	Fermentação	13
3.2.4.	Maturação.....	14
3.3.	QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA CERVEJA.....	15
3.3.1.	Microrganismo deteriorantes da cerveja.....	16
3.3.2.	Principais fontes de contaminação microbiológica	18
3.3.3.	Características da cerveja contaminada.....	19
3.4.	PROGAMA DE QUALIDADE.....	21
3.4.1.	Boas práticas de fabricação	21
3.4.2.	Ferramentas de Gestão da qualidade	22
3.4.3.	Indicadores de desempenho	27
4.	METODOLOGIA	28
4.1.	MAPEAMENTO DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTAMINAÇÃO	28
4.2.	INDICADOR DE CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....	29
4.2.1.	Análises de contaminação.....	29
4.2.2.	Tratamento dos dados de contaminação.....	33
4.3.	AÇÕES DE REDUÇÃO DE CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....	34
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1.	POSSÍVEIS APPCC DE FABRICAÇÃO DA AL CAPONE.....	35
5.2.	O INDICADOR DE DESEMPENHO MICROBIOLÓGICO	39
5.3.	AÇÕES CORRETIVAS E PREVENTIVAS	44
6.	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida carbonatada com baixo teor alcoólico obtida a partir da fermentação de cereais maltados, contendo lúpulo e água, podendo ainda conter outros adjuntos, como arroz, trigo ou milho (ALMEIDA; SILVA, 2005). Além disso, frutas e especiarias são comumente adicionadas para aprimorar a bebida e adequar os aspectos sensoriais ao estilo desejado.

Por microcervejaria compreende-se pequenos empreendimentos dedicados a produção em pequena e média escala, os quais são utilizados processos tradicionais, visando a qualidade e diferenciação do produto e visando sempre a independência de grandes corporações (NETO; BOSSI; LUIZ; RAMOS, 2017).

A produção da cerveja, a fim de sempre apresentar uma reprodutibilidade de aspectos como aroma, sabor e cor, necessita estar constantemente sendo monitorada em todas as etapas de produção. A qualidade do produto está ligada diretamente aos aspectos microbiológicos da cerveja e físico-químicos, os quais devem ser acompanhados durante todo o processo de fabricação. Desse modo, a busca contínua pela satisfação dos consumidores juntamente com a competição de mercado tem levado as empresas a formalizarem seus processos de produção com o objetivo de garantir a qualidade e a segurança de seus produtos.

A gestão da qualidade é uma ferramenta utilizada para assegurar um produto de alta qualidade, além de servir para reduzir e otimizar o processo de produção. Assim, a proposta deste trabalho é demonstrar a importância da utilização da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) em conjunto as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e o Indicador-chave de Performance para o aprimoramento da gestão de qualidade de uma microcervejaria local.

2. OBJETIVO

Este tópico apresenta o objetivo geral desse trabalho e os objetivos específicos no âmbito da proposta inicial.

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo principal desse trabalho consiste na aplicação de ferramentas de gestão qualidade para avaliar e acompanhar os riscos de contaminação microbiológica durante o processo de fabricação de cervejas em uma microcervejaria.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Estudar os possíveis microrganismos contaminantes presentes na cerveja;
- b) Avaliar os microrganismos encontrados em microcervejaria;
- c) Identificar os pontos críticos de contaminação dentro do processo de fabricação da cerveja na Al Capone Cervejaria Artesanal;
- d) Desenvolver um índice de controle de contaminação;
- e) Desenvolver os indicadores de contaminação microbiológica a partir do índice e das análises realizadas no laboratório da microcervejaria;
- f) Desenvolver um plano de ação para reduzir a contaminação microbiológica durante o processo de fabricação da cerveja;
- g) Aplicar os resultados encontrados como ferramenta de gestão da qualidade da produção de cerveja.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico será abordada a base teórica que fundamenta e justifica todo o desenvolvimento da metodologia e resultados do presente trabalho.

3.1. SETOR CERVEJEIRO

A cerveja chegou ao Brasil junto com as colônias europeias: inúmeros comerciantes se instalaram no país e começaram a vender a bebida que até então era desconhecida, influenciando os costumes da época. O início da produção de cerveja no Brasil não pode ser datado com precisão, porém o primeiro documento conhecido é um anúncio de venda de cerveja brasileira no Jornal do Comércio do Rio de Janeiro, de 27 de outubro de 1836. Nessa época, havia poucas cervejarias, todas artesanais, com produção em pequena escala (SANTOS, 2003).

A partir de 1860, novas cervejarias surgiram e a produção da bebida aumentou até a Primeira Guerra Mundial, onde a exportação do malte e lúpulo oriundos da Alemanha e Áustria foi muito afetada. Com a dificuldade de se encontrar matéria prima no Brasil, como alternativa os cervejeiros usavam milho, arroz, trigo – o que alterou a qualidade do produto. O controle da fermentação era precário, fazendo com que houvesse uma grande variação de pressão nos tanques, gerando má carbonatação da cerveja em seu produto final (SANTOS, 2003).

A indústria cervejeira no Brasil possui grande expressividade, ocupando a terceira posição como maior produtor de cerveja do mundo, com uma produção de 14 bilhões de litros por ano (CERVBRASIL, 2019). Atualmente, é a bebida alcoólica mais consumida no país. Um destaque especial para a cerveja Pilsen que é a mais comercializada pelas indústrias cervejeiras nacionais e por consequência, a mais consumida pelos apreciadores da bebida (ANDRADE; LIMA; MEIRELLES, 2016).

Segundo a ACervA Brasil (2019), o movimento de cervejarias artesanais ganha espaço no setor cervejeiro brasileiro. Os adeptos desse movimento buscam a volta da variedade de estilos históricos e culturais, sempre visando a qualidade da bebida em aspectos de matéria prima, microbiológica, coloidal e sensorial. Visto como uma grande

oportunidade de negócio, atrai muitos interessados em investir na produção. Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) indicam um crescimento de 37,7% no número de cervejarias registradas no Brasil em 2017. É importante ressaltar que em 2017 foram contabilizadas 679 cervejarias, em comparação a 493 em 2016 (MAPA, 2018).

Segundo a ABRABE (Associação Brasileira de Bebidas), microcervejarias são microindústrias com modestas instalações que proporcionam a produção de cerveja ou chope especial em pequenas quantidades e, que em sua quase totalidade têm origem familiar. Sua produção resulta de um processo praticamente artesanal, seguindo receitas tradicionais com a utilização de ingredientes especiais e com maior quantidade de malte por hectolitro produzido quando comparado às grandes cervejarias (AFREBRAS, 2015 *apud* BORGES, 2015).

Segundo a AFREBRAS (Associação dos fabricantes de refrigerantes do Brasil), o uso do termo “artesanal” no Brasil é cercado de diversas interpretações sendo o termo “Craft Brewery” o ponto de partida para caracterizar este tipo de cerveja. A utilização do termo não está incorreta, mas o termo “craft” é amplo e pode se referir a algo feito de maneira simples e cuidadosa. Portanto, o uso mais adequado do termo “artesanal” é para a cerveja e não para a cervejaria. Assim as microcervejarias atuam em nichos ou segmentos específicos de mercado e atendem consumidores que clamam por diferenciação de produtos (AFREBRAS, 2015 *apud* BORGES, 2015). Este segmento tem sido chamado de “cervejas premium” ou “cervejas especiais”.

3.2. PRODUÇÃO DA CERVEJA

Em todos os lugares do mundo existem diversos estilos de cervejas que se diferenciam a partir de variações nas etapas durante a fabricação. O processo de produção da cerveja apresenta quatro principais operações, seja dentro dos moldes artesanais ou dentro da grande escala industrial. As etapas são divididas em maltagem, brassagem, fermentação e maturação.

3.2.1. Maltagem

Malte é qualquer cereal que passe pelo processo de germinação, com temperatura e umidade controladas, e subsequente secagem. Esse processo ativa proteases e as enzimas α -amilase e β -amilase do grão, aumentando o teor de açúcares fermentáveis e de nitrogênio solúvel, conhecido como maltagem. As variedades de cereais maltados, que podem ser utilizados no processo de produção de cerveja, são inúmeros, partindo do mais usual, cevada, até mesmo a arroz, sorgo, milho e trigo (FERGUSON, 2016).

As variedades de maltes disponível no mercado são obtidas pela aplicação de diferentes temperaturas no processo de secagem, o que confere ao malte diferentes características quanto à coloração, aroma, sabor e potencial enzimático. Grãos submetidos a temperaturas de secagem mais altas, como os maltes especiais torrados, tostados e caramelo, conferem características amargas e tons escuros a cerveja, já os grãos claros, conhecidos como maltes base, são submetidos a temperaturas de secagem mais baixas dando origem a cervejas mais claras e com maior potencial enzimático. Maltes podem ser classificados por meio de três tipos de escalas: Graus Livibon, ERM (European Reference Method) e EBC (European Brewery Convention) (FERGUSON, 2016). Geralmente a cevada chega às cervejarias na forma de malte (MORADO *et al.*, 2011).

3.2.2. Brassagem

A etapa da brassagem é dividida em moagem do malte, mosturação, filtração, fervura e resfriamento. A moagem do malte expõe o amido e o conteúdo do grão para que na etapa de mosturação as amilases ativadas realizem a conversão do amido em carboidratos menores fermentáveis ou não fermentáveis. Nessa etapa de mosturação, o malte é adicionado à água e submetido a diferentes temperaturas por períodos controlados, que favorecem a atividade α -amilase (temperaturas entre 68 e 72°C), β -amilase, ou ambas, de acordo com o estilo que está sendo produzido. O objetivo desta etapa é a quebra das moléculas de amido em açúcares não fermentáveis pela ação da

α -amilase, que vão contribuir com o corpo da cerveja, e em açúcares fermentáveis pela β -amilase, que serão principalmente fermentados em etanol e gás carbônico pela ação das leveduras (FREITAS, 2015).

Após a mosturação, a etapa seguinte é a filtração que também é conhecida como a etapa de clarificação do mosto. A função primordial do processo de clarificação consiste na separação das substâncias tomadas solúveis na operação de mosturação daqueles remanescentes insolúveis. Tal separação segue pela obtenção do mosto primário em seguida pela retirada do extrato residual no bagaço de malte, com utilização de água secundária de lavagem (MEDEIROS, 2010a).

O cozimento do mosto é a última etapa dentro de sua fabricação. O mosto que foi filtrado na etapa anterior é submetido à fervura por um tempo determinado, visando atingir os seguintes objetivos: evaporação da água excedente, coagulação das proteínas de alto peso molecular que conferem turbidez ao mosto, isomerização dos α -ácidos do lúpulo, responsáveis pelo amargor, eliminação das células vegetativas do mosto, inativação das enzimas e eliminação de substâncias voláteis prejudiciais à qualidade sensorial da cerveja (TSCHOPE, 2001).

Encerrada a fervura do mosto, o líquido está pronto para ser transferido para o fermentador. Para iniciar esse processo, o resfriamento do mosto é necessário, pois a levedura não tolera temperaturas elevadas. A temperatura final do resfriamento depende do tipo de cerveja a ser produzida e das condições que a levedura requer de temperatura para sua fermentação. Durante a transferência, a aeração para a oxigenação do mosto é essencial, para que a levedura possa se multiplicar na etapa inicial da fermentação (STWART; RUSSEL, 2005).

