



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FACULDADE DE CEILÂNDIA - FCE
CURSO DE FARMÁCIA

BRUNO RIBEIRO FREIRE

**AVALIAÇÃO E MELHORIA DO PROCESSO DE ASSEPSIA EM
ÁREA DE PRODUÇÃO DE CERVEJA NO DISTRITO FEDERAL**

Ceilândia – DF

2013

BRUNO RIBEIRO FREIRE

AVALIAÇÃO E MELHORIA DO PROCESSO DE ASSEPSIA EM
ÁREA DE PRODUÇÃO DE CERVEJA NO DISTRITO FEDERAL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Faculdade de Ceilândia -
Universidade de Brasília como requisito
parcial para obtenção do título de
Farmacêutico.

Orientador: Profa. Dra. Eliana Fortes Gris

BRASÍLIA, DF

2013

BRUNO RIBEIRO FREIRE

AVALIAÇÃO E MELHORIA DO PROCESSO DE ASSEPSIA EM
ÁREA DE PRODUÇÃO DE CERVEJA NO DISTRITO FEDERAL

BANCA EXAMINADORA

Orientador Dra. Eliana Fortes Gris
(FCE/ Universidade de Brasília)

Professora. Dra. Daniela Castilho Orsi
(FCE/ Universidade de Brasília)

Professor. Dr. Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento
(FCE/Universidade de Brasília)

BRASÍLIA, DF

2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Soraia e Maveilson, pela educação e constante orientação neste caminho acadêmico e nas lições da vida. Sempre me amparando nos momentos de necessidade e ensinando a nunca desistir dos meus sonhos.

A minha companheira, Jéssica, que me proporcionou vários momentos de alegria durante este curso de graduação e me auxiliou em vários momentos de fraqueza da minha vida.

Obrigado aos amigos pelos momentos de alegria, muita paciência e companheirismo de todas as horas.

A Gabriela e ao Wesley por terem me acolhido como irmão caçula na nova fase da vida, e terem me ensinado como batalhar para conquistar meu espaço.

Ao Sandro por ter me auxiliado com as informações deste trabalho, estando também sempre ao meu lado e me orientando com as minhas ideias.

E finalmente aos meus espíritos mentores que sempre estiveram me dando luz nesta graduação e me ensinando o caminho do bem e da caridade.

RESUMO

A cerveja é uma bebida popularmente conhecida e consumida no mundo todo, sua produção é conhecida desde a antiguidade. A qualidade deste produto sempre foi um objetivo a ser alcançado por várias indústrias, porém um dos problemas que mais acometem as cervejarias é a contaminação microbiológica. Este trabalho demonstra a aplicação da ferramenta de qualidade conhecida como PDCA, na melhoria de um problema de contaminação microbiológica em uma cervejaria no DF, demonstrando o uso de cada fase do ciclo, desde a identificação do problema a um plano de ação montado com ações para tratá-lo. Observou-se que a ferramenta foi efetiva no auxílio da solução de hipóteses para o problema de contaminação, diminuindo a carga orgânica observada ao longo do processo de produção de cerveja. As metas estabelecidas no trabalho ainda não foram atingidas, porém no mês de Agosto foi observado aumento dos níveis de contaminação novamente, levantando novos questionamentos para o problema.

Palavras chave: cerveja, contaminação microbiológica, PDCA, controle de qualidade

ABSTRACT

Beer is a beverage popularly known and consumed worldwide, it's production has been known since the antiquity. The quality of this product has always been a goal to be achieved by various industries, but one of the problems that most affect the breweries is microbiological contamination. This work demonstrates the application of the tool known as PDCA, in the quality improvement in a problem of microbiological contamination in a brewery in DF, demonstrating the use of each phase of the cycle, from the problem identification to a plan of action mounted with action to treat it. It was observed that the tool was effective in aiding hypotheses for solving the problem of contamination, reducing the organic load observed throughout the brewing process. The goals set in the work have not yet been achieved, but in August was observed increased levels of contamination again, raising new questions for the problem.

Key words: Beer, microbiological contamination, PDCA, quality control.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Microrganismos deteriorantes da cerveja.(SAKAMOTO e KONINGS, 2003)	22
Tabela 2	Índice de contaminação microbiológica até o mês de fevereiro	39
Tabela 3	Relação de faixas vermelhas pelos meses de janeiro e fevereiro	42
Tabela 4	Índices de contaminação microbiológica até o mês de fevereiro	42
Tabela 5	Índices do verificador de frequência de procedimentos	46
Tabela 6	IV's relacionados à assepsia dos pontos da rastreabilidade	50
Tabela 7	Evolução dos índices de MI ao longo do ano	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Gráfico de índices do MI comparado com as metas a cada mês	40
Gráfico 2	Gráfico de comparação de faixas vermelha entre as três áreas mais impactantes na contaminação do processo de produção de cerveja	42
Gráfico 3	Gráfico 3- Gráfico de comparação de faixas vermelha entre as três áreas mais impactantes na contaminação do processo de produção de cerveja	43
Gráfico 4	Evolução dos verificador de procedimentos de assepsia	46
Gráfico 5	Curva de evolução do verificador de frequência das coletas microbiológicas	47
Gráfico 6	Verificadores de assepsia e de coletas microbiológicas versus MI	48
Gráfico 7	Média aritmética de Unidades Formadores de Colônias Totais da cerveja fermentada por amostras coletadas	53
Gráfico 8	Curva de evolução das faixas de contaminação no meio de cultura RK	53
Gráfico 9	Curva de evolução das faixas de contaminação no meio de cultura WLD	54
Gráfico 10	Média aritmética de Unidades Formadores de Colônias Totais da cerveja maturada por amostras coletadas	55
Gráfico 11	Curva de evolução das faixas de contaminação no meio de cultura RK	56
Gráfico 12	Curva de evolução das faixas de contaminação no meio de cultura WLD	56
Gráfico 13	Curva de evolução dos índices de contaminação microbiológica	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de causa e efeito (WERCKMAN, 2013)	25
Figura 2	Diagrama de causa e efeito de uma lavanderia (WERCKMAN, 2013)	27
Figura 3	Ciclo de PDCA (CAMPOS, 2004)	28
Figura 4	Fluxograma para as metas de melhoria (CAMPOS, 2004)	29
Figura 5	Rastreabilidade do processo com IC's identificados	36
Figura 6	Diagrama de causa e efeito de assepsia com IC's e IV's estabelecidos	45
Figura 7	Diagramas de causa e efeito com dois IV's propostos	49
Figura 8	Diagramas de causa e efeito com dois IV's propostos	49
Figura 9	Rampa de Melhoria do Ciclo PDCA (ANDRADE 2003)	59

LISTA DE ABREVIATURAS

MI	Índice de contaminação microbiológica Micro Index
POP	Procedimento Operacional Padrão
IC	Item de Controle
IV	Item de Verificação
RK	Meio de cultura seletivo Ágar Raka Ray
WLN	Meio de cultura seletivo Wallerstein Laboratories Nutrient
WLD	Meio de cultura seletivo Wallerstein Laboratories Diferencial
YM	Meio de cultura seletivo Yeast Medium
UFC	Unidade Formadora de Colônias
PDCA	Sistema de solução de problemas <i>Plan, Do, Check and Act</i>

SUMÁRIO

I.	INTRODUÇÃO	14
II.	JUSTIFICATIVA	16
III.	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	HISTÓRIA DA CERVEJA	16
3.2	PRODUÇÃO DA CERVEJA	17
3.2.1	Malteação	17
3.2.2	Brassagem	18
3.2.3	Fermentação	19
3.2.4	Maturação	20
3.2.5	Filtração	21
3.2.6	Pasteurização	21
3.3	CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA	21
3.4	ORIGEM DO CONTROLE DE QUALIDADE	23
3.5	PRINCIPAIS FERRAMENTAS E MÉTODOS DE QUALIDADE	24
3.5.1	Diagrama de causa e efeito	24
3.5.2	PDCA	28
3.5.2.1	Plan	30
3.5.2.2	Do	30
3.5.2.3	Check	31
3.5.2.4	Act	31

IV.	OBJETIVO	31
4.1	OBJETIVO GERAL	31
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
V.	METODOLOGIA	32
5.1	METODOLOGIA DO PDCA	32
5.2	DELINEAMENTO METODOLÓGICO DA ASSEPSIA	35
5.3	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	36
5.3.1	Meio de Cultura Raka ray agar	37
5.3.2	Meio de cultura YM + CuSO ₄	37
5.3.3	Meio de cultura WLN e WLD	38
VI.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1	PLAN	39
6.1.1	Identificação do problema	39
6.1.2	Estabelecimento das metas	40
6.1.3	Análise do problema	41
6.1.4	Foco de ação do problema	44
6.1.5	Estabelecimento dos Itens de controle e Itens de verificação	44
6.2	DO	51
6.2.1	Cumprimento do plano de ação	51
6.3	CHECK	51
6.3.1	Comparação dos resultados com as metas	52

6.3.2	Cerveja Fermentada	52
6.3.3	Cerveja Maturada	55
6.3.4	Evolução do Micro Index	57
VII.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
VIII.	REFERENCIAS	60

I INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida produzida por fermentação alcoólica de mosto de cereais maltados, principalmente a cevada, com teor alcoólico em torno de 3% a 8% (SIQUEIRA, 2008). De acordo com o Decreto nº 2314 de 04 de setembro de 1997 que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, a cerveja é “a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”. (BRASIL, 1997). Podem ainda ser utilizadas outros cereais como o trigo, milho e arroz como matéria-prima da cerveja (SIQUEIRA, 2008; BRASIL, 1997)

Trata-se de um produto biotecnológico uma vez que utiliza sistemas celulares, no caso leveduras, em seu processo de fabricação. Seu sabor ou flavour, que é sua principal característica organoléptica é definido pela matéria-prima utilizada, pelo tipo de processo realizado e pela levedura empregada na fermentação (CARVALHO, 2007; SANTOS, 2005).

A cerveja é produzida por um processo que vai desde a seleção e preparo dos grãos do cereal que será utilizado, conhecido como malteação, incluindo a fermentação, maturação, filtração e envase. Essas etapas de tratamento da cerveja tem por objetivo atingir as características organolépticas (sabor, odor, textura) desejadas para cada tipo de cerveja (SANTOS, 2005). É importante ressaltar também que dependendo do tipo de cerveja a ser produzida as etapas deste processo podem ser modificadas (DRAGONE, 2007)

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja-SINDICERV, no ano de 2007, o Brasil estava entre os quatro maiores produtores de cerveja do mundo com um volume de 10,34 bilhões de litros por ano. As companhias produtoras de cerveja foram responsáveis pelo faturamento de aproximadamente de R\$ 25,8 bilhões de reais (SINDICERV, 2010).

No Brasil existem aproximadamente 47 fábricas de cerveja de grande e médio porte em sua maioria próximas aos grandes centros consumidores do país. Assim a região sudeste responde por aproximadamente 57,5% da produção de cerveja seguida da região nordeste com 17,3%. Toda a cerveja que é produzida abastece uma rede de mais de 1,5 mil revendedores que atendem cerca de 1 milhão de pontos-de-venda em todo o

país. Além disso, o setor de cerveja é responsável por gerar grande número de empregos diretos e indiretos todos os anos (SANTOS, 2005).

Embora o consumo de cerveja seja muito associado aos danos à saúde causados pelo consumo excessivo, a cerveja contém compostos de propriedades antioxidantes capazes de reduzir o risco de doenças coronarianas além de ser fonte de significativa quantidade de vitaminas do complexo B e ácido fólico e selênio (SIQUEIRA, 2008).

Por se tratar de um produto destinado ao consumo é de fundamental importância o controle de qualidade de produção da cerveja. (FREITAS, 2004) revela ser necessário monitoramento constante das linhas de produção para um controle de qualidade efetivo, levando em consideração a limpeza e assepsia de todas as etapas de produção. Para isso é fundamental a implementação de programas de sanitização a fim de evitar contaminações por microrganismos deteriorantes que possam interferir na qualidade da cerveja.

O crescimento de microrganismos deteriorantes nas linhas de produção de cerveja é um problema comum que interfere nas características organolépticas do produto diminuindo sua qualidade e é o principal foco de atenção na maioria das cervejarias em todo o mundo. Contudo é importante ressaltar que a maioria dos microrganismos que se desenvolvem neste processo não são patogênicos (SAKAMOTO E KONINGS, 2003)

Além da preocupação com a segurança do consumidor que compra a bebida, a crescente competitividade do mercado tem levado as empresas cervejeiras a empregarem novas tecnologias em seus processos de produção bem como ferramentas de gestão da qualidade. O intuito disso é diminuir custos, otimizar a produção e oferecer produtos seguros contemplando as exigências de comercialização e exportação que apresentam critérios de qualidade bastante rigorosos. Nesse sentido ferramentas como o sistema de solução de problemas *Plan, Do, Check and Act* (PDCA) e o diagrama de causa e efeito são bastante empregados (DRAGONE, 2007; RIBEIRO-FURTINI, 2005).

II JUSTIFICATIVA

Dentro do processo de produção da cerveja há preocupação constante com a assepsia das linhas de produção a fim de minimizar a ocorrência de microrganismos indesejáveis que possam alterar as características da cerveja e comprometer a qualidade do produto. Dessa forma mesmo que os microrganismos deteriorantes que possam ser encontrados não sejam patogênicos e sejam eliminados completamente ao final do processo de produção pela pasteurização antes do envase, é de extrema importância atingir a excelência em qualidade do produto através da identificação dos pontos de contaminação e resolução deste problema. Com o intuito de atingir uma qualidade organoléptica ideal e melhorar as boas práticas de fabricação da cerveja é que são aplicadas ferramentas de controle de qualidade que serão apresentadas neste trabalho.

III REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 História da cerveja

A cerveja é uma das bebidas mais antigas do mundo. Acredita-se que o primeiro contato do ser humano com esta bebida tenha sido no período neolítico antes mesmo da urbanização e das civilizações surgirem e a partir daí, no decorrer da história, a cerveja sempre demonstrou a cultura, o governo, a economia e o cotidiano de cada povo que a produziu com suas próprias peculiaridades (MEUSSDOERFFER, 2009).

A cerveja tem seu primeiro indício cerca de 4000 a.C na Mesopotâmia e no Egito com resquícios de bebida feita a partir da cevada em vasos de cerâmica. Neste período a sua produção já era grande o suficiente para realizar exportações do fermentado. Os primeiros registros escritos da bebida apareceram por volta de 3400 a.C com os povos Sumérios, além de terem sido caracterizados por uma agricultura extremamente avançada e organizada (HORNSEY, 2003).

Com o passar do tempo as civilizações foram se aprimorando e juntamente da cultura e economia ascendente a cerveja também foi ganhando seu espaço e importância no cotidiano do ser humano, com isso houve a necessidade de um aumento de produção. Os primeiros produtores em larga escala na Europa foram os mosteiros do século VIII e IX, que começaram a utilizar equipamentos maiores e técnicas mais elaboradas para

produzir a cerveja, atingindo um estoque de armazenagem com aproximadamente 14 barris de 350 hL cada um (MEUSSDOERFFER, 2009).

Com a constante expansão da produção de cerveja teve início a preocupação com a boa qualidade do produto. Então surgiu na região da Baviera na Alemanha, em 23 de abril de 1516, a Lei da Pureza, que determinou quais os ingredientes deveriam ser utilizados (malte de cevada, lúpulo e água) e como deveria ser produzida a cerveja (KUNZE, 1996). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA, define a cerveja no artigo 36 do decreto N° 6871 de 2009 como “bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”.

Hoje o Brasil utiliza técnicas mais avançadas de produção e várias legislações foram desenvolvidas, como a Instrução Normativa nº54 de 05 de novembro de 2001 pelo MAPA que padroniza os produtos utilizados para produzir a cerveja e seus estilos de acordo com o MERCOSUL. Com isto o país consegue obter um controle de qualidade amplo de como a cerveja deve ser produzida.

3.2 Produção da cerveja

Pode haver variações na forma de produção da cerveja a depender do tipo de cerveja produzida, mas de um modo geral o processo compreende as etapas de malteação, produção de mosto com a adição de lúpulo conhecida como brassagem, fermentação e o processamento final que envolve a filtração, a pasteurização e o envase (DRAGONE, 2007; SANTOS, 2005, AMBEV, 2012).

3.2.1 Malteação

A malteação é o primeiro passo para a obtenção da cerveja em sua forma final sendo caracterizado pela transformação da cevada em malte. O malte é o grão de cevada que teve seu processo de germinação interrompido e que foi seco ao final desse processo e é utilizado como principal fonte de carboidrato para as leveduras realizarem a fermentação na etapa seguinte. Para a produção de cerveja podem ser utilizados outros grãos além da cevada como trigo ou arroz, por exemplo (AMBEV, 2012). As principais etapas de obtenção do malte são a limpeza e seleção de grãos, a embebição ou maceração dos grãos, germinação e a secagem do malte (SANTOS, 2005)

A primeira etapa da malteação é a maceração onde os grãos são imersos em água dentro de um tanque com temperatura controlada e constante aeração. Este cuidado é para que o grão receba a oxigenação e umidade necessária para realizar a sua germinação. A umidade ideal para a maioria dos grãos é de aproximadamente 42 a 46% e a temperatura mantida é de 15°C. Para manter a oxigenação da água a mesma é drenada em torno de duas ou três vezes durante a maceração para obter uma boa germinação (AMBEV, 2012).

A germinação é relevante nesse processo por formar e ativar enzimas importantes para a formação do malte e para os próximos passos do processo produtivo. O principal hormônio produzido e responsável por este processo de mudança no grão é a giberelina. Parte das enzimas por ela ativadas são as alfa-amilases, beta-amilases, beta-glucanases que tem o papel de fragmentação dos beta-glucanos das paredes celulares e proteases. A variação do tempo de germinação é determinada pelo tipo de malte e para qual tipo de cerveja será produzido (AMBEV, 2012).

Na secagem, processo final da malteação, o grão sofre a interrupção das ações enzimáticas para que conserve parte delas para a etapa da brasagem. Esta etapa da malteação também irá fornecer coloração e aromas esperados para o malte e eliminar as características organolépticas indesejadas (AMBEV, 2012).

Para isto a umidade é reduzida em aproximadamente 5%, porém para obter este nível de umidade sem agredir as enzimas restantes, o aquecimento é gradual, pois as enzimas resistem melhor à temperatura quando o grão está mais seco. O amido em alta umidade gelatiniza em contato de grandes temperaturas, por isso existe o cuidado de se iniciar a secagem a 50°C até a umidade estar na faixa dos 10%. Depois a temperatura é elevada para 80°C o que propicia a reação de Maillard entre alguns compostos do grão, formando melanoidinas que irão dar o aroma e odor desejados (AMBEV, 2012).

3.2.2 Brassagem

A brasagem consiste na transformação do malte em mosto por cocção controlada, procedimento chamado de mostura. O objetivo deste passo é transformar o amido dos grãos em açúcares fermentáveis e não fermentáveis. Os carboidratos fazem a maior parte da composição do grão, em torno de 90%. Assim a fração fermentável é

transformada pelas leveduras em gás carbônico e etanol, e os não fermentáveis, porções maiores, contribuem para o corpo da cerveja. Antes do cozimento os grãos passam por um processo de moagem para expor melhor o amido e facilitar a fase de filtração do mosto de forma natural pela própria casca (AMBEV, 2012).

Nesta etapa a temperatura é controlada para se obter um melhor rendimento, sendo possível focar em uma enzima específica e otimizá-la antes de mudar a temperatura. A temperatura é elevada gradualmente até atingir um valor suficiente para retardar a ação de todos os grupos enzimáticos e facilitar na etapa de filtração do mosto. Após o mosto ser filtrado e separado do bagaço ele é mandado para o cozinhador ou para um tanque intermediário a fim de ser submetido a um processo de fervura. Nesta etapa são adicionados os lúpulos de amargor e de aroma, juntamente de xarope de maltose para evitar reações de Maillard, pois nesta etapa as melanoidinas recorrentes da reação podem causar sabores indesejados. Depois de fervido o mosto irá produzir o *trub* quente, este condensado de várias substâncias em forma de grumos é separado no tanque decantador. Após todo este processo quente que o mosto é submetido, é necessário resfriá-lo à temperatura adequada para ser fermentado, pois as leveduras requerem uma temperatura bem menor que a da saída da fervura, em torno de 8 a 20°C dependendo do tipo de cerveja desejado. Este resfriamento é feito por trocadores de calor utilizando água ou solução de glicol. Logo na saída dos trocadores o mosto é aerado, ou seja, oxigenado, com a finalidade de elevar a oxigenação para manter as condições ideais de fermentação (AMBEV, 2012).

3.2.3 Fermentação

A fermentação é de extrema importância para a qualidade e as características do produto final. Nesta fase o mosto frio recebido da brassagem é adicionado de leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* que utilizam o açúcar do mosto como fonte de energia e produzem o etanol após a sua reação. (AMBEV, 2012)

O tamanho destas células varia entre 5 e 20 µm, seu tamanho progride com a sua idade. Quando dosadas estas ainda estão em estado de repouso, e ao contato com oxigênio do mosto e os nutrientes elas começam o processo de multiplicação e preparação para a fermentação. Após aproximadamente sete horas de inoculação sua

população cresce em grande volume e à medida que a levedura utiliza o oxigênio existente no mosto frio ela irá produzir lipídios. São estes ácidos graxos e esteróis formados que determinam a taxa de multiplicação da levedura, por isso a fase de aeração do mosto na etapa anterior é de extrema importância (AMBEV, 2012).

Um outro ponto importante é o monitoramento da concentração das dicetonas totais, pois este é um marcador comumente utilizado para transitar da fase de fermentação para maturação, quando a taxa requerida é atingida. Por queda na concentração, o fermento é recolhido para outro tanque e preparado para ser aplicado em outros fermentadores futuramente. A separação é feita pelo fato do fermento praticamente não contribuir no processo após a redução dos níveis de dicetonas. Em algumas cervejarias este ciclo de levedura é repetido várias vezes, por exemplo, cinco vezes antes desta ser descartada para garantir a qualidade da cerveja. As dicetonas se presentes na cerveja final produzem um sabor amanteigado desagradável para o consumo. Este mesmo sabor pode também ser formado a partir de outros microrganismos deteriorantes como *Lactobacillus sp* em alguns estilos de cerveja que a fermentação láctica não é desejada. Para otimizar o processo de separação a cerveja passa por centrifugação antes de iniciar a maturação (AMBEV, 2012).

3.2.4 Maturação

A etapa de maturação é a separação de microrganismos, incluindo as leveduras de cultivo, e outros compostos que não são desejados para o produto final. A cerveja recém-fermentada entra em repouso dentro de um tanque e ali permanece por aproximado de quinze dias. As leveduras são decantadas e recolhidas juntamente de outras proteínas pelo fundo do tanque, que normalmente possui formato de cone para facilitar este processo. Para auxiliar nesta decantação a temperatura é mantida na faixa do 0°C. Mesmo após a centrifugação ainda existem leveduras ativas, estas reagem com os açúcares remanescentes dando origem a uma “segunda fermentação” (AMBEV, 2012).

3.2.5 Filtração

A etapa filtrante tem como objetivo remover os últimos compostos que não foram decantados. Para isso utiliza-se filtros específicos para esta tarefa como filtros de velas e um dos mais comuns é o filtro com o uso de terra diatomácea. Esta fase é a última para correção organoléptica da cerveja, então normalmente são administrados aditivos, estabilizantes de espuma, açúcares, antioxidantes entre outras substâncias dependendo da característica desejada. Outro item importante é o teor de CO₂ que reside dentro da cerveja. A quantidade de CO₂ produzida do processo de fabricação não é suficiente para cumprir as necessidades finais do produto, então parte do próprio CO₂ produzido na fermentação é captado, beneficiado, filtrado e é administrado novamente na filtração para atingir a concentração necessária (AMBEV, 2012).

3.2.6 Pasteurização

Após toda a cadeia de processo de produção a cerveja passa por pasteurização com o intuito de eliminar qualquer microrganismo antes de ocorrer o envase em seu respectivo recipiente. A pasteurização é um processo de esterilização em que ocorre um aquecimento (até 60°C), seguido de um rápido resfriamento (até 4°C). dessa forma a cerveja após pasteurizada apresenta maior estabilidade e durabilidade em função da eliminação de microrganismos (SANTOS, 2005)

3.3 Contaminação microbiológica

Um dos problemas que assolam em geral várias cervejarias no mundo todo é a deterioração que microrganismos indesejáveis fazem no produto alterando suas características organolépticas. SAKAMOTO E KONINGS (2003) citam em seu trabalho que durante o processo de produção da cerveja surgem varias caraterísticas que desfavorecem o desenvolvimento de microrganismos como a presença do etanol 0,6% a 12,3% v/v, os iso-alfa-ácidos presentes no lúpulo na concentração de 17 a 55 ppm, o baixo valo de pH entre 3,8 a 4,7 e a concentração baixa de oxigênio <0,1 ppm. Contudo mesmo com essas características desvantajosas no meio da cerveja, variados

microrganismos conseguem se adequar e crescer causando alterações extremamente indesejáveis no produto.

A amplitude de microrganismos que deterioram a cerveja é grande, abrangendo tanto bactérias gram-positivas como gram-negativas, bactérias aeróbias, anaeróbias e leveduras. Estes agentes interferem na produção da cerveja normalmente produzindo compostos que prejudicam a qualidade do produto final, como o 2,3-butanodiona, comumente conhecido como diacetil, que afetam o odor e sabor do produto trazendo grande prejuízo para as indústrias.

A seguir é apresentada uma tabela com as principais bactérias deteriorantes da cerveja:

Tabela 1 – Microrganismos deteriorantes da cerveja

Bactérias deteriorantes da cerveja			
	Forma de bastão	Cocos	
Bactérias Gram-positivas	<i>Lactobacillus spp.</i>	<i>Pediococcus spp.</i>	
	<i>Lb. brevis</i>	<i>P. damnosus</i>	
	<i>Lb. brevisimilis</i>	<i>P. dextrinicus</i>	
	<i>Lb. buchneri</i>	<i>P. inopinatus</i>	
	<i>Lb. casei</i>		
	<i>Lb. coryneformis</i>	<i>Micrococcus sp.</i>	
	<i>Lb. curvatus</i>	<i>M. kristinae</i>	
	<i>Lb. lindneri</i>		
	<i>Lb. malefermians</i>		
	<i>Lb. parabuchneri</i>		
	<i>Lb. plantarum</i>		
	Bactérias Gram-negativas	<i>Pectinatus spp.</i>	<i>Megasphaera sp.</i>
		<i>P. cerevisiiphilus</i>	<i>M. cerevisiae</i>
<i>P. frisingensis</i>			
<i>P. sp. DSM20764</i>		<i>Zymomonas sp.</i>	
<i>Selemonas sp.</i>		<i>Z. mobilis</i>	
<i>S. lacticifex</i>			
<i>Zymophilus sp.</i>			
<i>Z. raffinovorans</i>			

Fonte: (SAKAMOTO e KONINGS, 2003).