3.2.3. Fermentação

O processo de fermentação é a etapa da transformação dos açúcares do mosto, os carboidratos fermentáveis, em etanol, dióxido de carbono e, em menor quantidade, compostos secundários da fermentação, como ésteres e álcoois superiores, responsáveis pela formação do *flavour* e conseqüente qualidade sensorial da bebida (BOURDICHON *et al.*, 2012; LEI *et al.*, 2012). Ao lado da fabricação do mosto, a

fermentação é uma das fases que influencia diretamente na qualidade da cerveja (MEDEIROS, 2010b).

O processo de fermentação pode durar de 6 a 10 dias e é dividida em duas fases. Na primeira fase, onde os açúcares são fermentados pela levedura, após o seu crescimento e consumo do oxigênio dissolvido no mosto, em álcool e CO₂. A segunda fase é determinada pela escassez dos nutrientes básicos, e as leveduras passam a aproveitar daquilo que elas mesmo produziram durante a fermentação primária, incluindo produtos indesejados que podem gerar *off-flavours*, como diacetil e acetaldeído. Após a fermentação, obtém-se a cerveja verde, que ainda precisa passar por um processo de maturação (PINTO, 2018).

3.2.4. Maturação

Finalizado o processo de fermentação, a maturação da cerveja ocorre em temperaturas próximos do 0 °C. Nessa temperatura a levedura para suas atividades metabólicas, ocorre a floculação e o processo de carbonatação (adição de CO₂) se inicia. Após a maturação, o produto obtido pode ser embarrilado, filtrado, pasteurizado e/o envasado.

3.3. QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA CERVEJA

No Brasil, toda bebida alcoólica ou não alcoólica destinada a fins comerciais deve ser registrada e fiscalizada pelo MAPA e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Existem parâmetros microbiológicos e físico-químicos que devem ser atendidos para comprovar a qualidade na produção desses produtos e assegurar que eles não ofereçam riscos à saúde humana. Os parâmetros microbiológicos para bebidas seguem a Lei nº 8918/94 e o Decreto nº 6871 de 14 de junho de 2009 – MAPA (BRASIL, 2009). Sendo que segundo o Art. 78., a bebida deverá atender aos seguintes requisitos de identidade e qualidade:

I - Normalidade dos caracteres sensoriais próprios de sua natureza ou composição;

II - Qualidade e quantidade dos componentes próprios de sua natureza ou composição;

III - ausência de componentes estranhos, de alterações e de deteriorações;

IV - Limites de substâncias e de microrganismos nocivos à saúde, previstos neste Regulamento e em legislação específica.

V - Conformidade com os padrões de identidade e qualidade.

Parágrafo único. Será considerada imprópria para o consumo e impedida de comercialização a bebida que não atender ao disposto neste artigo.

A cerveja é uma bebida que apresenta características desfavoráveis para a multiplicação de vários microrganismos, sendo reconhecida como um produto de considerável estabilidade microbiológica devido à presença de etanol, baixo pH, alta concentração de açúcares iniciais, condição de anaerobiose e das propriedades antimicrobianas do lúpulo. Porém, algumas espécies de microrganismos, incluindo bactérias Gram-positivas (*Lactobacillus* e *Pediococcus*), Gram-negativas (*Acetobacter*, *Glucanobacter*, *Pectinatus* e *Megasphaera*) e leveduras selvagens (*Saccharomyces* e não *Saccharomyces*) são capazes de se multiplicar na cerveja, conferindo características indesejáveis, tais como turbidez e mudanças sensoriais, as quais prejudicam a qualidade do produto final (DRAGONE *et al.*, 2007).

O monitoramento microbiológico dentro de qualquer indústria de alimentos e bebidas está diretamente relacionado com a qualidade do produto destinadas aos consumidores. Nas cervejarias, o monitoramento de contaminação e seu controle se inicia desde análises do sistema de água e acompanha todas as etapas do processo de fabricação até o produto. Bactérias patogênicas não são capazes de sobreviver na cerveja devido a suas características de pH baixo, anóxico e presença de álcool.

3.3.1. Microrganismo deteriorantes da cerveja

Durante a fermentação do mosto cervejeiro, o pH do meio é reduzido de aproximadamente 5,3 para cerca de 4,1, já as concentrações de açúcares, aminoácidos e vitaminas diminuem substancialmente, e inversamente proporcional a concentração de etanol produzido aumenta até atingir em torno de 5,1% (v/v), o que pode variar dependendo do estilo. As propriedades do mosto fermentado, ou seja, a cerveja, tornam o meio pouco adequado para o desenvolvimento de bactérias. Mesmo assim, desde o final do século XIX as bactérias são reconhecidas como importantes agentes de contaminação das cervejas (HOUGH, 1990).

O conjunto de bactérias encontradas no final do século XIX nas cervejarias é praticamente os mesmos conjuntos de bactérias encontradas atualmente, embora alguns nomes tenham mudado no decorrer dos anos, suas características de contaminação permanecem sendo as mesmas. As bactérias encontradas no processo de elaboração da cerveja podem ser classificadas de acordo com sua forma, presença ou não de flagelos, aspectos estruturais e características bioquímicas, ou ainda através de técnicas de coloração (DRAGONE *et al.*, 2007).

As principais bactérias gram-positivas causadoras de deterioração da cerveja são as bactérias ácido lácticas pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Pediococcus*, o que em geral acontece em cerca de 70% dos casos de contaminação. Os microrganismos gram-negativos, abrangem diversas espécies de bactérias pertencentes a vários gêneros. Dentre estes, os mais importantes incluem as bactérias dos gêneros *Pectinatus*, *Megasphaera*, *Zymomonas* e certos membros da família *Enterobacteriaceae* (Tabela 1) (DRAGONE *et al.*, 2007).

Tabela 1 - Principais espécies de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas encontradas nas cervejarias

GRAM-POSITIVOS		CARACTERÍSTICA	GRAM-NEGATIVAS		CARACTERÍSTICA
Bacillus	<i>B. coagulans</i>			<i>A. aceti</i>	Capazes de converter etanol em ácido acético e são resistentes aos compostos amargos do lúpulo, ácidos e etanol.
Lactobacillus	<i>Lb. brevis</i>	Causa superatenuação na cerveja e resistência ao lúpulo, a mais importante e comum	Acetobacter	<i>A. liquefaciens</i>	
	<i>Lb. brevisimilis</i>			<i>A. pastorianus</i>	
	<i>Lb. buchneri</i>			<i>A. hansenii</i>	
	<i>Lb. casei</i>		Citrobacter	<i>C. freundii</i>	
	<i>Lb. collinoides</i>		Enterobacter (Rahnella)	<i>E. aerogenes</i>	
	<i>Lb. coryneformis</i>			<i>E. agglomerans</i>	
	<i>Lb. curvatus</i>			<i>E. Cloacae</i>	
	<i>Lb. delbrueckii</i>		Gluconobacter	<i>G. oxydans</i>	
	<i>Lb. lindneri</i>	Tem incidência de 15-20% na contaminação e de difícil detecção em cervejas pasteurizadas	Klebsiella	<i>K. aerogenes</i>	
	<i>Lb. alefermentans</i>			<i>K. pneumoniae</i>	
<i>Lb. parabuchneri</i>		<i>K. terrigena</i>			
<i>Lb. Plantarum</i>		Megasphaera	<i>M. cerevisiae</i>	Multiplicação ocorre entre 15 e 37 °C	
<i>Lb. Paracasei</i>					
<i>Lb. paracollinoides</i>	Multiplicam-se a 15 °C e são heterofermentativos obrigatório	Obesumbacterium (Hafnia)	<i>O. proteus (H. prote)</i>	encontradas principalmente no inóculo de leveduras e podendo retardar o processo fermentativo	
Leuconostoc	<i>Leuc. mesenteroides</i>		Pectinatus	<i>P. cerevisiophilus</i>	Produz elevada quantidade dos ácidos propiônico os quais inibem a multiplicação da levedura cervejeira.
Micrococcus	<i>M. kristinae</i>			<i>P. frisingensis</i>	
	<i>M. varians</i>			<i>P. sp. DSM20764</i>	
Pediococcus	<i>P. clausennii</i>		Selenomonas	<i>S. Lacticifex</i>	
	<i>P. damnosus</i>	Mais comum e perigosa, responsável por cerca de 90% dos casos de contaminação por <i>Pediococcus</i> .	Zymomonas	<i>Z. mobilis</i>	Resistente ao lúpulo e capaz de se multiplicar em cervejas com pH acima de 3,4 e concentrações de etanol de até 10% (v/v)
	<i>P. dextrinicus</i>	Resistente ao lúpulo	Zymophilus	<i>Z. paucivorans</i>	
	<i>P. inopinatus</i>	Resistente ao lúpulo		<i>Z. raffinovorans</i>	

Fonte: Autor (2019), adaptado da tabela original de DRAGONE *et al.* (2007).

Além da contaminação bacteriana, as leveduras podem contribuir também para uma deterioração dos aspectos físico-químicos da cerveja, e conseqüentemente, afetam sua qualidade. Qualquer levedura diferente da cervejeira utilizada como inoculo é considerada uma levedura selvagem (MIDDLEKAUFIF, 1994). Tradicionalmente, as leveduras selvagens prejudiciais são divididas em *Saccharomyces* (incluindo estirpes de *S. cerevisiae*) e não-*Saccharomyces* (incluindo os gêneros *Brettanomyces*, *Hansenula*, *Debaryomyces*, *Torulopsis*, *Dekkera*, e algumas espécies de *Candida* e de *Pichia*), sendo as do gênero *Saccharomyces* consideradas as mais perigosas (FERNANDES, 2012).

3.3.2. Principais fontes de contaminação microbiológica

O entendimento dos principais pontos de contaminação advém da avaliação de cada etapa do processo do ponto de vista microbiológico. A contaminação é considerada primária quando a cerveja é contaminada no processo de sua produção, ou secundária, quando a contaminação ocorre no processo de seu envase. Além disso, dentro da produção, existem dois momentos determinantes: a pré-caldeira e o pós-caldeira. Alguns níveis de contaminações são tolerados até o mosto ser levado à fervura, momento esse de desinfecção. No pós-caldeira, como o mosto apresenta alto teor de açúcares, seu resfriamento propicia o maior risco de contaminação (BAMFORTH, 2009).

Na pré-caldeira, a matéria prima pode prejudicar o desempenho do processo de mosturação. A presença de fungos e bolores nos grãos de cevada e nos adjuntos, por exemplo, é uma preocupação e um fator de possível contaminação no produto. Adicionalmente, também contribuem para redução do rendimento de processo, afetando a fermentação, produzindo *off-flavours* e causando *gushing* (CASTRO, 2014).

No pós-caldeira, todo processo de transferência tanto do mosto quanto do fermento pode gerar contaminação. Essa preocupação se inicia já no seu resfriamento, dentro do trocador de calor, onde é possível contrair contaminação proveniente da má sanitização do equipamento (CASTRO, 2014). Seguindo da sua aeração, o mosto pode sofrer contaminação pela adição do oxigênio contaminado e na adição de qualquer produto (aditivo ou coadjuvante) utilizado durante ou após a fermentação.

Uma outra importante fonte de contaminação da cerveja é o uso de lama ou fermento contaminado. Um inóculo de levedura contaminado, além de afetar a fermentação, pode levar ao desenvolvimento de elevadas biomassas microbianas, o que pode afetar diretamente a pasteurização da cerveja.

Pronta para envase, a cerveja ainda pode sofrer contaminações. As contaminações secundárias são responsáveis por mais de 50% das deteriorações em cervejas pasteurizadas via Flash. A pasteurização Flash é mais crítica que a pasteurização em “Túnel” uma vez que a cerveja sofre o processo de pasteurização antes de ser engarrafada (FERNANDES, 2012).

O processo de filtração e transferência para o tanque de envase é um outro ponto de contaminação em virtude da manipulação direta do líquido e de uma mal sanitização dos componentes utilizados. Por fim, o acondicionamento das garrafas e sanitização, quando não bem apropriado, pode gerar no envase uma contaminação bacteriana indesejada.

3.3.3. Características da cerveja contaminada

Em todo o processo passível de contaminação é possível identificar mudanças nas características da cerveja em virtude de contaminações microbianas. A presença destes contaminantes na cerveja pode causar uma série de alterações que afetam negativamente as suas propriedades físicas e organolépticas (SAKAMOTO; KONINGS, 2003).

3.3.3.1. *Off-flavours*

O *off-flavour* trata-se de um gosto ou aroma presente na cerveja que torna a experiência sensorial desagradável. A presença dessas características ruins pode ser proveniente de metabolitos excretados pela própria levedura cervejeira ou de um microrganismo contaminante. Existem vários tipos de metabolitos de origem microbiana que apresentam essas características como o diacetilo, dimetilsulfureto (DMS), etanoato de etila, o sulfeto de hidrogênio, mercaptano que conferem um gosto a cerveja de

manteiga, ovo podre, vinagre, medicamentoso, esgoto, entre outros (FERNANDES, 2012; PINTO, 2018).

3.3.3.2. *Turvação*

Em alguns estilos é comum a cerveja apresentar uma turvação já característica. Entretanto, a presença de turvação em cervejas cristalinas sem dúvida demonstra um sinal de má qualidade do produto e é indesejada. Essas turvações podem ser atribuídas a um excesso de contaminantes microbiológicos (*Zymomonas* e *Saccharomyces spp.*), o que também pode contribuir para a presença de *off-flavours*, ou ocasionada pela suspensão e precipitação de cristais de oxalato de cálcio, causado por maltes com elevado teor de ácido oxálico. Também podemos ter sua de origem coloidal devido à interação entre proteínas e polifenóis do malte e/ou lúpulo (FERNANDES, 2012).

3.3.3.3. *Acidez*

Certas bactérias contaminantes, como as *Acetobacter spp.* e *Lactobacillus spp.*, produzem uma variedade de ácidos orgânicos, sendo o ácido acético e o ácido láctico os mais comuns que podem reduzir o pH da cerveja, acidificando-a e tornando-a com um perfil indesejado para o estilo.

3.3.3.4. *Superatenuação*

A atenuação é o resultado da conversão de açúcares fermentescíveis do mosto em álcool pela levedura cervejeira. Alguns microrganismos deteriorantes da cerveja também podem ter capacidade fermentativa como o *Lactobacillus brevis*. Assim, o limite de atenuação do extrato pode ser afetado pela conversão demasiada dos açúcares residuais, o que gera uma superatenuação e conseqüentemente um aumento do teor alcoólico. O valor alcoólico é delimitado pela receita e pelos parâmetros legais o que pode ser prejudicial essa característica (DRAGONE, 2008; FERNANDES, 2012).

3.4. PROGRAMA DE QUALIDADE

Nos dias atuais, a qualidade é um conceito de extrema importância para as organizações de uma forma geral. A melhoria contínua da qualidade é um dos maiores desafios a serem enfrentados pelas empresas, especialmente as que desejam conquistar novos mercados.

Um programa de qualidade busca agir no planejamento, controle e monitoramento de todos os processos de produção, a fim de garantir que o consumidor receba sempre o mesmo produto. Além disso, a busca pelos baixos custos de produção bem como melhoria e agilidade de processos são pontos de trabalho da qualidade (LUSTOSA; MESQUITA; OLIVEIRA, 2008).

O principal propósito da garantia da qualidade microbiológica da cerveja é assegurar que a produção é consistente, de elevada qualidade e livre de qualquer defeito de natureza microbiológica. Os dois modos que o modelo é aplicado são: garantindo a consistência da produção, através da monitorização da qualidade dos processos e através da detecção e controle de qualquer microrganismo contaminante ao longo das etapas de produção (BAMFORTH; RUSSELL; STEWART, 2011).

Como objetivo de prever e garantir uma cerveja adequada, a cervejaria precisa adotar um programa que abrange o uso adequado de boas práticas de produção, assim como o uso de ferramentas de produção que auxiliam a integridade do programa e seu controle.

3.4.1. Boas práticas de fabricação

As Boas Práticas de Fabricação (BPF) abrangem um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias de alimentos e bebidas, para garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos com os regulamentos técnicos. A legislação sanitária federal regulamenta essas medidas em caráter geral, aplicável a todo o tipo de indústria de alimentos, serviço de alimentação e bebidas (BRASIL, 2019).

Compete aos Serviços de Vigilância Sanitária Estaduais e Municipais o estabelecimento de normas complementares, de forma a abranger aspectos sanitários mais específicos à sua localidade, não podendo contrariar as normas federais.

O manual de Boas Práticas de Fabricação é um documento que descreve as operações realizadas pelo estabelecimento, incluindo, no mínimo, os requisitos sanitários dos edifícios, a manutenção e higienização das instalações, dos equipamentos e dos utensílios, o controle da água de abastecimento, o controle integrado de vetores e pragas urbanas, controle da higiene e saúde dos manipuladores e o controle e garantia de qualidade do produto final (BRASIL, 2002)

As BPF estabelecem princípios gerais em todas as etapas da produção, sendo o marco inicial para a manutenção da qualidade da produção, para a redução de perdas de processo, para conferir maior competitividade no mercado de bebidas e para garantir a qualidade, identidade e padronização do produto (MENEZHIM *et al.*, 2017).

3.4.2. Ferramentas de Gestão da qualidade

Para que seja implantado o sistema de gestão da qualidade são necessárias algumas ferramentas para analisar fatos e auxiliar na tomada de decisão. Esses instrumentos são conhecidos como ferramentas da gestão da qualidade. O objetivo de utilizá-las é chegar a um grau de eficiência/eficácia em uma determinada atividade ou processo. As principais ferramentas atualmente utilizadas são o Ciclo PDCA, 5S e o sistema Hazard Analysis and Critical Control Point.

3.4.2.1. *Ciclo PDCA*

Em um processo central, os resultados reais de uma ação são comparados com um alvo ou um set point. A diferença entre os dois são mencionados e medidas corretivas são dotadas se a disparidade se tornar grande. A natureza repetida e contínua de melhoria contínua segue esta definição usual de controle e é representado pelo ciclo PDCA (Figura 1) (em inglês significa: *Plan, Check, Do e Act*) (SOKOVIC; PAVLETIC; KERN PIPAN, 2010).

O método tem o foco na correção, na prevenção de falhas, na implantação de melhorias e na consolidação dos resultados. Essa ferramenta torna a qualidade uma parte estratégica e presente durante todo o processo da empresa e não simplesmente uma aparência do produto final.

O ciclo PDCA permite dois tipos de ação corretiva - temporária e permanente. A ação temporária destina-se aos resultados, praticamente atacando e corrigindo o problema. A ação corretiva permanente, por outro lado, consiste em investigar e eliminar as causas-raiz e, portanto, visa a sustentabilidade do processo aprimorado (SOKOVIC; PAVLETIC; KERN PIPAN, 2010).

Figura 1 - Ciclo PDCA



Fonte: ALMEIDA (2018)

3.4.2.2. *Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)*

O sistema APPCC da sigla original em inglês HACCP (Hazard Analysis and Critical Point) é um sistema que tem como filosofia a prevenção, racionalidade e especificidade para controle de riscos que um alimento possa oferecer, principalmente, respeito à qualidade sanitária. Além disso, o sistema não atua apenas no quesito sanitário, mas na redução de perdas e no aumento da competitividade (RIBEIRO-FURTINI; ABREU, 2008).

O APPCC é baseado numa série de etapas inerentes ao processamento industrial de alimentos e bebidas, incluindo todas as operações que ocorrem desde a obtenção da matéria-prima até o consumo. O sistema criado pela Pillsbury Company consistia em três princípios (JOUVE, 1998):

- Análise de perigo e avaliação do risco: a avaliação de risco considera as perguntas-chave:
 - O produto contém ingredientes sensíveis?
 - Há uma etapa que destrói microrganismos patogênicos?
 - Há possibilidade de recontaminação do produto após a eliminação de patógenos?
 - Há possibilidade do produto estragar durante a distribuição ou consumo?
 - Há tratamento térmico final?
- Determinação dos pontos críticos de controle
- Monitoramento dos pontos críticos de controle

As empresas que produzem alimentos e bebidas devem controlar os pontos de perigo e auxiliados pelo ciclo de PDCA, a primeira instância seria a identificação de todas as etapas críticas do processo, seguido da implementação dos procedimentos efetivos de controle nestas etapas. Assim, no âmbito da melhoria continua é necessário que seja feito o monitoramento dos procedimentos para garantir sua eficácia e a revista dos procedimentos periodicamente e sempre que houver mudanças nas operações (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2006).

Para a aplicação do sistema APPCC ser bem sucedida em uma indústria, seja ela de grande ou pequeno porte, é necessário que a gerência e a equipe de produção estejam todos envolvidos, comprometidos e participem ativamente da implantação do sistema. Desse modo, a responsabilidade de monitoramento e ações corretivas sejam de todos (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2006).

3.4.2.3. 5S

O 5S é um programa de melhoria de ambiente de trabalho que surgiu no Japão no início dos anos 1950. Trata-se de uma sigla formada pelas iniciais de cinco palavras japonesas. No Brasil, estas palavras foram traduzidas como cinco sentidos, conforme tabela 2 (DOMINGUES, 2011).