Como a deterioração das características da cerveja interfere diretamente na qualidade do produto é fundamental a utilização de ferramentas de gestão de qualidade que consigam identificar e controlar a contaminação microbiológica de forma estratégica no menor tempo possível.

3.4 Origem do controle de qualidade

O início do controle de qualidade moderno se deu em meados de 1930 com a utilização do gráfico de controle desenvolvido por Walter A. Shewhart. Ele aplicou este gráfico na Bell, uma empresa de telefonia, analisando resultados obtidos de uma inspeção, dando andamento aos estudos para prevenção de problemas ao invés de simplesmente dar devida preocupação quando o problema já tivesse ocorrido (WERCKMAN, 2013).

Foi durante a Segunda Guerra Mundial que as ferramentas de gestão de qualidade ganharam maior aplicabilidade com as indústrias americanas a todo vapor. Após a derrota do Japão na Guerra, as forças de ocupação americanas descobriram uma lacuna importante no sistema de controle de qualidade japonês e a partir de então as indústrias passaram a seguir o método norte-americano. O Japão então, adaptou o método norte-americano a sua cultura e em 1946 foi desenvolvida a JUSE (Union of Japanese Scientists and Engineers) para desenvolver estudos na área de controle de qualidade. Com o tempo o país viu a necessidade de adaptar totalmente os modelos de sistema de controle de qualidade a sua realidade cultural, então desenvolveram o Controle de Qualidade Total (TQC) ao estilo nipônico (WERCKMAN, 2013).

Segundo Ishikawa (1989 e 1993), este estilo apresenta variadas características que levaram o sucesso das indústrias japonesas, sendo algumas delas: o engajamento de todos os setores e empregados na obtenção do controle de qualidade, a educação e treinamento de todos para obter este objetivo, realização de auditorias de controle de qualidade, utilização de técnicas estatísticas e ferramentas avançadas e desenvolvimento de campanhas de promoção do controle de qualidade. Para este autor a união de todos os funcionários da empresa trabalhando juntos pode produzir um produto mais satisfatório ao consumidor.

Conforme SILVA et al (2012) apresenta em seu trabalho, a gestão da qualidade deve contemplar as seis dimensões da qualidade, sendo elas a qualidade intrínseca que implica oferecer produtos e serviços nas especificações exigidas para o objetivo ao qual são destinadas; o custo pela oferta de um produto com custo compatível, tanto para organização como para o cliente; o atendimento em cumprimento dos parâmetros de local, prazo e qualidade corretos para a satisfação do cliente; a moral dos funcionários com por meio da criação e manutenção de condições adequadas de trabalho, a segurança tanto para os clientes externos que recebem o produto como para os funcionários da organização; e a ética revelada nas regras de conduta e valores que norteiam as relações de trabalho.

Estes autores afirmam ainda que o uso eficiente das ferramentas de gestão de qualidade na indústria de bebidas é capaz de aumentar os ganhos e atender melhor o mercado.

3.5 Principais ferramentas e métodos de qualidade

O controle de qualidade tem como referências os princípios de empresas japonesas, norte-americanas e européias, fundamentadas em boa parte nos trabalhos pioneiros de Deming e Juran (GOBIS, 2012). Desta forma são apresentados a seguir as ferramentas diagrama de causa e efeito e o ciclo de PDCA.

3.5.1 Diagrama de causa e efeito

Uma das ferramentas analíticas de qualidade mais utilizadas para auxiliar na obtenção da qualidade total de algum produto é o diagrama de causa e efeito ou também conhecido como espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, sendo possível aplicar qualquer fluxograma de produção a esta ferramenta.

Werckman (2013) denomina “processo” para definir o modelo do diagrama de causa e efeito como um conjunto de causas que têm como objetivo produzir um determinado efeito, o qual é denominado produto do processo. Ela também descreve que é possível desmembrar este processo em subdivisões como insumos, equipamentos ou máquinas, informações do processo, condições ambientais, mão de obra e métodos

ou procedimentos. A Figura 1, retirada do trabalho da autora, demonstra o diagrama com as divisões citadas.

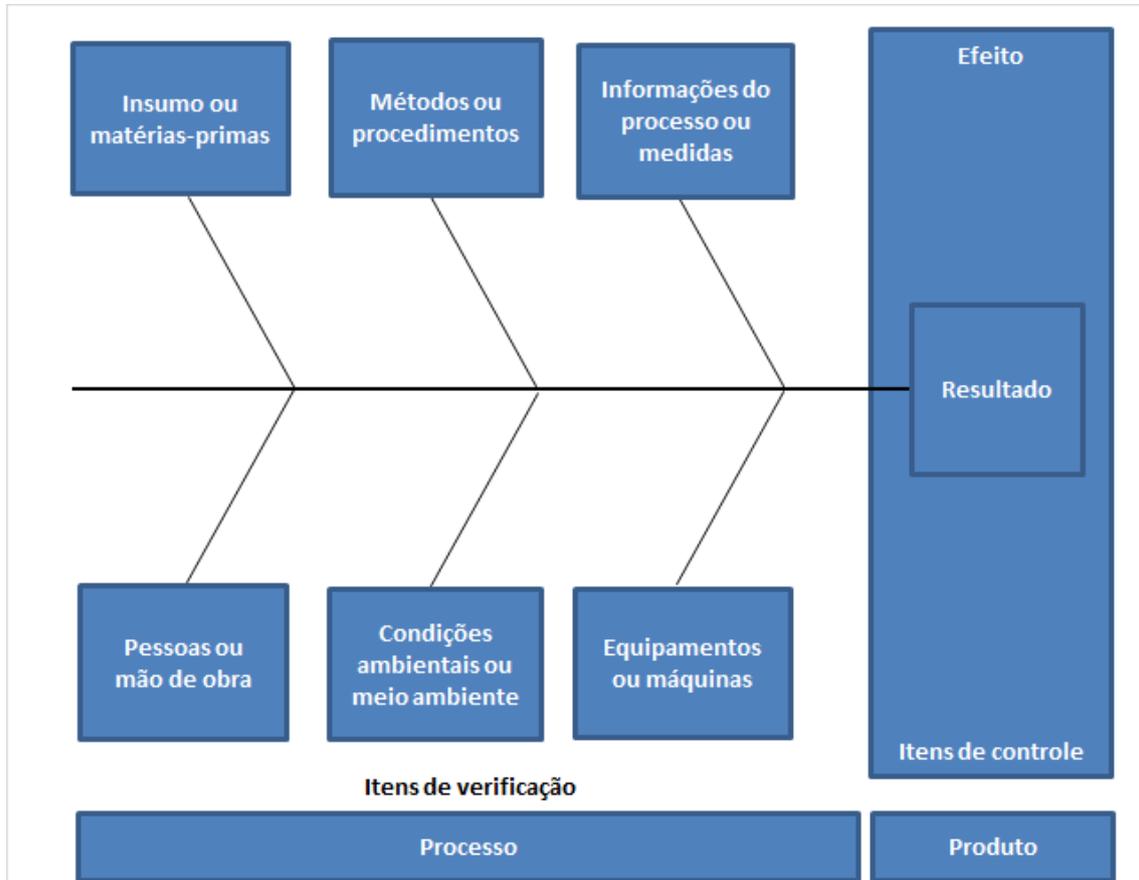


Figura 1. Diagrama de causa e efeito.

Fonte: WERCKMAN, 2013

A autora utiliza o exemplo de uma lavanderia demonstrando como cada divisão e subdivisão se desenvolvem. Com isso é possível ter todo o mapeamento do processo claramente identificado e de forma visível facilitando o trabalho analítico para identificar e intervir em algum problema de forma eficiente.

Werckman (2013) faz uma analogia em que cada componente dentro do processo possui um cliente, e que o primeiro passo para controlar este fluxo de ações é identificar qual o cliente de cada equipe ou divisão, ou seja, cada componente do processo é responsável por produzir itens para uma outra equipe.

Ao identificar o produto que cada componente deverá entregar para a próxima etapa devem ser estabelecidas as características deste produto que atendam as necessidades dos clientes. Então cada uma dessas características deve ser transformada em um item de grandeza mensurável que é denominado item de controle (IC). Dentro do processo de produção os IC's podem ser afetados por diversas causas e as principais causas que afetam cada IC e que podem ser medidas e controladas são chamadas de itens de verificação (IV). Desta forma o diagrama de causa e efeito trabalha com a identificação dos IC's e IV's.

A aplicação desta ferramenta deve ser feita disciplinadamente afim de garantir a qualidade intrínseca ao mesmo tempo que garante a qualidade extrínseca, ou seja, gera qualidade tanto para o cliente interno do processo de produção quanto para o cliente externo que irá comprar o produto final.

O exemplo utilizado por WERCKMAN (2013), demonstrado na Figura 2, para deixar mais claro é relacionado a empresa de lavanderia, sendo um IC o número de roupas danificadas e seus IV's o tempo médio de lavagem e temperatura de lavagem.

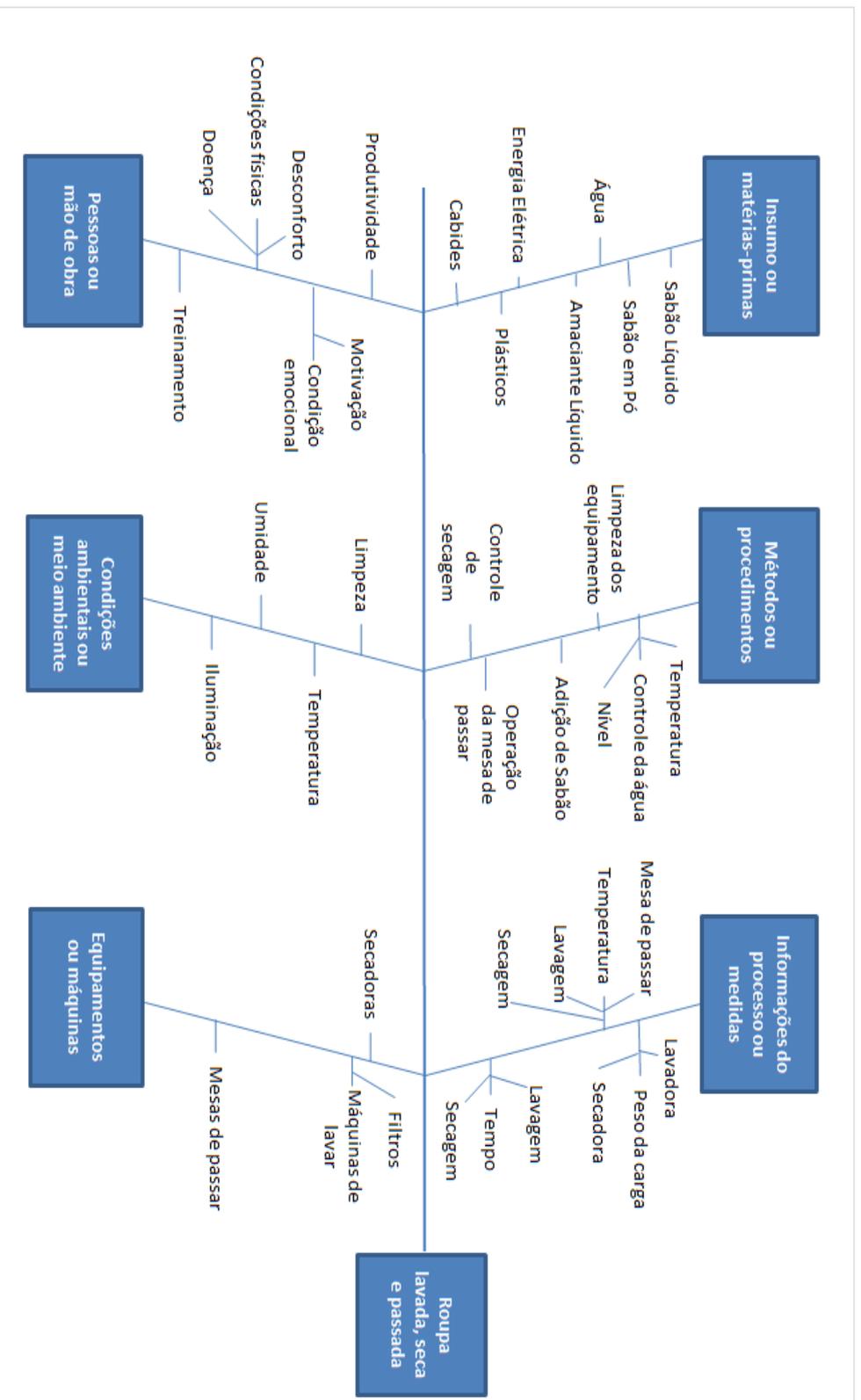


Figura 2. Diagrama de causa e efeito de uma lavanderia.