Tabela 2 - Descrição do Programa 5S

5 S	5 SENSOS
SEIRI	Senso de utilização, arrumação, organização, seleção
SEITON	Senso de ordenação, sistematização, classificação
SEISOU	Senso de limpeza, zelo
SEIKETSU	Senso de saúde, higiene, asseio, integridade
SHITSUKE	Senso de autodisciplina, educação, compromisso

Fonte: Autor (2019)

Assim, os objetivos relativos do programa estão baseados na prevenção de acidentes, evitar o desperdício, otimizar tempo com melhoria da produtividade.

a) SEIRI

O 'senso de utilização' consiste em deixar na área de trabalho somente o que é extremamente necessário. Significa usar recursos disponíveis, com bom senso e equilíbrio, identificando materiais, equipamentos, ferramentas, informações e dados necessários e desnecessários, descartando ou dando a devida destinação àquilo considerado desnecessário ao exercício das atividades (HABU; KOIZUMI; OHMORI, 1992).

b) SEITON

O 'senso de ordenação' pode ser definido como "um otimizador da área de trabalho", pois consiste em definir critérios e locais apropriados para estocagem, depósitos de ferramentas e materiais, armazenamento e fluxo de informações, ou seja,

“fazer com que as coisas necessárias sejam utilizadas com rapidez e segurança, a qualquer momento” (HABU; KOIZUMI; OHMORI, 1992).

Este senso exige que as pessoas tenham hábitos do tipo: se ligar, desligue; se desarrumar, arrume; se usar, deixe como estava antes; se precisar, deixe fácil de acessar. Todavia, arrumar somente não é suficiente. Uma metodologia deve ser adotada para assegurar a eficiência da sistematização (ordem) (CAMPOS *et al.*, 2005).

c) SEISOU

O ‘senso de limpeza’ consiste em manter limpo o ambiente de trabalho. A filosofia principal neste senso não consiste no ato de limpar, mas no ato de não sujar. Um ambiente sujo de poeira, lama, lixo, apares e outros nos locais de trabalho, podem não somente influenciar negativamente na saúde e integridade dos executantes como também causar danos, defeitos e falhas em equipamentos. O resultado de uma má organização de higiene pode carretar quebras inesperadas de equipamentos, ferramentas não disponíveis, deterioração de peças e materiais (LAPA; FRANZEN, 2008).

d) SEIKETSU

O ‘senso de higiene’ é alcançado com a prática dos sentidos anteriores. Consiste basicamente em garantir um ambiente não agressivo e livre de agentes poluentes, manter boas condições sanitárias nas áreas comuns (banheiros, cozinha, restaurantes etc.), zelar pela higiene pessoal, gerar e disponibilizar informações e comunicados de forma clara e, no sentido mais amplo do senso, ter ética no trabalho e manter relações interpessoais saudáveis, tanto dentro quanto fora da empresa. Porém, este senso é de vital importância para assegurar a manutenção dos 3S iniciais, pois a melhoria da qualidade de vida no trabalho estimula a adesão e comprometimento de todos (HABU; KOIZUMI; OHMORI, 1992).

e) SHITSUKE

O senso de ‘autodisciplina’ procura corrigir o comportamento inadequado das pessoas moldando-os a adquirir novos hábitos em conjunto com a política da empresa.

Todos na organização devem seguir e comprometer-se com as normas, os padrões e os procedimentos formais e informais e introduzindo os conceitos de kaisen na vida pessoal (hábitos), profissional (aquisição de conhecimentos) e na empresa como um todo. Assim, quando dentro das atividades da empresa se consolida a disciplina (SHITSUKE), pode-se dizer que o 5S como um todo também se consolida (CAMPOS *et al.*, 2005).

O programa 5S é uma ferramenta que quando é aplicada junto com outras ferramentas de gestão da qualidade, só tem a aumentar o potencial de ação de qualquer processo de produção.

3.4.3. Indicadores de desempenho

Para avaliar uma atividade, faz-se necessário um controle das variáveis críticas inerentes a ela. Os Indicadores de desempenho, comumente chamados de indicadores-chaves de performance da sigla em inglês KPIs (*Key Performance Indicator*), são os parâmetros mais utilizados para isso, pois são uma forma de medir uma situação atual contra um padrão previamente estabelecido (LORENA *et al.*, 2008). Os indicadores de desempenho podem ser definidos como aqueles que atuam nas operações de fabricação, procuram otimizar o processo e investem na eficiência das operações, ou seja, na produtividade.

Os indicadores podem ser classificados em dois grupos: os qualitativos e os quantitativos. Os qualitativos indicam um juízo de valor e podem contar com o auxílio de um critério binário, ou seja, sim ou não, aceita ou rejeita, e outros. E os indicadores quantitativos relatam um processo organizacional a partir da coleta de valores numéricos representativos do processo considerado (NUINTIN, 2007).

Os indicadores permitem estabelecer metas quantificadas, e são essenciais ao controle, porque os resultados apresentados são fundamentais para a análise crítica do desempenho da organização.

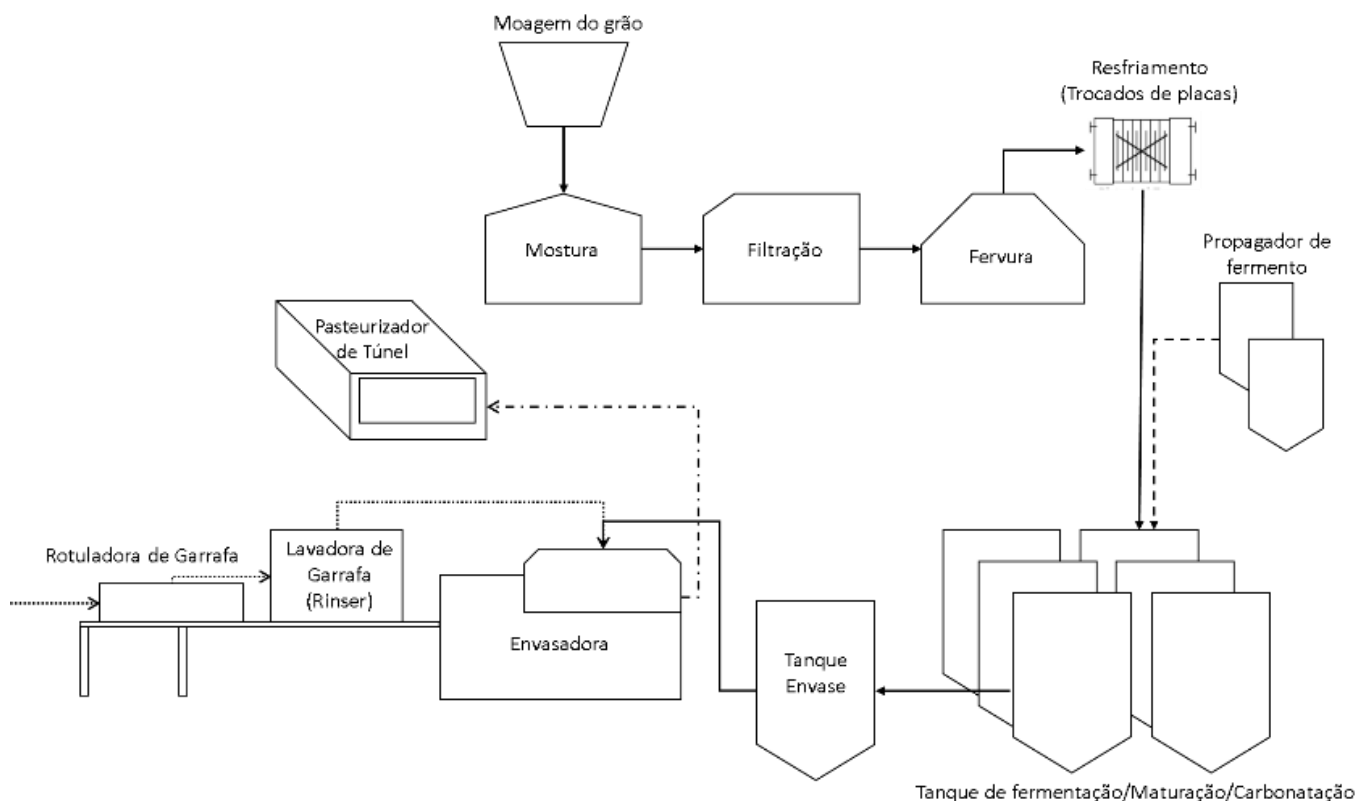
4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho está apresentada nesta seção.

4.1. MAPEAMENTO DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTAMINAÇÃO

A partir dos estudos referencias do processo de produção, conforme fluxograma ilustrado na figura 2, durante 3 meses foram analisados os possíveis pontos de contaminação dentro da produção da Al Capone Cerveja Artesanal. A análise foi realizada de forma subjetiva e discutida junto a equipe de produção envolvidas nos processos.

Figura 2 - Fluxograma de produção da Al Capone Cerveja Artesanal



Fonte: Autor (2019)

4.2. INDICADOR DE CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA

A análise e monitoramento das contaminações microbiológicas já são uma ferramenta de controle de qualidade empregada na cervejaria Al Capone, através do suporte realizado pelo laboratório da qualidade. Desse modo, complementando essa ferramenta de controle, surgiu a necessidade da criação de um indicador. A formulação do indicador de contaminação microbiológica seguiu duas etapas: as análises de contaminação microbiológica realizadas pelo laboratório e o tratamento dos dados de contaminação a partir dos resultados microbiológicos.

4.2.1. Análises de contaminação

Os testes de contaminação seguiram o protocolo de operação do laboratório onde apresenta toda a metodologia adequada para identificação dos principais grupos de microorganismos contaminantes de cerveja conforme a seletividade dos meios utilizados (Tabela 3).

4.2.1.1. *Análise de Sanitização dos tanques: Clean in Place (CIP)*

Considerando que a higiene, limpeza e assepsia de todas as etapas do processamento na indústria alimentícia são fundamentais para a segurança e qualidade dos alimentos, é primordial a implantação de programas de sanitização. Sendo sanitização o termo empregado para a redução microbiana aos níveis aceitáveis de produção (SISLIAN, 2007).

A limpeza Clean in Place (CIP) é um sistema fechado pelo qual ocorre a circulação de agentes de limpeza, sendo composto de água, soda caustica e ácido inorgânico. Se esta limpeza for ineficiente pode trazer grandes desvantagens como perda de produto pela contaminação microbiológica, corrosão das tubulações, perda de carga do fluido, perda de agentes de limpeza, perda de água potável, perda de tempo de produção, entre outros (GRILLO, 2012).

A fim de controlar o processo de CIP dos tanques da cervejaria, antes do recebimento do mosto, é realizado a análise de superfície interna para identificação de microorganismos contaminantes, seguindo as etapas (PELLETTIERI, 2015; WHITE; ZAINASHEFF, 2010):

- Passar suabes estéreis, devidamente hidratados com água estéril, na entrada e conexões do tanque fermentador (escotilha, torneira, saída do umbigo do tanque);
- O suabe utilizado é imerso em ependorff com a água de hidratação;
- 100 µl da água é utilizado para a realização da técnica de *spread-plate* em meio Ágar PCA;
- Incubar por 48h em estufa bacteriológica a 30 °C.