Fonte: WERCKMAN (2013)

3.5.2 PDCA

A ferramenta de controle de processos PDCA é uma metodologia de gestão que orienta as tomadas de decisões a fim de garantir o alcance das metas necessárias para a sobrevivência de uma organização (ESTEVEES e MOURA, 2010). O PDCA é um ciclo composto das etapas de *Plan*, *Do*, *Check* and *Act*. As Figuras 3 e 4 apresentam a representação esquemática do ciclo de PDCA e um fluxograma explicativo do mesmo, respectivamente.

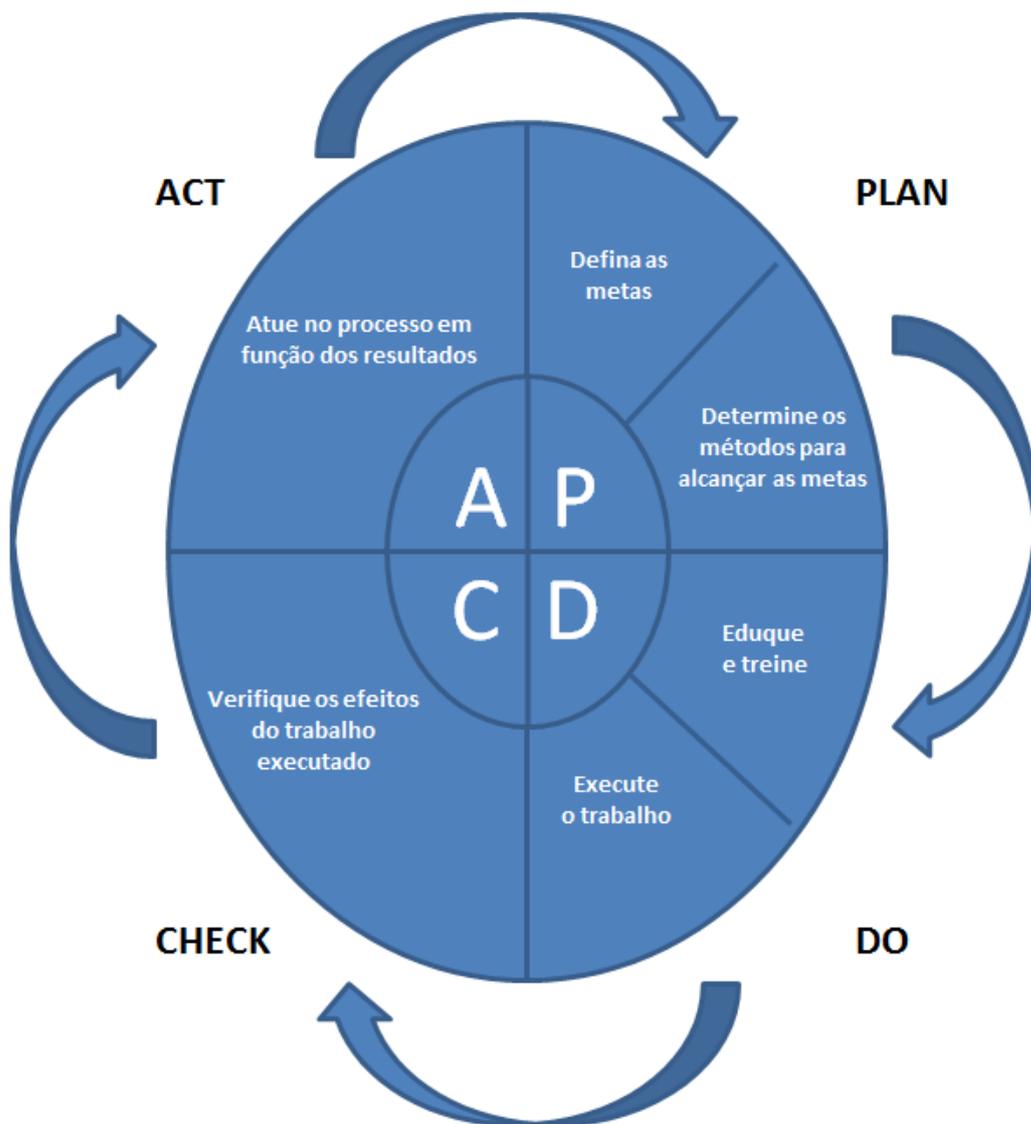


Figura 3 – Ciclo de PDCA.

Fonte: CAMPOS (2004)

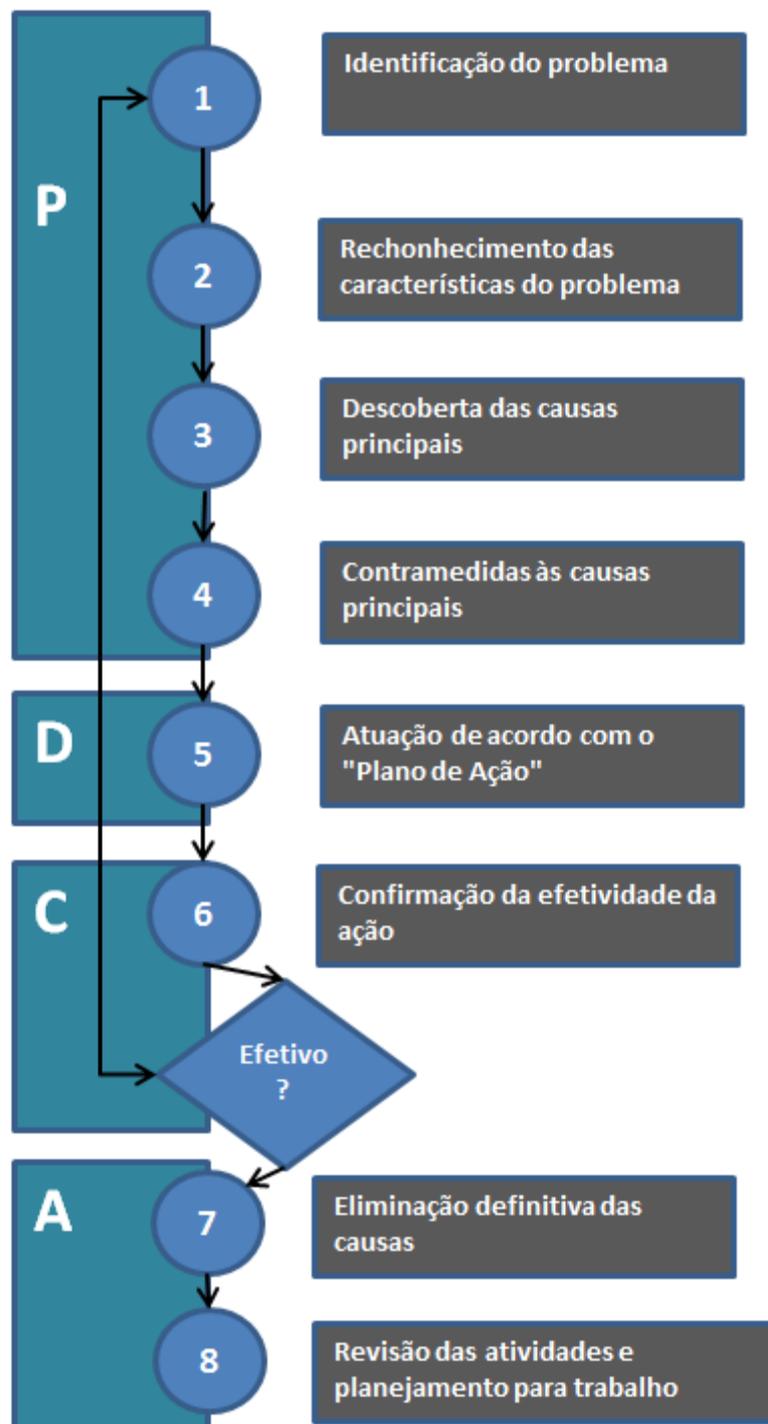


Figura 4 – Fluxograma para as metas de melhoria.

Fonte: CAMPOS (2004)

Werckman (2013) descreve o PDCA como um método de gestão que representa o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas. Ela também comenta em sua obra que variadas ferramentas analíticas e principalmente estatísticas são necessárias para coletar os dados necessários da cadeia de processo.

3.5.2.1 *Plan*

É a fase de identificação do problema e definição da meta. A partir do momento que o problema é caracterizado ele deve dar origem a um objetivo, uma meta. Esta meta de acordo com Werckman (2013) pode ser classificada como “Boa” ou “Ruim”, sendo a primeira originada de um plano traçado por necessidade de evolução no mercado ou competitividade da empresa no meio. A segunda vem de problemas crônicos que são caracterizados como anomalias de alta prioridade, normalmente são de difícil resolução e precisam de uma análise mais profunda.

Após o estabelecimento da meta o problema deve ser analisado, ou seja, investigar suas características comparando juntamente com as metas traçadas e determinar um foco do problema. Sem um foco o giro do ciclo andaria de modo amplo e os planos de ações não seriam eficientes.

A análise do processo também é necessária, sendo efetiva utilizando as informações já traçadas, ou seja, com o foco do problema e as anomalias identificadas. Após a dissertação do problema no processo o plano de ação é estruturado com ações estabelecidas a partir do que foi ponderado.

3.5.2.2 *Do*

Na segunda fase do ciclo do PDCA o plano de ação traçado na primeira etapa deve ser colocado em prática e deve ser feita a coleta de dados que permita a verificação do processo. Nesta etapa é fundamental ações de educação e treinamento no trabalho para que as ações sejam executadas de maneira satisfatória para o alcance das metas traçadas (ESTEVEZ E MOURA, 2010).

3.5.2.3 *Check*

Na etapa de *Check* as informações das ações realizadas são verificadas e cruzadas com as metas estabelecidas. Se a meta não pode ser cumprida o ciclo deve ser reiniciado com um novo planejamento na fase P. Caso a meta tenha seu objetivo satisfeito segue-se para o próximo passo.

3.5.2.4 *Act*

Nesta fase final as ações que foram efetivas por alavancarem o resultado esperado devem ser padronizadas com a confecção dos POP's (Procedimentos Operacionais Padrão) a fim de bloquear a ocorrência do problema novamente (ESTEVEZ E MOURA, 2010; WERCKMAN, 2013)

IV OBJETIVO

4.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi descrever a aplicação da ferramenta de qualidade chamada PDCA para a melhoria do índice de contaminação microbiológica Micro Index (MI) de uma fábrica de cerveja do Distrito Federal.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar as áreas de maior impacto no MI;
- Descrever a aplicação da ferramenta de diagrama de causa e efeito como auxiliar ao PDCA;
- Descrever a aplicação da metodologia de PDCA nas etapas de *Plan*, *Do* e *Check* para a melhoria do MI;
- Avaliar o MI após a aplicação das ferramentas diagrama de causa e efeito e PDCA;

V METODOLOGIA

5.1 Metodologia do PDCA

A fábrica estudada neste trabalho utiliza os preceitos do controle de qualidade total, e uma das metodologias propostas nos padrões da companhia para tratamento de problemas é o próprio PDCA. Todos os padrões da companhia relacionados ao controle de qualidade seguem as demandas das boas práticas de fabricação para cervejas determinadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que audita periodicamente a companhia para o cumprimento do mesmo. Dados detalhados dos procedimentos de assepsia, dos procedimentos e análises microbiológicos e seus respectivos padrões e POP's não puderam ser apresentados por sigilo corporativo de dados da empresa. Como metodologia para tratar o problema que acomete a fábrica de produção de cerveja, foi escolhida ferramenta de PDCA. De acordo com cada uma de suas etapas foram determinadas metas de contaminação para referência de resultados a serem atingidos, o foco de trabalho, sendo os pontos mais críticos da contaminação microbiológica, e um plano com ações foram determinadas para serem cumpridas e possivelmente solucionarem o problema estudado.

A aplicação da ferramenta do PDCA foi iniciada a partir do final de fevereiro de 2013 e seus dados neste trabalho remetem até agosto de 2013.

Na etapa de *Plan* o problema identificado nas linhas de produção de cerveja do estudo foi a incidência da contaminação microbiológica descrita pelo índice de MI abaixo da meta de 74% tanto no mês de janeiro como fevereiro, ou seja, o nível de contaminação está elevado, acarretando na diminuição do mesmo. Depois de determinado o problema uma análise de quais etapas do processo de produção de cerveja impactava de forma mais grave no índice de MI de acordo com as análises de coletas microbiológicas, e partir destes dados as três mais agravantes foram selecionadas para aprofundar o estudo.

O MI é um índice que remete ao quão contaminada a cerveja produzida está em determinado momento. Seu número vai de 0 a 100%, sendo que quanto mais alto o índice indica-se menos cerveja contaminada. Por exemplo, se o MI indica 60% significa que 60% da cerveja produzida está ausente de contaminação e 40% da cerveja está contaminada com microrganismos. Ressalta-se que neste trabalho todos os

problemas encontrados foram de microrganismos deteriorantes e nenhum de forma patogênica, além de que, mesmo deteriorantes, estes foram completamente eliminados na fase de pasteurização antes do envase. A informação dos microrganismos foi fornecida pelo laboratório de microbiologia da fábrica em estudo e neste trabalho estudou quais microrganismos especificamente. O cálculo do MI é feito a partir do número de coletas de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) identificadas nas culturas feitas das amostras de cerveja coletadas da cadeia do processo de produção de cerveja, cada resultado de diferentes meios de cultura possuem pesos diferentes dentro do cálculo, ou seja, alguns meios de cultura ao saírem contaminados impactam mais no índice do que outros meios de cultura. A metodologia microbiológica será melhor esplanada no item 5.3 juntamente dos métodos utilizados para os meios de cultura utilizados no verificador de frequência de coletas. O cálculo não pode ser descrito, pelo fato do MI ser uma ferramenta e um índice corporativo.

Como descrito na literatura, o PDCA necessita de ferramentas auxiliares para implementar questionamentos e deduzir hipóteses e problemas a serem estudados. A principal ferramenta auxiliar utilizada foi o diagrama de causa e efeito.

O diagrama foi aplicado na etapa de *Plan* do ciclo logo após o estabelecimento das metas e do foco do problema. A sua utilização deu melhor visibilidade do problema e originou IC's e IV's do ponto do processo de produção de cerveja escolhido como área foco do problema. Também o seu uso orientou a escolha de hipóteses de causas fundamentais para alguns problemas de IC's escolhidos.

Juntamente do diagrama, três ferramentas utilizadas na companhia foram aproveitadas para auxiliar no ciclo do PDCA, estas foram o índice de MI (índice microbiológico), o verificador de frequência de assepsia e o verificador de frequência de coletas microbiológicas.

O verificador de frequência de coletas microbiológicas é uma ferramenta de monitoramento utilizada para checar se todas as coletas relacionadas aos procedimentos de assepsia foram devidamente realizadas. Seus dados se relacionam diretamente em alimentar o cálculo de geração do índice de MI.

O verificador de frequência de assepsia é outra ferramenta da companhia destinada a monitorar se a frequência dos procedimentos de assepsia e sanitização foram realizadas de acordo com o padrão de assepsias.

Ambas as ferramentas de verificação de frequência já eram aplicadas antes do trabalho ser desenvolvido, as mesmas foram aprimoradas e continuamente aplicadas com amplitude de todas as áreas de produção de cerveja até o envase.

Após toda a fase de estudo e análise do objetivo em questão, variados IC's e IV's foram delineados para serem monitorados tanto em formato de *check list* aplicado em campo, como em um plano de ação estruturado nas evidências levantadas.

O *check list* foi aplicado a cada vez que um procedimento de assepsia era averiguado, para acompanhar a qualidade do procedimento de assepsia. O conteúdo do questionário de *check list* não pôde ser publicado neste trabalho por se tratar de itens específicos do padrão de assepsia da companhia. Mas, resumidamente, é um questionário composto dos dados essenciais para a assepsia: temperatura das soluções utilizadas, o tempo em que deveriam circular no sistema e o tempo dos enxagues, a concentração dos produtos, a pressão das bombas para que a ação física seja garantida pela turbulência das soluções e por fim o operador responsável pelo procedimento.

Para a determinação de outros IC's e IV's, um mapeamento do processo de produção de cerveja foi feito a partir da saída da brassagem até o envasamento com os seus respectivos pontos de coleta. A partir deste mapeamento foi possível avaliar qual área possuía um problema pontual de contaminação e quais etapas agregavam uma carga contaminante para a etapa seguinte.

Após a etapa de *Plan* ser concluída, o plano de ação foi estruturado a partir dos dados obtidos das ferramentas auxiliares utilizadas e do estudo do problema. O plano de ação caracteriza o início da etapa de *Do* no ciclo, e foi preenchido com demandas para solucionar as hipóteses de prováveis causas fundamentais para os problemas encontrados, entende-se como causa fundamental o motivo principal por causar o problema. O plano conteve ações demandadas para responsáveis com instrução de como realizá-la com prazo de data para ser entregue. Este plano foi monitorado quinzenalmente em reuniões e discutido seus status, dificuldades e pendências, além de traçar novas ações com o decorrer do trabalho.

Depois de concretizadas as ações do plano a etapa de *Check* foi realizada analisando a evolução do MI comparando-o com as metas estabelecidas. O estudo da evolução também foi feito detalhadamente a partir da quantidade de UFC's encontradas nas cervejas fermentada e maturada. Esta etapa foi importante para avaliar se as ações foram bem estruturadas e se foram efetivas no seu objetivo de diminuir o problema de contaminação.

Os procedimentos de assepsia e os procedimentos microbiológicos são descritos a seguir brevemente por fazerem parte da rotina padrão e por serem a base para obtenção das metas e ações do PDCA.

5.2 Delineamento metodológico da assepsia

A cerca dos procedimentos de assepsia, todos foram seguidos fielmente aos padrões corporativos da companhia que tomam por base os princípios básicos da assepsia. O princípio é composto pelo uso do produto correto, na concentração determinada, com a temperatura adequada e sob ação física tanto manual quanto por fluxo turbulento de solução. Sendo que, os produtos fundamentais utilizados foram soda cáustica, ácido peracético, ácido nítrico para os procedimentos de circulação interna de solução nas tubulações, externamente nas estruturas foram utilizados detergentes de caráter alcalino e caráter ácido, para os chamados banhos de guarda, onde as peças em repouso fora de utilização, foi usado detergente quaternário de amônia, todos nas concentrações pré-determinadas pelo padrão. Os detergentes de uso externo foram diluídos e aplicados por um tanque disparador de espuma para facilitar a aplicação do produto. No padrão foi descrita a frequência de realização dos procedimentos de assepsia a serem realizadas em cada ponto da produção de cerveja e também, e além dos procedimentos de rotina também foi determinado procedimentos com caráter diferente do usado no dia a dia, por exemplo, se uma etapa utiliza diariamente o uso de Soda Cáustica em determinada concentração, a cada três meses seria utilizado Ácido Nítrico ou outro ácido para não haver criação de resistência microbiológica.

Um Procedimento Operacional Padrão (POP) montado a partir dos padrões de assepsia foi utilizado em todas as etapas de produção da cerveja para orientar a operação a realizar os procedimentos de assepsia de forma fiel ao padrão. Para avaliar a qualidade

A partir dos pontos de coleta demonstrados na Figura 5 foi possível avaliar a efetividade dos procedimentos de assepsia. A rastreabilidade microbiológica foi um mapeamento de grande ajuda para estudar em quais etapas o problema de contaminação estava concentrado e determinar novos IC's e Verificação para serem abordados no plano de ação.

As amostras após coletadas foram incubadas em meios de cultura seletivos e analisadas visualmente por microscópio e leitor com lupa para a contagem de UFC's. A contagem destas colônias determinou a classificação da gravidade destes pontos através de faixas relacionadas às cores verde, amarela e vermelha. Esta classificação foi relacionada respectivamente pelos números: 9 UFC, 10 a 99 UFC e mais de 99 UFC. A frequência das coletas microbiológicas foi determinada pelos padrões da companhia e por sigilo industrial não foi possível divulgar estes dados.

5.3.1 Meio de Cultura Raka ray agar

Usado para detectar bactérias anaeróbias potencialmente deteriorantes. O meio foi preparado pesando 77,1g de meio de cultura seletivo Ágar Raka Ray (RK) e diluindo em 1 litro de água destilada. Também foi adicionado 10 mL de tween 80 e 7mL de actidiona antes do plaqueamento. O conteúdo do meio é composto por: Extrato de Fermento a 5 g/L, 20 g/L de Triptona, 1 g/L de Concentrado de Fígado, 10 g/L de Maltose, 5 g/L de Frutose, 5 g/L de Glucose, 2 g/L Betaína HCL, 2 g/L Di-amonio Hidrogeno Citrato, 2,5 g/L de Ácido L-Aspártico, 2,5 g/L Ácido L-Glutâmico, 2 g/L de Sulfato de Magnésio, 2 g/L de Fosfato de Potássio, 0,5 g/L N-Acetil glucosamina, 17 g/L de Ágar. A placa foi contada em um contador de colônias quadriculado (OXOID, 2013).

5.3.2 Meio de cultura YM + CuSO₄

Utilizado na detecção de leveduras dos gêneros *Saccharomyces* e não *Saccharomyces*. O cobre irá selecionar o crescimento, permitindo as leveduras selvagens enquanto elimina as de cultura cervejeira. A concentração final foi de 500 ppm. A solução de CuSO₄ foi preparada previamente para posterior adição no meio de

cultura seletivo Yeast Medium (YM). A primeira foi preparada pesando 1,59g de CuSO₄ e diluindo em 50 mL de água destilada. A composição básica do meio é: 5 g/L de Digestão Peptica de Tecido Animal, 3 g/L de Extrato de Levedura, 3 g/L de Extrato de Malte e 10 g/L de Dextrose. O meio YM foi preparado pesando 41g do mesmo e diluindo em 1 litro de água destilada sob aquecimento e agitação. A placa foi contada em um contador de colônias quadriculado (OXOID, 2013)

5.3.3 Meio de cultura WLN e WLD

O meio de cultura seletivo Wallerstein Laboratories Nutrient (WLN) é utilizado para a contagem de microrganismos aeróbios, tanto bactérias quanto leveduras. O meio de cultura seletivo Wallerstein Laboratories Diferencial (WLD) é o mesmo meio WLN, porém com a adição de actidiona que irá inibir o crescimento das leveduras cervejeiras e algumas selvagens. A composição do meio é: 5 g/L Caseína Enzimática Hidrolisada, 4 g/L de Extrato de Levedura, 50 g/L de Dextrose, 0,55 g/L de Fosfato Monopotássico, 0,42 g/L de Cloreto de Potássio, 0,12 g/L de Cloreto de Cálcio, 0,12 g/L de Sulfato de Magnésio, 0,0025 g/L de Ioreto Férrico, 0,0025 g/L de Sulfato de Manganês, 0,022 g/L de Verde Bromo Cresol e 20 g/L de Ágar. Para a preparação do meio WLN pesou-se 75g do mesmo e diluído em 1 litro de água destilada, para a preparação do meio WLD a actidiona foi adicionada na concentração final de 4 ppm (OXOID, 2013).

O critério para avaliação do nível de contaminação do ponto se dá pelo número de UFC's contabilizadas,

VI RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho foram adquiridos a partir do planejamento obtido do PDCA. Seguindo o fluxo Plan, Do, Check and Act do PDCA a primeira etapa realizada foi à identificação do problema, seguida das etapas de estabelecimento de metas, análise do problema, foco de ação do problema e o estabelecimento dos IC's e de Verificação.

6.1 Plan

O primeiro passo do PDCA, também conhecido como planejamento, é a etapa chave para o sucesso da ferramenta. Mattos (2013) concorda com a afirmação e também comenta que é a importante por iniciar o ciclo da ferramenta. Badiru (1993) afirma que a essência do ciclo é um planejamento bem estruturado, e que se feito corretamente irá gerar bom dados para as próximas etapas.

Gobis e Campanatti (2012), dizem em seu trabalho que “Uma gestão de qualidade eficiente necessita da criação de um conjunto de estratégias e planos de ação com o intuito de acompanhar o desenvolvimento da produção, onde o processo evolutivo da gestão da qualidade é obtido através da interação de toda a empresa por um longo período, de forma contínua e progressiva.”, ou seja, esta fase foi estruturada com o máximo de dados e com cautela para não gerar informações errôneas, o que poderia dar origem a más ações para o plano de ação.

6.1.1- Identificação do problema

De acordo com a Tabela 2, percebe-se que antes da aplicação do PDCA a porcentagem de cerveja contaminada em janeiro e fevereiro era de 33% e 36% respectivamente, o que pode acarretar possíveis problemas de deterioração na cerveja. Como este índice remete à fábrica toda, o problema identificado necessitou ser analisado e estratificado para encontrar seu foco e poder trata-lo. Sakamoto e Konings (2003) comentam que muitos microbiologistas dispuseram de grandes esforços para controlar contaminações microbiológicas em prol da boa qualidade do produto.

Tabela 2- Índice de contaminação microbiológica nos meses de janeiro e fevereiro de 2013.

Índice de MI	JANEIRO	FEVEREIRO
Índice da Fábrica	67%	64%
Meta	74,00%	74,00%

6.1.2- Estabelecimento das metas

Werckman (2013) cita em sua obra que para que a etapa de *Plan* seja efetiva metas a cerca do problema devem ser estabelecidas para guiar as ações que serão determinadas ao final da etapa.

Para o problema de contaminação identificado a meta que foi estabelecida se relaciona com o MI. O objetivo traçado pela companhia onde ocorreu o estudo foi mês a mês atingir os valores de MI apresentados no Gráfico 1 e com isso atingir a meta chamada “acumulado do ano”, que é a média aritmética do índice de MI de todos os meses do ano. Essas metas foram estabelecidas pela companhia, já eram utilizadas desde o mês de janeiro, e foram adotadas como meta de referência para o PDCA a ser trabalhado. Analisando o Gráfico 1 é possível visualizar que a meta adota três etapas constantes onde se apresenta no valor de 74% e por duas vezes há uma queda para 64%, esse número de baixo valor foi explicado por medida preventiva para caso haja alguma contaminação microbiológica de microrganismos deteriorantes no fermento, de acordo com os cálculos estabelecidos para o MI se houver contaminação pelo mesmo em torno de dez pontos percentuais devem ser descontados do índice automaticamente, ou seja, um impacto muito grande de maior proporção do que as faixas de contaminação no meio Raka Rey.