4.2.1.2. Análise do Mosto

O mosto pós fervura, como visto no item 3.4 desse trabalho, pode contrair contaminação a partir de sua passagem pelo trocador de placas e por mal execução do CIP da linha. Assim, para acompanhar e garantir que o mosto está sem contaminação é realizado sua análise conforme etapas (PELLETTIERI, 2015; WHITE; ZAINASHEFF, 2010):

- Coletar o mosto pela saída da pedra sinterizada, no aerado de O₂ anteriormente desinfetada com álcool 70% por 10 min, em falcon estéril.
- Coletar o mosto no final da mangueira, antes de entrar no tanque fermentador em falcon estéril.
- Realizar a técnica de *pour-plate* com 1 mL da amostra em meio WLN;
- Incubar a placa a 30°C por 3 dias. Nenhuma colônia deve crescer na placa.
- Incubar o tubo falcon com o restante do mosto a 30°C por 7 dias e avaliar segundo a tabela abaixo. Anotar diariamente o aspecto do mosto quanto à turbidez e a presença de gás.

Tabela 3 - Meios de cultivo recomendado para detecção de microorganismos contaminantes de cerveja

MEIO	SELETIVO	DIFERENCIAL	OBJETIVO
ÁGAR PADRÃO - PLATE COUNT AGAR (PCA)		Bactérias heterotróficas.	Contagem de bactérias em amostras de água, CIPs em geral, banho germicida, solução alcalina reaproveitada, oxigênio e CO ₂ .
WALLERSTEIN LABORATORIES NUTRIENT (WLN)	Leveduras, bolores e bactérias encontradas em cervejarias e na indústria de processos fermentativos.	A produção de ácido resulta na produção de um halo amarelo ao redor da colônia, devido ao indicador de pH verde de bromocresol.	Análise de cerveja pasteurizada, análise da morfologia de leveduras, monitoramento do ar, da fábrica, dos gases utilizados na Produção e de suabes de diversas fontes.
WALLERSTEIN LABORATORIES DIFFERENTIAL (WLD)	Ciclohexamida inibe o crescimento de fungos e leveduras através da inibição da síntese proteica.	A produção de ácido resulta na produção de um halo amarelo ao redor da colônia, devido ao indicador de pH verde de bromocresol.	Análise de bactérias encontradas no fermento, cerveja do tanque e cerveja envasada (Bactérias lácticas, bactérias acéticas e bactérias entéricas).
MGYP SUPLEMENTADO COM CuSO ₄	O cobre presente no meio de cultura inibe o crescimento da maioria das leveduras industriais.	Leveduras selvagens do gênero <i>Saccharomyces</i> e leveduras não- <i>Saccharomyces</i> .	Isolamento de leveduras selvagens de amostras de fermento, de cerveja do tanque e de cerveja envasada.
LISINA	O meio lisina favorece o crescimento de leveduras capazes de utilizar lisina como fonte de nitrogênio.	Leveduras selvagens não- <i>Saccharomyces</i> .	Isolamento de leveduras selvagens de amostras de fermento, de cerveja do tanque e de cerveja envasada.

Fonte: Autor (2019), adaptado de DRAGONE *et al.*, (2007).

4.2.1.3. Análise da Cerveja (Fermentação)

A cerveja no tanque, sendo um meio de cultura inadequado para muitos microrganismos pode sofrer contaminação, conforme item 3.1.1. desse trabalho. Assim, uma amostra de cerveja é analisada entre 5-7 dias de fermentação e outra amostra durante o período de maturação seguindo as etapas (PELLETTIERI, 2015; WHITE; ZAINASHEFF, 2010):

- Coletar uma amostra de 15 mL de cerveja, pela torneira de amostras com a adaptação estéril;
- Adicionar 1 mL das amostras e realizar *pour-plate* em meio WLD, MGYP (cobre) e Lisina;
- Incubar a 30°C de 2-3 dias o meio WLD;
- Incubar a 30°C de 2-6 dias os meios MGYP (cobre) e Lisina.

4.2.1.4. Análise da Cerveja Envasada Não Pasteurizada

A envasadora de garrafas sofre uma limpeza CIP antes de qualquer envase de cerveja, pra certificar que o CIP foi eficaz e que a cerveja no tanque não adquirido contaminação durante o processo, ou em casos de cervejas já contaminadas, não aumentou seu índice de contaminação, a cerveja engarrafada é analisada seguindo as etapas (PELLETTIERI, 2015; WHITE; ZAINASHEFF, 2010):

- Coletar uma garrafa no final do processo de envase;
- Passar 15 mL da cerveja a ser analisada para um falcon estéril e desgaseificar;
- Adicionar 1mL da amostra e realizar *pour-plate* em WLD, MGYP (cobre) e Lisina;
- Incubar a 30°C de 2-3 dias o meio WLD;
- Incubar a 30°C de 2-6 dias os meios MGYP (cobre) e Lisina.

4.2.1.5. Parâmetros de contaminação

Para os testes de contaminação realizados é possível apresentar um certo limite aceitável de modo a não comprometer a qualidade do processo e nem do produto final. A tabela 4 apresenta os parâmetros adotados para a classificação da análise como sendo positivo de contaminação.

Tabela 4 - Parâmetros de contaminação

AMOSTRA	CONTROLE MICROBIOLÓGICO	ESPECIFICAÇÃO
CIP Tanque	Bactérias aeróbicas	(0,5mL) ≤ 5 UFC/mL
	Fungos filamentosos	(0,5mL) ≤ 10 UFC/mL
	Leveduras totais	(0,5mL) ≤ 10 UFC/mL
Mosto	Bactérias aeróbicas	(1mL): ≤ 10 UFC/mL
	Bactérias anaeróbicas	(1mL): ≤ 1 UFC/mL
	Leveduras totais	(1mL): ≤ 10 UFC/mL
	Coliformes	(1mL): Presença
Cerveja no tanque	Bactérias aeróbicas	(1mL): ≤ 10 UFC/mL
	Bactérias anaeróbicas	(1mL): ≤ 1 UFC/mL
	Leveduras selvagens	(0,5mL): ≤ 10 UFC/mL
Cerveja engarrafada	Bactérias aeróbicas	(5mL): ≤ 5 UFC/mL
	Bactérias anaeróbicas	(5mL): ≤ 0 UFC/mL
	Leveduras totais	(5mL): ≤ 5 UFC/mL

Fonte: Autor (2019), adaptado PELLETTIERI (2015) e WHITE; ZAINASHEFF (2010).

4.2.2. Tratamento dos dados de contaminação

O indicador de desempenho microbiológico da Al Capone Cerveja Artesanal (abreviado IDM ALCA) será, quantitativamente, a frequência de riscos microbiológicos presentes no processo de produção. O indicador apresentará os resultados microbiológicos dos testes realizados, desde a produção até ao enchimento, sendo calculado em porcentagem com base no índice abaixo.

$$\%IDM\ ALCA = [(N^{\circ}\ de\ amostras\ analisadas - N^{\circ}\ amostras\ fora\ de\ especificação) / N^{\circ}\ de\ amostras\ analisadas] \times 100$$

A evolução dos indicadores será representada através de um gráfico de barras verticais, em que cada barra representa os resultados mensais das três principais etapas de produção, e uma linha com os valores do IDM ALCA ao longo dos períodos.

4.3. AÇÕES DE REDUÇÃO DE CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Ações corretivas específicas devem ser definidas para os pontos críticos de maior relevância microbiológica identificado, de modo a garantir tanto a redução do IDM ALCA quanto manter a integridade da etapa de produção. A metodologia aplicada será a partir das revisões dos protocolos de operações e monitoramentos detalhados de cada etapa do processo a partir de formulários.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir das ações realizadas na metodologia. Ademais, são apresentados os gráficos para avaliação visual do IDM ALCA para melhor compreensão dos dados.

5.1. POSSÍVEIS APPCC DE FABRICAÇÃO DA AL CAPONE

A partir do fluxograma detalhado (figura 3) foi realizado a descrição de cada etapa do processo ressaltando os possíveis pontos de perigos identificados conforme tabela 5.

Tabela 5 - Possíveis pontos de perigo na fabricação de cerveja (Continua)

ETAPA DO PROCESSO	ATIVIDADE	PERIGO
ESTOQUE	Armazenamento do Malte	Umidade pode contribuir para contaminação por fungos, diminuição da eficiência de sala de brassagem, presença de corpos estranhos no malte. Contaminação de produtos químicos quando armazenado em mesmo local.
	Armazenamento do Lúpulo	Redução do teor de alfa-ácido, oxidação e formação de off-flavours na cerveja.
	Aditivos	Perda de atividades dos componentes, desnaturação, oxidação
MOAGEM	Moagem do malte	Presença de corpos estranhos no malte, erros de receita.
MOSTURA	CIP	Tanque com resíduos e sujidades
	Adição de água	Água contaminada ou imprópria pela quantidade de cloro presente.
FILTRAÇÃO	CIP	Meio filtrante com resíduos de filtrações anteriores

(Continua)

ETAPA DO PROCESSO	ATIVIDADE	PERIGO
FERVURA	Lupulagem	Entrada de corpos estranhos no momento da adição de lúpulo e adjuntos.
	Whirlpool	Mal sedimentação do <i>trub</i> quente
RESFRIAMENTO	CIP	Formação de biofilme no trocador de placas, na linha e na pedra sinterizada de aeração, acarretando contaminação.
	Aeração	Contaminação pelo O ₂ .
	Transferência	Presença de <i>trub quente</i> que não foi sedimentado durante a fervura acumulado nas placas.
INOCULAÇÃO DO FERMENTO	Armazenamento	Armazenamento do fermento em recipiente inadequado, possibilitando a contaminação por outros microrganismos ou compostos químicos.
	Transferência	Entrada de corpos estranhos no momento da inoculação.
	Limpeza das conexões	Contaminação microbiológica durante a transferência.
FERMENTAÇÃO	CIP Tanque	Presença de pedra cervejeira, biofilmes e sujidades favorecem a contaminação da cerveja
	Adição de aditivos	Contaminação pela má sanitização das conexões, produtos contaminados e CO ₂
	Análise microbiológica	Entrada de contaminantes durante a retirada de amostras para análise