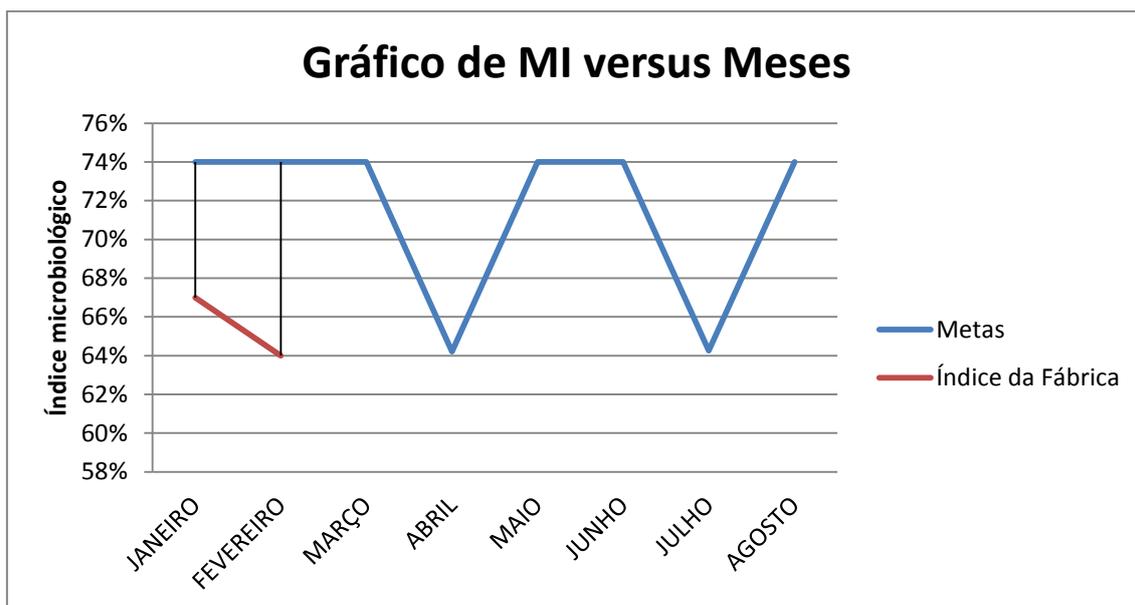


Gráfico 1- Gráfico de índices do MI comparado com as metas a cada mês

O Gráfico 1 apresenta as metas de MI dos meses de janeiro a agosto de 2013, visto que foi até o mês de agosto que a coleta de dados do trabalho aconteceu. Estas metas foram determinadas corporativamente. O ciclo do PDCA foi iniciado no mês de fevereiro, sendo todos os resultados a partir de março, fruto dos resultados da aplicação da ferramenta.

O estabelecimento de uma meta a ser seguida auxilia a dar foco ao trabalho e uma linha a ser seguida. O alcance da meta demonstra na fase de *Check* que a aplicação da ferramenta de PDCA foi efetiva, ou seja, a meta é a referência de um bom resultado no trabalho desenvolvido.

Campos (1996) define o ciclo PDCA com as suas palavras como: “O PDCA é um método de gerenciamento de processos ou de sistemas. É o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos produtos dos sistemas empresariais.”, demonstrando a grande importância da definição de uma meta eficiente para guiar a linha de trabalho.

6.1.3 Análise do problema

A identificação do problema somente fornece informações muito amplas do que deve ser tratado, então após o estabelecimento das metas foi estudada a contaminação a fim de entender melhor o problema e determinar um foco para as ações. Levando em consideração que as faixas de contaminação amarela de verde são de bem menor impacto comparada com a faixa vermelha, a Tabela 3 demonstra a distribuição das faixas vermelhas que resultantes de janeiro e fevereiro, sendo um total de 62 e 118 faixas vermelhas respectivamente em janeiro e fevereiro. O resultado ideal para a Tabela 3 seria a total ausência das faixas de contaminação que refletiria em número mais alto para o MI. Desta forma identificou-se que as etapas de filtração, maturação e fermentação compuseram a maior parte da faixa vermelha nos meses de janeiro e fevereiro revelando que são estes pontos que merecem maiores intervenções.

Tabela 3- Relação de faixas vermelhas pelos meses de janeiro e fevereiro.

Faixas Vermelhas por meses	Janeiro	Fevereiro
Filtração	36	93
Maturação	20	18
Fermentação	6	7

Tabela 4 – Índices de contaminação microbiológica nos meses de janeiro e fevereiro de 2013.

Índice de MI	JANEIRO	FEVEREIRO
Índice da Fábrica	67%	64%
Adegas de Fermentação	73,20%	73%
Maturação	82%	79,10%
Filtração	51,90%	40,40%

A análise do MI por áreas estratificadas também aponta para as áreas da filtração, maturação e fermentação como importantes pontos de contaminação. Ao final do trabalho é esperada uma evolução dos dados da Tabela 3 e que cada mês as metas de MI sejam alcançadas também obtendo um número excelente para o acumulado do ano.

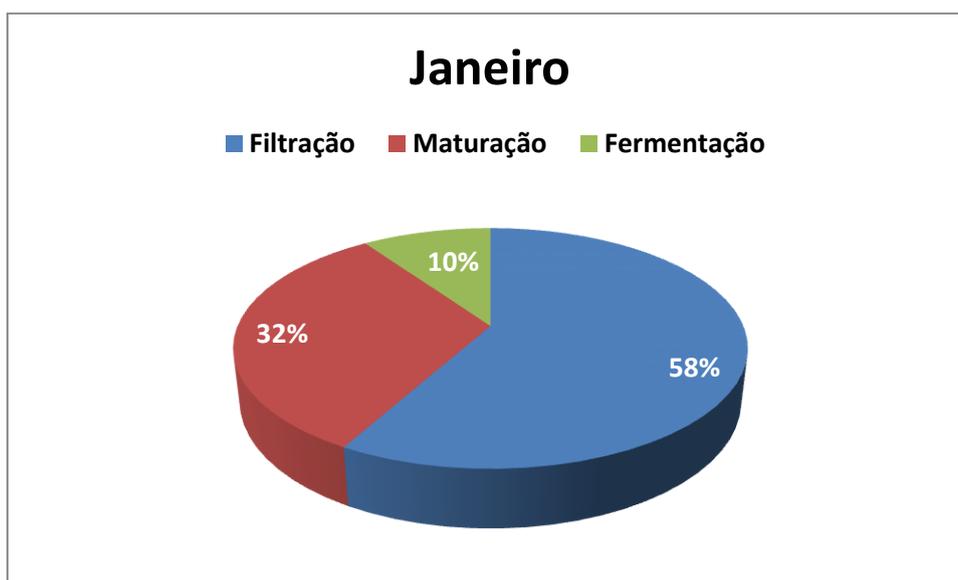


Gráfico 2 - Gráfico de comparação de faixas vermelha entre as três áreas mais impactantes na contaminação do processo de produção de cerveja.

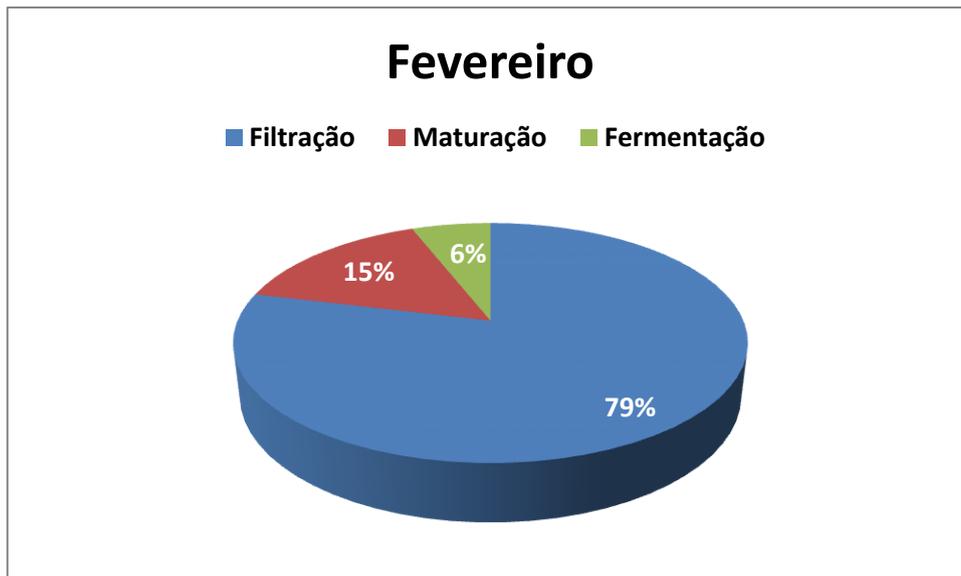


Gráfico 3- Gráfico de comparação de faixas vermelha entre as três áreas mais impactantes na contaminação do processo de produção de cerveja.

Os gráficos 2 e 3 demonstram que dentre as três áreas de maior contaminação identificadas a filtração se destaca como a de maior contribuição para a queda do MI, com porcentagens de 58% em janeiro e 79% em fevereiro.

Nesta etapa da análise uma hipótese foi desenvolvida para tentar explicar o porquê da grande carga microbiológica estar concentrada na filtração. Levando em consideração a logística da sequência de produção da cerveja a concentração de contaminação na filtração pode ser devida a causas especiais como a presença de pontos mortos das soluções de CIP, que são locais cuja solução de esterilização que é utilizada na limpeza não consegue alcançar todos os pontos da tubulação deixando alguma área sem limpeza eficiente ou ainda alguma tubulação que não esteja com a frequência correta de assepsia. Além das causas especiais cogitou-se a possibilidade da carga microbiológica agregar-se à filtração vindo das etapas precedentes, no caso maturação e fermentação, levando o questionamento de qual área deveria ser o início das intervenções.

6.1.4 Foco de ação do problema

De acordo com Werckman (2013) é necessário o estabelecimento do foco de trabalho do problema após a análise do mesmo.

A partir das estratificações tanto do MI quanto das faixas de contaminação foi possível identificar o primeiro foco para a resolução do problema, ou seja, identificaram-se a filtração, fermentação e maturação como pontos prioritários para o controle de contaminação. Entretanto dentre as três áreas determinadas foi necessário estabelecer uma para se iniciar os trabalhos com todos os recursos disponíveis e traçar ações somente para a área que foi escolhida.

Com base na hipótese da transferência da carga microbiana da fermentação e maturação para a filtração a partir do próprio fluxo de produção da cerveja determinou-se que a melhor opção seria desenvolver as ações nas áreas da fermentação juntamente com a maturação, pois logisticamente estas antecedem a filtração, além de estarem fisicamente no mesmo ambiente e com o mesmo grupo de operários trabalhando. Além disso, ressalta-se que a área da brassagem não foi foco de ação por não ter apresentado nível de contaminação relevante.

6.1.5 Estabelecimento dos Itens de controle e Itens de verificação

Andrade (2003) faz uma citação da fala de Campos (1996) em seu trabalho sobre os IC's "Segundo Campos (1996), IC pode ser definido como item de gerenciamento. Pode ser gerado todas as vezes que uma meta é estipulada (o IC está intrinsecamente ligado à meta estipulada no início do ciclo PDCA), ou pode estar contido no gerenciamento da rotina. Um IC atua no efeito do processo, ou seja, incide no resultado final (produto)".

De acordo com a figura 1 apresentada na introdução sobre os diagramas de causa de efeito, IC's e IV's são traçados para auxiliar a resolução do problema. No caso do presente trabalho são itens específicos a serem analisados e que ajudam a traçar hipóteses de possíveis pontos responsáveis pela geração de contaminantes.

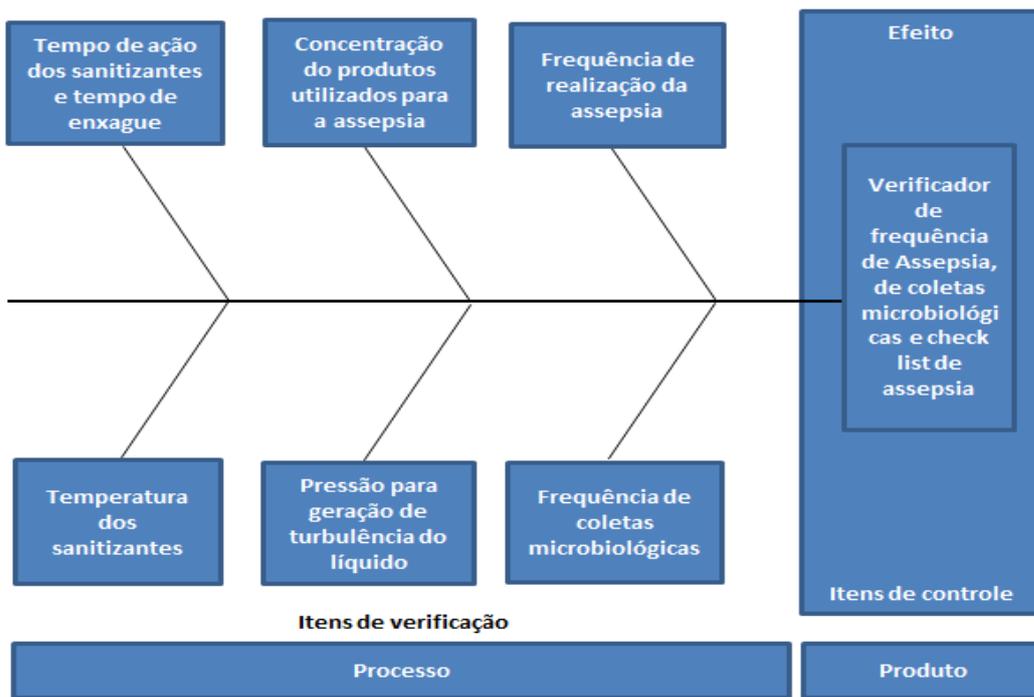


Figura 6- Diagrama de causa e efeito de assepsia com IC's e IV's estabelecidos.