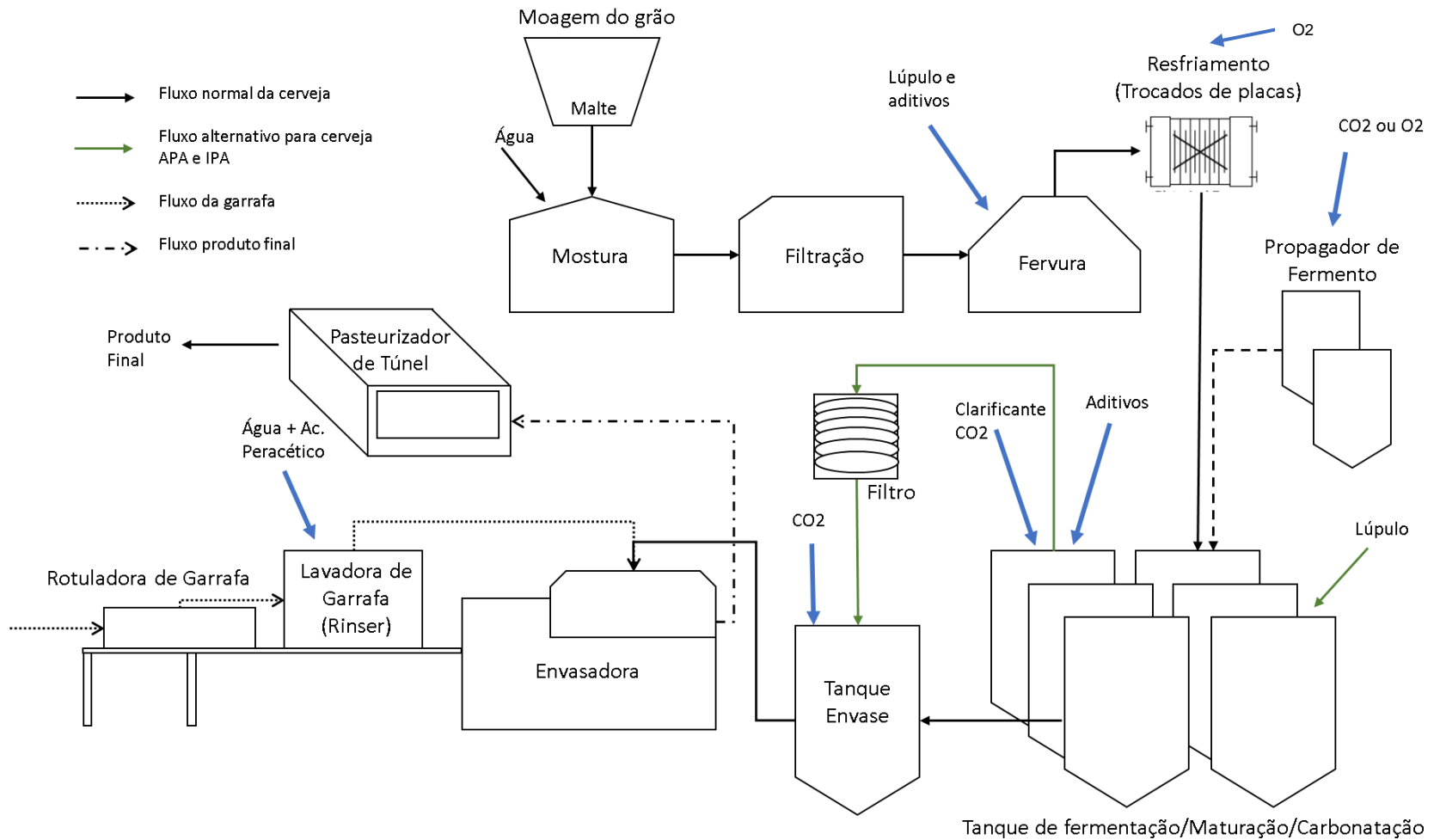
(Conclusão)

ETAPA DO PROCESSO	ATIVIDADE	PERIGO
MATURAÇÃO	Adição de Clarificante	Má sanitização do barril, possibilitando a contaminação por microrganismos ou compostos químicos.
CARBONATAÇÃO	Adição de CO ₂	Contaminação do gás carbônico utilizado.
EMBARRILAMENTO	Enchimento de barril	Presença de levedura nos barris, má sanitização de mangueiras e conexões podem conferir contaminação da cerveja do barril e redução da vida de prateleira. Se a cerveja retorna para o tanque, pode ocorrer contaminação total do tanque.
FILTRAÇÃO	CIP Filtro	Presença de resíduos de fermento e sujidades nos filtros, mangueira e conexões.
ENVASE	CIP Envasadora	Má sanitização do barril, possibilitando a contaminação por microrganismos ou compostos químicos
	Limpeza Garrafas	
	Operação	Contaminação por fragmentos de metal, desprendimento de peças ou produtos químicos.

Fonte: Autor (2019)

Além dos pontos citados, vale ressaltar que todas as tubulações, bombas e outros equipamentos utilizados nas operações de transferência se não submetidos a assepsia adequada e com conformidade com o estabelecido nos protocolos de operação, são pontos de riscos de contaminação microbiológica.

Figura 3 - Fluxograma detalhado de produção da cerveja



Fonte: Autor (2019)

5.2. O INDICADOR DE DESEMPENHO MICROBIOLÓGICO

A partir das análises de contaminação realizadas, pode-se verificar tanto a ocorrência quanto a frequência dos grupos de microrganismos que podem estar presentes em cada etapas de produção da cerveja. Dentre os grupos analisados, as bactérias anaeróbicas, em termos de deterioração da cerveja, apresentam um grau elevado de relevância. A multiplicação em um ambiente anóxico que se inicia a partir das primeiras horas da fermentação e percorre até o produto final, torna esse grupo o mais perigoso contaminante para a redução da qualidade da cerveja.

O mosto por apresentar um pH em torno de 5,1, oxigênio dissolvido e elevada presença de açúcares disponíveis durante a sua transferência para o fermentador, torna-se um meio propício para a contaminação e crescimento de coliformes totais. Embora, sua ocorrência seja baixa e as alterações do mosto fermentado desfavorecem a sua proliferação, a sua presença pode ocasionar *off-flavour*, quando detectadas em níveis elevados. Assim como as bactérias aeróbicas, que mesmo em condições não favoráveis para sua multiplicação, podem ficar em estado vegetativo até que o ambiente seja alterado. Nesses casos, uma má sanitização do tanque depois do embarrilhamento completo, pode contribuir ainda mais para a contaminação do lote seguinte.

A partir do grau de deterioração e ocorrência em cada processo, foi estabelecido índices para cada tipo de possível microrganismo contaminante encontrado nas etapas gerais de produção, conforme tabela 6. Além dos microrganismos, cada operação unitária tem um peso atribuído conforme sua importância, desse modo o IDM ALCA foi calculado a partir da soma de todos os parâmetros de estudo.

O acompanhamento dos dados para a formulação do IDM ALCA ocorreu no período de outubro de 2018 até maio de 2019. Além do indicador dos processos, foi realizado um outro indicador com foco no tipo de microrganismo contaminante mais presente dentre as etapas de produção. O IDM ALCA está apresentado no gráfico 1

Tabela 6 - Índices do cálculo do indicador de desempenho microbiológico

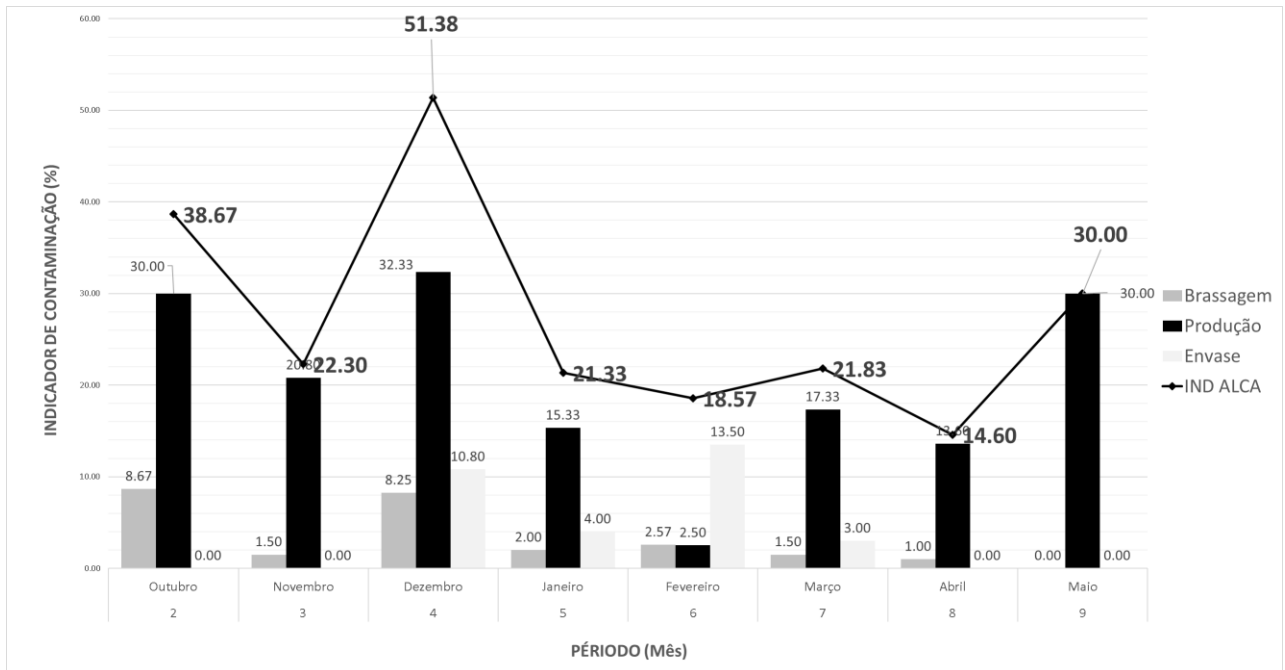
IDM ALCA FÁBRICA		
0,3 x IDM ALCA BRASSAGEM	0,4 x IDM ALCA PRODUÇÃO	0,3 x IDM ALCA ENVASE

IDM ALCA BRASSAGEM	1 x IDM Mosto
IDM ALCA Mosto	0,2 x IDM Bactérias aeróbicas
	0,2 x IDM Leveduras totais
	0,2 x IDM Coliformes
	0,4 x IDM Bactérias anaeróbicas
IDM ALCA PRODUÇÃO	0,8 x IDM fermentação + 0,2 x IDM CIP Tanque
IDM ALCA fermentação	0,2 x IDM Bactérias aeróbicas
	0,3 x IDM Leveduras selvagens
	0,5 x IDM Bactérias anaeróbicas
IDM ALCA CIP tanque	0,4 x IDM Bactérias anaeróbicas
	0,4 x IDM Leveduras totais
	0,2 x IDM Fungos filamentosos
IDM ALCA ENVASE	1 x IDM Produto final
IDM ALCA Garrafa	0,3 x IDM Bactérias aeróbicas
	0,3 x IDM Leveduras totais
	0,4 x IDM Bactérias anaeróbicas

Fonte: Autor (2019), adaptado de FERNANDES (2012).

A partir do IDM ALCA podemos acompanhar a quantidade de contaminação durante o período de fabricação da cerveja. No mês de dezembro, temos um ponto elevado, o que pode ter sido ocasionado pela alta demanda que ocorreu no período de outubro a dezembro, além das altas temperaturas de trabalho na fábrica. No período de fevereiro, começaram-se as aplicações de mudanças no protocolo operacional da adega, assim como do laboratório. Os CIPs realizados começaram a ser monitorados de forma mais minuciosa o que pode ter refletido positivamente na redução da contaminação.

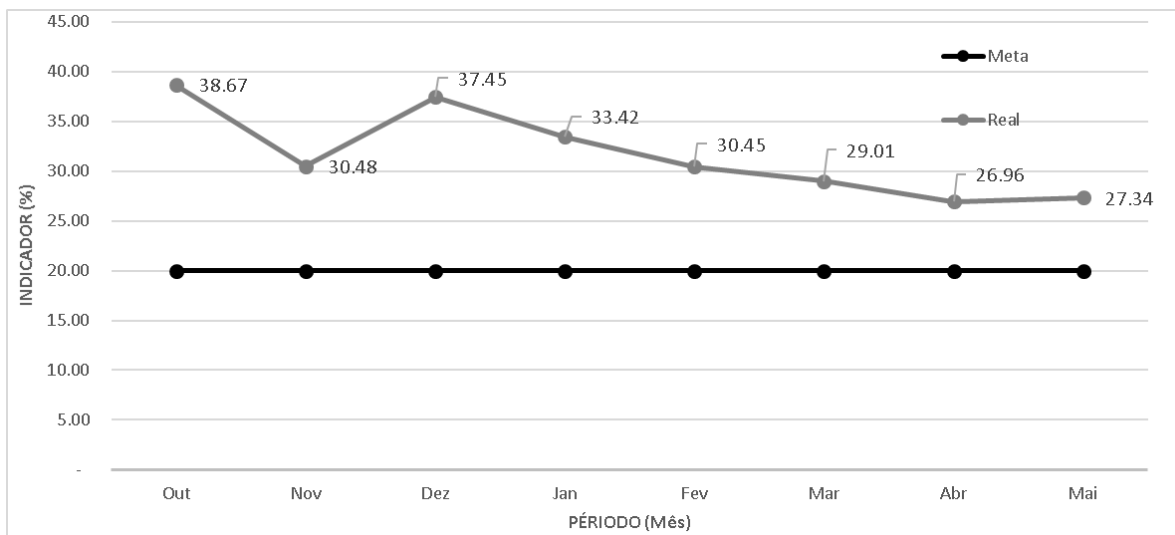
Gráfico 1 - Indicador de desempenho microbiológica



Fonte: Autor (2019)

Dentro do período, foi determinado uma meta de trabalho ideal para manter a integridade de todo o processo. A partir dos dados do IDM ALCA, foi calculado o desempenho acumulado, através da média do índice geral dentro do período. O gráfico 2 representa o desempenho das contaminações em dentro dos seis meses de estudo.

Gráfico 2 - Desempenho IDM ALCA

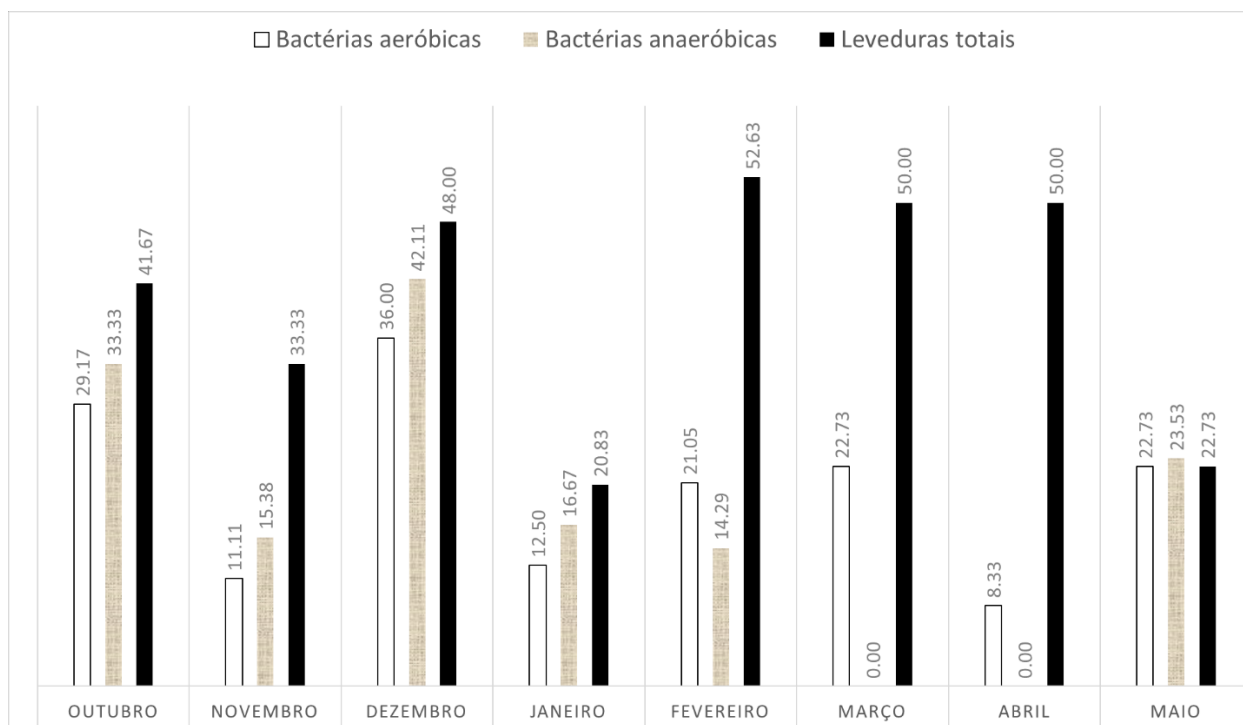


Fonte: Autor (2019)

A meta foi estabelecida de forma subjetiva, conferindo em 20% de contaminação aceitável em virtude dos aspectos e ambiente de produção. Assim, podemos destacar uma melhora no ano de 2019, onde se iniciou uma revisão completa das operações de produção.

De forma a entender melhor os contaminantes dentro do processo e propor medidas específicas de ações mitigatória e corretivas, a partir dos índices gerais, foi gerado o indicador de contaminação de cada principal microrganismo contaminante dentro de cada mês (Gráfico 3). No período de estudos verificamos a presença permanente de leveduras selvagens, que podem compreender tanto as não-*Saccharomyces* quanto as *Saccharomyces*. Dentro dos meses de abril e maio, não foram registradas contaminações por parte de bactérias anaeróbicas, o que é um sinal positivo para a qualidade da cerveja.

Gráfico 3 - Indicador de presença de contaminantes

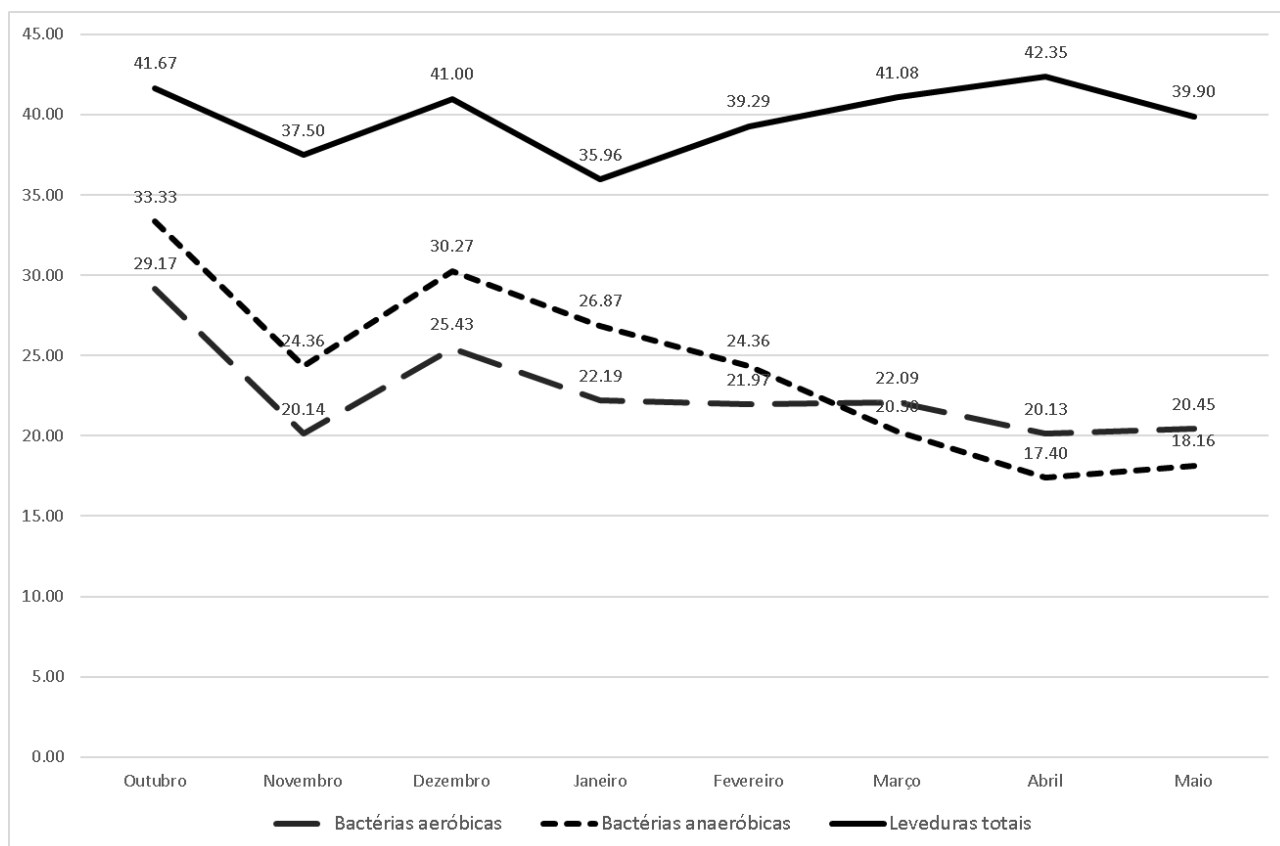


Fonte: Autor (2019)

Para visualizar melhor o desenvolvimento desses microrganismos, o desempenho acumulado de cada um foi gerado (Gráfico 4), onde podemos observar uma

declividade por parte da presença de bactérias anaeróbicas e aeróbicas, e uma estabilidade quanto a presença de leveduras totais.

Gráfico 4 – Desempenho dos microrganismos contaminantes



Fonte: Autor (2019)

Sendo estabelecida a primeira meta de 20%, podemos observar que as contaminações por parte de bactérias estão atualmente controladas. Entretanto, a presença de leveduras totais ainda é um problema. Durante as inspeções internas dos tanques, foram achados grandes acúmulos de matéria orgânica e presença de pedras cervejeiras, que não estavam sendo efetivamente eliminados durante os CIPs, o que pode justificar a presença acentuada dessa contaminação.

5.3. AÇÕES CORRETIVAS E PREVENTIVAS

A maioria das ações corretivas e preventivas já são adotadas pela fábrica, porém alguns pontos de controle encontrados durante as análises de processo podem ser destacados conforme tabela 7.

Tabela 7 - Pontos destaques de controle

ETAPA	CONTROLE
MALTE	Processo de limpeza e seleção eficiente e inspeção prévia do malte.
	Cronogramas de limpeza periódica da área do malte
TROCADOR DE PLACA	Realizar retrolavagem de forma periódica.
PEDRA SINTERIZADA PÓS TROCADOR	Realizar limpeza manual antes do CIP da linha
OPERADORES	Definição de BPF mais rígido e cursos de capacitação

Fonte: Autor (2019)

Além disso, dentro dos processos estudados pode-se aplicar algumas ações corretiva que se bem realizadas, podem tanto reduzir o custo de produção, como a reutilização da lama cervejeira, quanto manter a integridade da qualidade dos lotes (Tabela 8).

No desenvolvimento das atividades propostas pelo trabalho, mais análises começaram a ser realizadas pelos laboratórios, como a detecção de bactérias lácticas e *Zymomonas sp.* e análise dos gases. Além disso, importante destacar que a metodologia de análise microbiológica do CIP Tanque foi alterada durante esse trabalho, de modo a ser mais eficiente e abranger melhor os pontos críticos de contaminação dentro do tanque fermentador.