De acordo com a Figura 6 apresentado três IC's foram identificados (verificador de frequência de assepsia, verificador de coletas microbiológicas e *check list* de assepsia) por monitoramento de seis IV's (tempo de ação dos sanitizantes e tempo de enxague, concentração dos produtos utilizados para a assepsia, frequência de realização da assepsia, temperatura dos sanitizantes, pressão para a geração de turbulência do líquido. E a frequência de coletas microbiológicas).

Os verificadores de assepsia e de coletas microbiológicas já são utilizados amplamente na rotina de monitoramento das demais áreas da produção de cerveja. No entanto, no PDCA traçado para o controle do MI estes verificadores foram aprimorados para melhorar o monitoramento da assepsia e as coletas microbiológicas.

A decisão de manter estes IV's no PDCA foi tomada por se tratarem de itens básicos que estruturam a assepsia e a microbiologia da fábrica inteira. Assim se algum erro ou novo problema ocorresse em áreas que estavam cumprindo 100% dos indicadores haveria um novo problema a ser resolvido, o que poderia retirar parte do foco reservado para os setores onde realmente é necessária intervenção.

Mattos (2013) comenta a cerca da fala do autor Feigenbaum (1994): “Para atingir a qualidade é imprescindível o monitoramento e a melhoria contínua com o objetivo de atender às exigências e às expectativas do cliente com relação aos produtos (FEIGENBAUM, 1994)”. Com este comentário é possível relacionar à importância do check sucessivo e o uso de ferramentas como o *check list* de assepsia aplicado em campo para se obter a melhora contínua e atingir as metas estabelecidas a cada mês.

Pelo fato dos procedimentos de assepsia serem feitos na fermentação e na maturação com muito maior frequência que na filtração, sendo na fermentação e maturação diariamente, as vezes repetidamente pelos turnos, e na filtração somente semanalmente, foi estabelecido que todos os procedimentos da filtração deveriam ser acompanhados por um supervisor independente do horário programado para ocorrer a operação. Este acompanhamento garantiu a diminuição de falhas operacionais nos procedimentos de assepsia, o que impacta de forma grave na qualidade do procedimento de assepsia. Isto demonstra uma hipótese de que ou os POP’s podem ter alguma falha ou o treinamento fornecido a operação talvez não tenha sido efetivo.

Tabela 5 – Índices do verificador de frequência de procedimentos.

Verificador de Assepsia % de cumprimento	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
Fábrica	93,36%	95,41%	99,38%	96,30%	99,30%	99,23%	100%	100%
Fermentação	91%	92,08%	100%	98,70%	100%	96,13%	100%	100%
Filtração	94,88%	85,92%	100%	100%	98,94%	100%	100%	100%

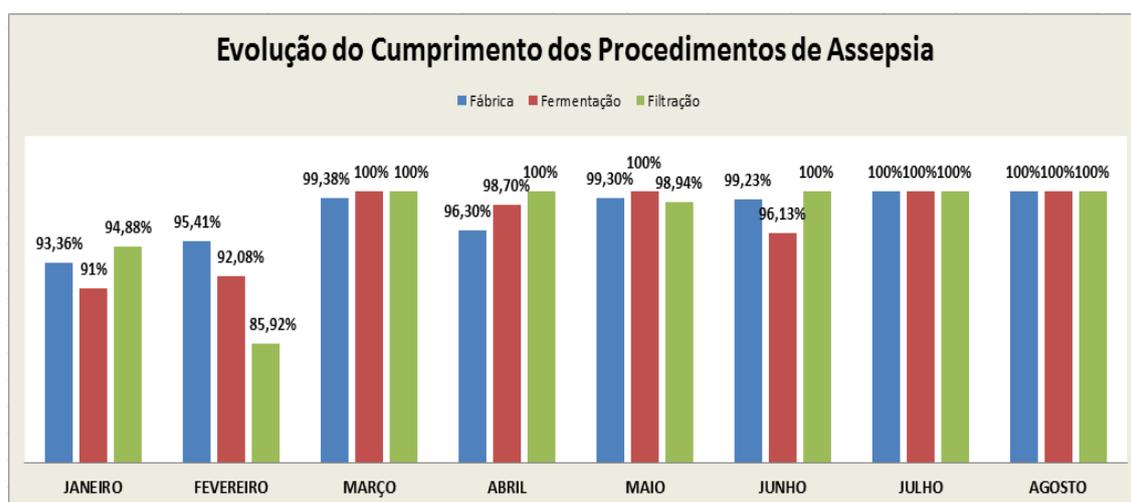


Gráfico 4 – Evolução dos verificadores de procedimentos de assepsia

Na Tabela 5 e no Gráfico 4 foi possível notar que houve uma evolução significativa depois da implementação do verificador de frequência de assepsia como IC. O índice de 100% deste verificador é estritamente necessário para o alcance da curva de metas estabelecidas no item 4.2 dos resultados no Gráfico 1 , por se tratar de um item básico de assepsia. Ou seja, a frequência em que todos os procedimentos de assepsia realizados em toda a cadeia de processo produtivo da cerveja interferem diretamente no alcance da meta de 74% para o mês de março, por exemplo. Assim sendo, se a frequência da assepsia não for cumprida, significa que não houve processo efetivo para garantir ausência de microrganismos.

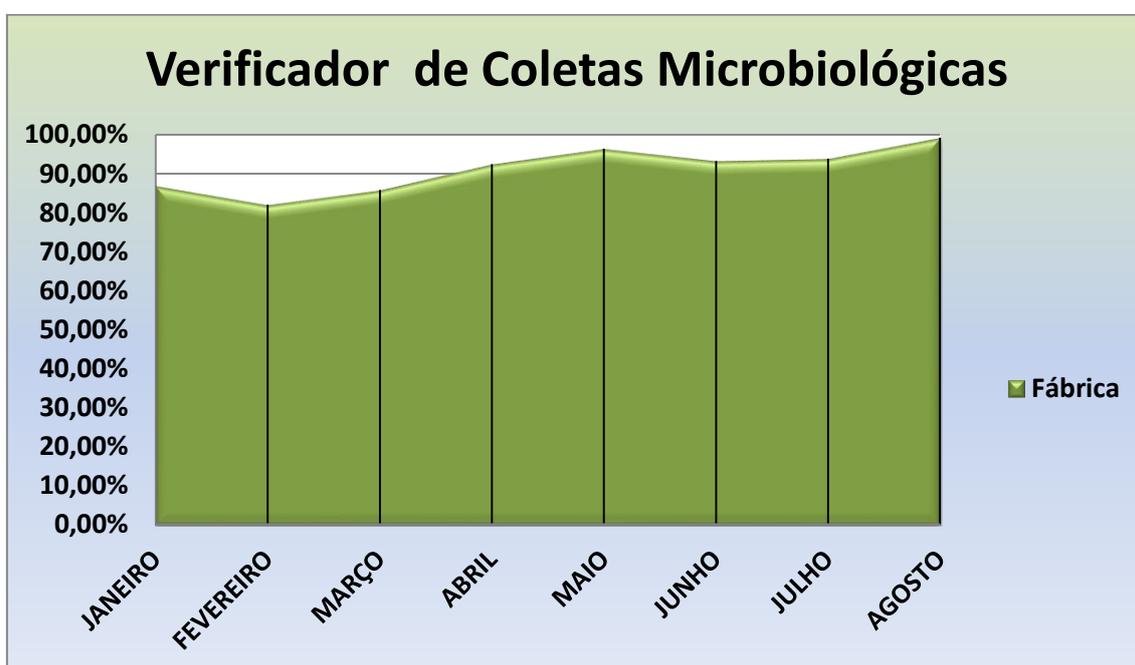


Gráfico 5 – Curva de evolução do verificador de frequência das coletas microbiológicas

As coletas microbiológicas foram realizadas em paralelo com os procedimentos de assepsia, uma vez que a falha neste procedimento implica em erros na visibilidade das metas, já que a meta estabelecida trata do número de MI a cada mês.

A maior parte das amostras foram coletadas por operadores responsáveis pelos procedimentos de assepsia. Logo as lacunas existentes durante as coletas são em sua maioria por algum problema na operação, sendo por diversos motivos como esquecimento, falta de material no momento, pressa ao realizar os procedimentos e entre outros.

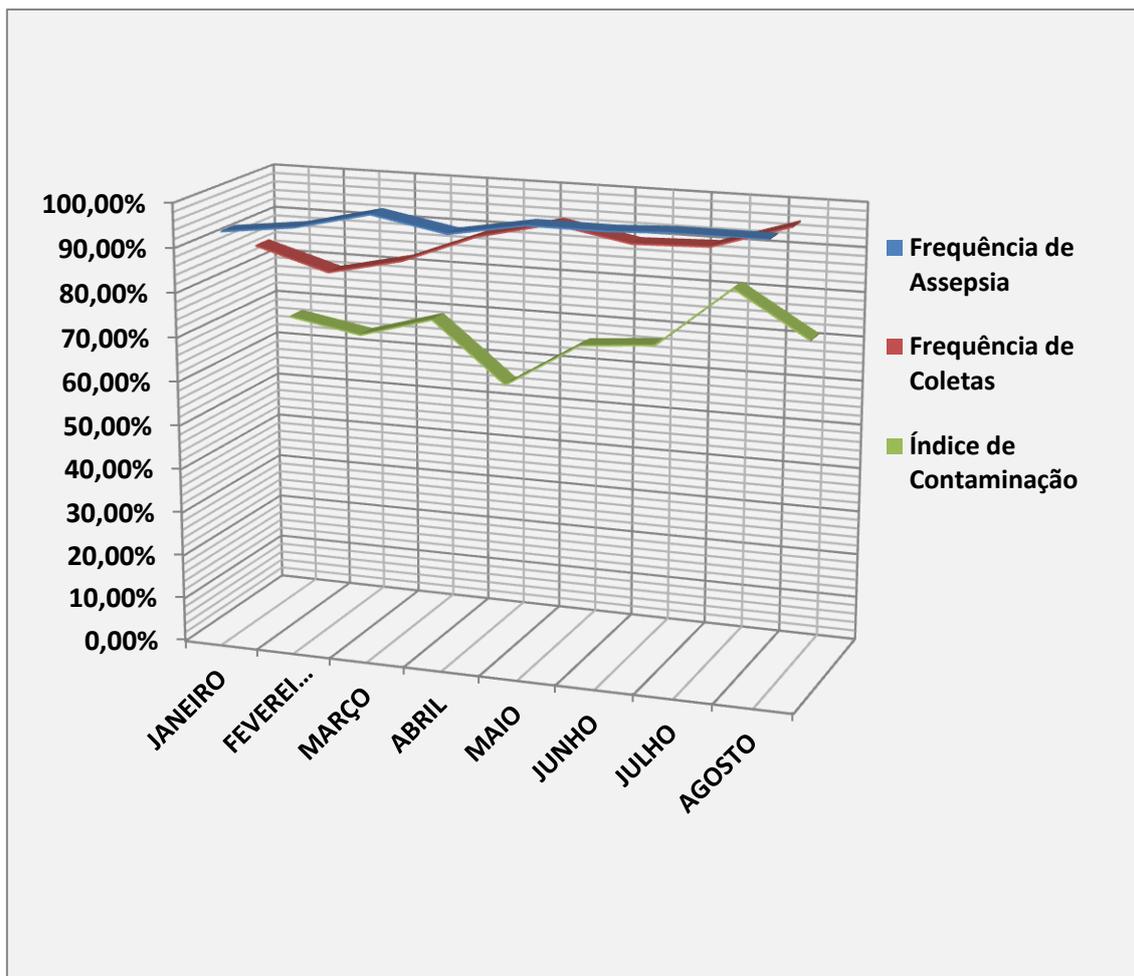


Gráfico 6 – Verificadores de assepsia e de coletas microbiológicas versus MI

Analisando o gráfico acima foi possível determinar o impacto dos dois IC's, verificador de frequência de assepsia e verificador de frequência de coletas microbiológicas, em relação ao MI, demonstrando que estes foram os ICs fundamentais no ciclo da ferramenta.

Para determinar IV's mais específicos para as causas especiais de contaminação já comentadas no item 4.3, foi confeccionado um mapa de rastreabilidade microbiológica de todo o processo de produção a partir do final da brassagem até o envase. O intuito de atingir as causas especiais, como principalmente alguns pontos dentro das tubulações da linha de produção onde as soluções sanificantes não conseguem ter ações efetiva, foi de que normalmente estes impactam de forma muito forte no índice do MI, no exemplo citado justamente pelo fato de existir um ponto onde a assepsia não é feita corretamente e uma carga microbiológica ser acumulada. Estas causas especiais podem às vezes ser chamadas de causa fundamental do problema estabelecido.