Com objetivo de eliminar a matéria orgânica e as pedras cervejeiras dos tanques, tanto as concentrações dos reagentes quanto os POPs, foram revisados, a fim de incluir o processo de passivação do aço inoxidável. O procedimento inclui além da utilização de

soda caustica e ácido peracético, o uso de ácido nítrico para remoção da pedra cervejeira e o solvente activo para eliminação de óleo e matéria orgânica incrustada.

Tabela 8 - Algumas ações corretivas de processo

AMOSTRA	MICROORGANISMO ALVO	ESPECIFICAÇÃO	AÇÃO CORRETIVA
MOSTO	Bactéria láctica, gram-negativas, coliformes fecais e leveduras	<10UFC/ml	Se acima das especificações, investigar os CIPs e monitorar as características da cerveja mais atentamente.
CERVEJA FERMENTADO (24-48HRS)	Bactéria láctica, gram-negativas e leveduras		
FERMENTO/LAMA	Leveduras selvagens	<100 UFC/10 ⁶ cell/ml	Não reaproveitar a lama.
	Bactérias anaeróbicas	<1UFC/ml	Lavagem ácida da lama com ácido fosfórico.
CIP TANQUE	Bactéria anaeróbicas e leveduras	<10 UFC/ml	Auditar CIP, soluções e concentrações dos componentes
CIP FILTRO			
CIP ENVASE			

Fonte: Autor (2019), adaptado de PELLETTIERI (2015).

Outra ferramenta utilizada para conter e eliminar microrganismos é o uso de ozônio na lavadora de barris, de modo a reduzir o uso de químicos que possam prejudicar a cerveja e aumentar a eficiência de sanitização.

6. CONCLUSÃO

A identificação dos pontos críticos de contaminação dentro do processo de fabricação da cerveja foi listada de modo a garantir uma visão geral das necessidades de alteração de processos. Em visitas a outras cervejarias localizadas no estado, que já tem um sistema de qualidade implementado, foram observados os mesmos pontos críticos de contaminação elencados.

O índice desenvolvido está em conformidade com outras literaturas e respeita os tipos possíveis de contaminantes presentes no processo. Corroborando, tanto o IDM ALCA quanto o indicador de contaminantes se mostraram bastante úteis para acompanhar as medidas corretivas que estão sendo implementadas na fábrica embora é necessário realizar mais análises e ajustes estatísticos para tornar o sistema mais robusto.

O plano de ação para reduzir a contaminação microbiológica durante o processo de fabricação da cerveja deve ser um processo contínuo e acompanhado junto com os indicadores desenvolvidos, de modo a utilizar as ferramentas de melhoria contínua como o PDCA.

A proposta do trabalho, no âmbito de estudo generalizado das etapas de produção, foi alcançada. Durante o estudo, algumas ações e métodos de operação foram alterados já para entrar em conformidade com as metas da empresa. As ferramentas de gestão da qualidade mostraram-se peças fundamentais para elevar a qualidade da produção da cerveja artesanal a uma forma mais eficiente, com redução de custos e otimização de tempo.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para as microcervejarias que buscam produzir um produto de qualidade, em destaque especial a Al Capone cerveja artesanal.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Adriana. **Ciclo PDCA**. 2018. Disponível em: <<https://www.nossagente.net/ciclo-pdca/>>. Acesso em: 24 jun. 2019.
- ALMEIDA; SILVA, J. B. Cerveja. **Venturini Filho, GW Tecnologia de Bebidas**, [s. l.], 2005.
- ANDRADE, A. W. L.; LIMA, E. F. B.; MEIRELLES, L. M. A. A. Avaliação da rotulagem e qualidade de diferentes marcas de cerveja tipo pilsen. **Revista Interdisciplinas**, v. 09, p. 49–56, 2016.
- BAMFORTH, Charles. **Beer: tap into the art and science of brewing**. Oxford University Press, 2009.
- BAMFORTH, Charles; RUSSELL, Inge; STEWART, Graham. **Beer: A quality perspective**. [s.l.] : Academic press, 2011.
- BORGES, Pedro Felipe Oliveira. **Concentração do Mercado de Cerveja no Brasil e a Participação das Microcervejarias**. 2015. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e de Petróleo da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.
- BOURDICHON, François *et al.* *Food fermentations: microorganisms with technological beneficial use*. **International journal of food microbiology**, v. 154, n. 3, p. 87–97, 2012.
- BRASIL. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos ea Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação. **Diário Oficial da União**, n. 215– C, 2002.
- BRASIL. **Boas Práticas de Fabricação - Alimentos - Anvisa**. 2019. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/alimentos/empresas/boas-praticas-de-fabricacao>>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm>. Acesso em: 9 jun. 2019.
- CAMPOS, Renato *et al.* A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total. **Simpep–Simpósio de Engenharia de Produção**, v. 12, 2005.
- CASTRO, Dayane Faviero de. **Estudos das Causas de Contaminação Microbiológica Na Indústria Cervejeira**. [s. l.], 2014.

CERVBRASIL. **Dados do setor – Cerv Brasil – Associação Brasileira da Indústria da Cerveja**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/>. Acesso em: 26 jun. 2019.

DRAGONE, Giuliano *et al.* Microrganismos Deteriorantes e Métodos de Detecção Review : Beer Production : Spoilage Microorganisms and Detection Methods. ***Brazilian Journal of Food Technology***, v. 10, n. 4, p. 240–251, 2007.

DRAGONE, Giuliano. Microrganismos Deteriorantes e Métodos de Detecção Review. **Beer Production : Spoilage Microorganisms and Detection Methods**. [s. l.], p. 240–251, 2008.

DOMINGUES, Marco Aurelio. **A importância do programa 5S para a implantação de um sistema da qualidade**. 2011. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FERGUSON, Euan. **Craft Brew**. Londres: Frances Lincoln, 2016.

FERNANDES, Flávia Alexandra Pedro. **Melhoria dos indicadores microbiológicos em linhas de enchimento de cerveja em barril**. 2012. Universidade Nova, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa, 2012.

FREITAS, Everton Martins De. **Aplicação de aguapé para tratamento de efluente de cervejaria**. 2015. Fundação Educacional do Município de Assis – Fema, [s. l.], 2015.

GRILLO, Camila Cezar. **Avaliação da limpeza clean in place em uma indústria alimentícia na produção de bebida de soja**. 2012. Universidade de São Paulo, 2012.

HABU, Naoshi; KOIZUMI, Yoichi; OHMORI, Yoshifumi. **Implementação do 5S na prática**. Campinas: Editora Icea, 1992.

HOUGH, James Shanks. **Biología de la cerveza y de la malta**. Zaragoza : ACRIBIA, [1990] .

JOUBE, J. L. *Principles of food safety legislation*. **Food Control**, v. 9, n. 2–3, p. 75–81, 1998.

LAPA, Reginaldo; FRANZEN, Edson -Compilado A. **Programa de Qualidade 5S**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.ptnet.com.br/5sensos>. Acesso em: 25 jun. 2019.

LEI, Hongjie *et al.* *Effects of wort gravity and nitrogen level on fermentation performance of brewer's yeast and the formation of flavor volatiles*. **Applied biochemistry and biotechnology**, [s. l.], v. 166, n. 6, p. 1562–1574, 2012.

LORENA, Gisele de *et al.* **Medidas de desempenho na logística reversa: o caso de uma empresa do setor de bebidas**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rosane_Alcantara/publication/228939516_Medidas_de_desempenho_na_logistica_reversa_o_caso_de_uma_empresa_do_setor_de_bebidas/links/00b4953838ac736315000000.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2019.

LUSTOSA, Leonardo Junqueira; MESQUITA, Marco Aurélio de; OLIVEIRA, Rodrigo J. **Planejamento e controle da produção**. SP : Elsevier Brasil, 2008.

MAPA. **A Cerveja no Brasil**. 2018. Disponível em:
<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/a-cerveja-no-brasil>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

MEDEIROS, Claudio Dantas de. **Efeito de variáveis de processo no tempo de fermentação da cerveja e na concentração das dicetonas vicinais totais (TVDK)**. 2010a. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010a.

MEDEIROS, Claudio Dantas de. **Efeito de Variáveis de Processo no Tempo de Fermentação da Cerveja e na Concentração das Dicetonas Vicinais Totais (Tvdk)**. [s. l.], 2010b.

MENEGHIM, Maria Cristina *et al.* Boas práticas de fabricação e a melhora da qualidade na agricultura familiar: estudo de caso com pequenos produtores de cachaça. **Retratos de Assentamentos**, v. 20, n. 1, p. 207, 2017.

MIDDLEKAUFIF, James E. B. *Microbiological Aspects*. **Handbook of Brewing**, [s. l.], p. 480, 1994.

NETO, L. D. S. C.; BOSSI, M. M. A.; LUIZ, L. B. V.; RAMOS, G. M. P. D. **Aplicação do plano de análise de perigos e pontos críticos de controle em uma cervejaria artesanal**. [s. l.], 2017.

NUINTIN, Adriano Antonio. **O Desenvolvimento de indicadores do desempenho e da qualidade para o processo de produção: estudo de casos do processo de produção do café**. 2007. Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em:
<<https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8309.txt>>0A<http://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf>>0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75772018000200067&lng=en&tlng=en&SID=5BQlj3a2MLaWUV4OizE>0A<http://>>
Acesso em: 26 jun. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Codex alimentarius*. **Higiene dos alimentos- Textos básicos**. [s.l: s.n.], [2009].

PELLETTIERI, Mary. **Quality management: essential planning for breweries**. [s.l.] : *Brewers Publications*, 2015.

PINTO, Fernanda Otesbelgue. **Isolamento, seleção e caracterização de leveduras selvagens com potencial para a produção de cerveja**. FEIRA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DA UFRGS (8. : 2018 out. 15-19 : Porto Alegre, RS), 2018.

RIBEIRO-FURTINI, Larissa Lagoa; ABREU, Luiz Ronaldo de. Utilização de APPCC na

indústria de alimentos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 358–363, 2008.

SAKAMOTO, Kanta; KONINGS, Wil N. *Beer spoilage bacteria and hop resistance*. **International journal of food microbiology**, v. 89, n. 2–3, p. 105–124, 2003.

SANTOS, Sérgio de Paula. **Os primórdios da cerveja no Brasil**. [s.l.] : Atelie Editorial, 2003.

SISLIAN, Rodrigo. **Estudo de sistema de limpeza Cip usando identificação de Sistemas**. 2007. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2007.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; KERN PIPAN, K. **Quality Improvement Methodologies- PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS Industrial management and organisation** *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.journalamme.org>. Acesso em: 24 jun. 2019.

TSCHOPE, Egon Carlos. **Microcervejarias e cervejarias: a história, a arte e a tecnologia**. São Paulo: Aden, 2001.

WHITE, Chris; ZAINASHEFF, Jamil. **Yeast: the practical guide to beer fermentation**. [s.l.] : Brewers Publications, 2010.