Destes IC's analisados e demonstrados na Figura 5 dois diagramas foram montados com os problemas considerados mais impactantes. O critério de escolha foi o ponto que possui-se maior peso na contaminação, ou seja agrega-se mais UFC's para o índice de MI e que demonstra-se pela análise dos passos seguintes, como na maturação e filtração, que estava levando carga contaminando de microrganismos para os próximos passos, além de ser uma questão estratégica.

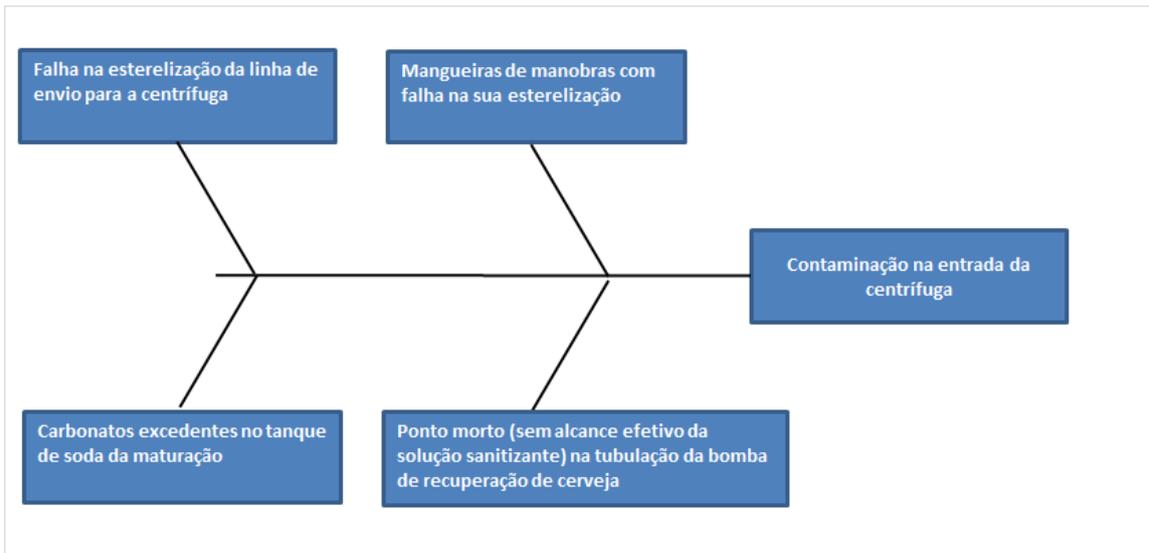


Figura 7- Diagramas de causa e efeito com dois IV's propostos.

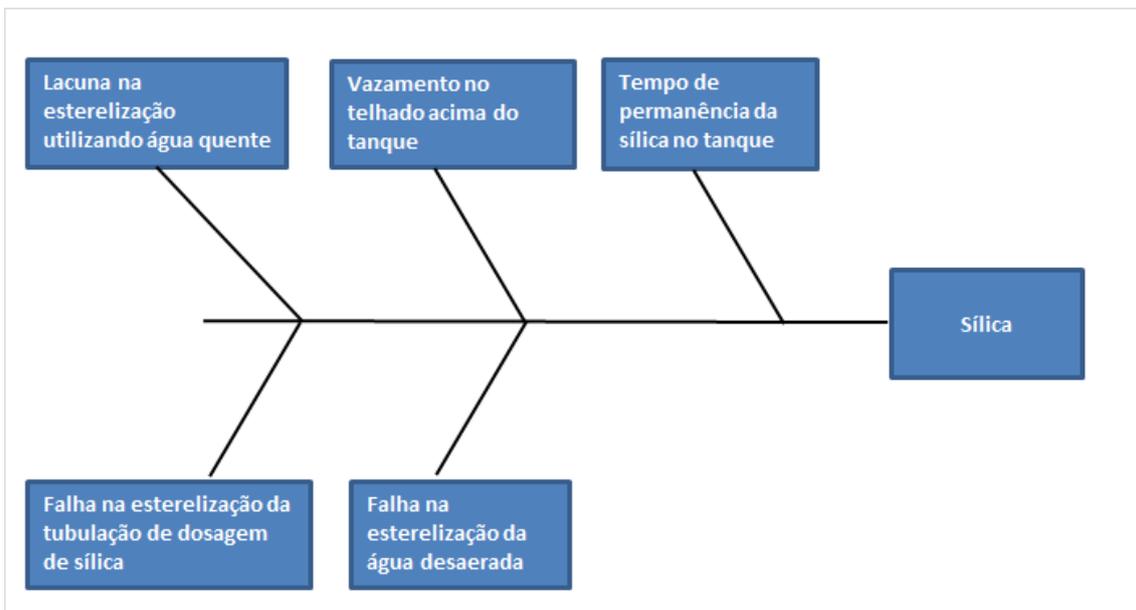


Figura 8- Diagramas de causa e efeito com dois IV's propostos.

De acordo com os resultados microbiológicos adquiridos da rastreabilidade demonstrada na Figura 5, ambos demonstraram que a entrada da centrífuga e a etapa de dosagem da sílica, Figuras 7 e 8, estavam permanecendo na faixa vermelha constantemente e agregavam carga microbiológica para as etapas posteriores. Com estes dois pontos mais críticos foram montados dois diagramas de causa e efeito com hipóteses de possíveis causas para estes dois problemas de contaminação.

Estas hipóteses foram caracterizadas como possíveis IV's pelo diagrama de causa e efeito mostrado nas Figuras 7 e 8, para sanar os pontos escolhidos da rastreabilidade. Todos os possíveis IV's foram testados com ações determinadas no plano de ação desenvolvido ao final da fase de *Plan* para serem executados na fase de *Do*.

Além dos dois pontos citados, alguns IV's foram propostos diretamente a partir dos IC's apontados na Figura 5.

Na Tabela 6 é possível visualizar os IC's e seus respectivos IV's propostos, sendo que alguns foram inclusos no *check list* de monitoramento dos procedimentos de assepsia já comentado, e os outros, como as hipóteses traçadas no diagrama anterior, definiram ações para o plano de ações.

Tabela 6- IV's relacionados à assepsia dos pontos da rastreabilidade.

Local	Itens de Verificação
Saída do resfriamento	Temperatura da água na esterilização
	Tempo de circulação da água
Ar comprimido	Ausência de umidade na linha
	Monitoramento do tempo de troca dos elementos filtrantes
Entrada do tanque fermentador	Monitoramento da esterilização das mangueiras de manobra
	Circulação de água quente para o recebimento de mosto
Cerveja no tanque fermentador	Vazamento das provadeiras de coleta
	Estanquidade no tanque
Antes da lavagem da tina de ferment	Ambiente da placa de coleta
	Status do banho de guarda
Entrada da centrífuga	Tempo da esterilização
	Temperatura da esterilização
Cerveja no maturador	Monitoramento da circulação de água quente até o início do tanque
	Inspeção a cada esvaziamento do tanque
Sílica	Esterilização a cada trasfega (envio da cerveja fermentada para o maturador)

6.2 *Do*

6.2.1 Cumprimento do plano de ação

Após o questionamento dos problemas e suas causas, a determinação de IC's e IV's, ações foram definidas e implementadas em um plano de ação montado com prazos e responsáveis por cada atividade proposta. Badiru (1993) dá a importância de que o sucesso desta etapa de *Do* está diretamente relacionado em quão bem foi estruturado o plano de ação. Esta fase resumiu-se ao acompanhamento do plano e suas ações nas reuniões quinzenais e o acompanhamento de campo dos procedimentos de assepsia. O plano de ação não pode ser demonstrado ou totalmente descrito por conter dados diretos da companhia que não poderiam ter sua divulgação feita.

6.3 *Check*

Um estudo realizado em empresas norte americanas por Clark (2001) indica que a fase de *Check* é a mais importante dentre todas, e que qualquer grupo ao utilizar o PDCA quando chegar nesta etapa deve atentar em dar a atenção devida para este item, pois esta fase que possui o papel de fornecer os resultados do ciclo, sendo eficientes ou não. Ou seja, é possível afirmar que o *Check* é um reflexo do planejamento proposto para o trabalho estabelecido.

A empresa que está utilizando a ferramenta do PDCA precisa conseguir conciliar os indicadores apontados na fase de *Plan* com as suas ações na fase de *Do*, além de identificar quais destas ações foram efetivas em seus objetivos e quais precisam necessitar de análise por não alcançarem suas respectivas metas (MATTOS, 2013).

Neste trabalho a identificação das ações que influenciaram como positivamente o índice e quais necessitam de melhoramento para tentar cumprir seu objetivo, foi uma das dificuldades encontradas. É certo de que a aplicação do *check list* em campo dos procedimentos de assepsia foi uma das ações sucesso pelo fato de ter encontrado vários erros no momento da sua aplicação e ter refletido no índice. Um dos pontos de melhoria foi a determinação de IC's e Verificação, é afirmativo de que mais IV's deveriam ser traçados com exceção dos dois verificadores de frequência os outros deveriam ter sido melhor monitorados.

6.3.1- Comparação dos resultados com as metas

A evolução da contaminação foi avaliada com base no alcance da meta de MI estabelecida anteriormente no Gráfico 1 a cerca de cada mês, e das faixas de contaminação em que se encontra cada etapa do processo.

De acordo com o que foi desenvolvido na fase de *Plan*, em que foi determinada ações nas etapas de fermentação e maturação do processo de produção de cerveja, utilizou-se dos dados de UFC obtidos a partir das coletas microbiológicas para avaliar a efetividade das ações propostas, respectivamente, da cerveja fermentada e maturada avaliando a evolução das faixas de contaminação nelas existentes.

6.3.2- Cerveja Fermentada

No gráfico 7 e 10 foi calculado uma média aritmética de todas as UFC obtidas no mês pelo número de amostras coletadas, sendo respectivamente 50 coletas em janeiro, 45 em fevereiro, 27 em março, 17 em abril, 24 em maio, 32 em junho, 28 em julho e 15 em agosto. A escolha da média foi feita pelo fato de que o número de amostras de cerveja coletadas está diretamente relacionado com o quanto de cerveja a fábrica produziu no mês, ou seja, quanto mais líquido for produzido mais amostrar de cerveja devem ser coletadas. Por este motivo a média aritmética igualiza os dados de cada mês podendo comparar uns com os outros. A frequência de coletas foi seguiu o requerimento do padrão da companhia e não pode ser detalhado por ser tratar de elementos confidenciais.

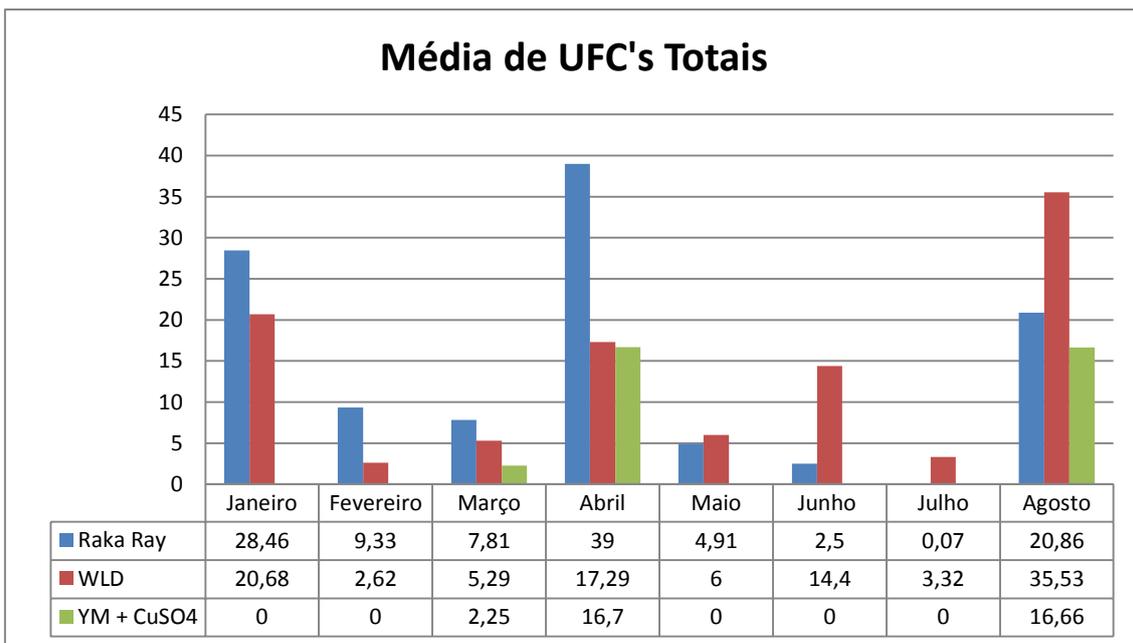


Gráfico 7 – Média aritmética de Unidades Formadores de Colônias Totais da cerveja fermentada por amostras coletadas

A interpretação que pode ser feita a partir do gráfico 7 é a visível evolução principalmente a partir do mês de abril tendo o melhor resultado no mês de julho.

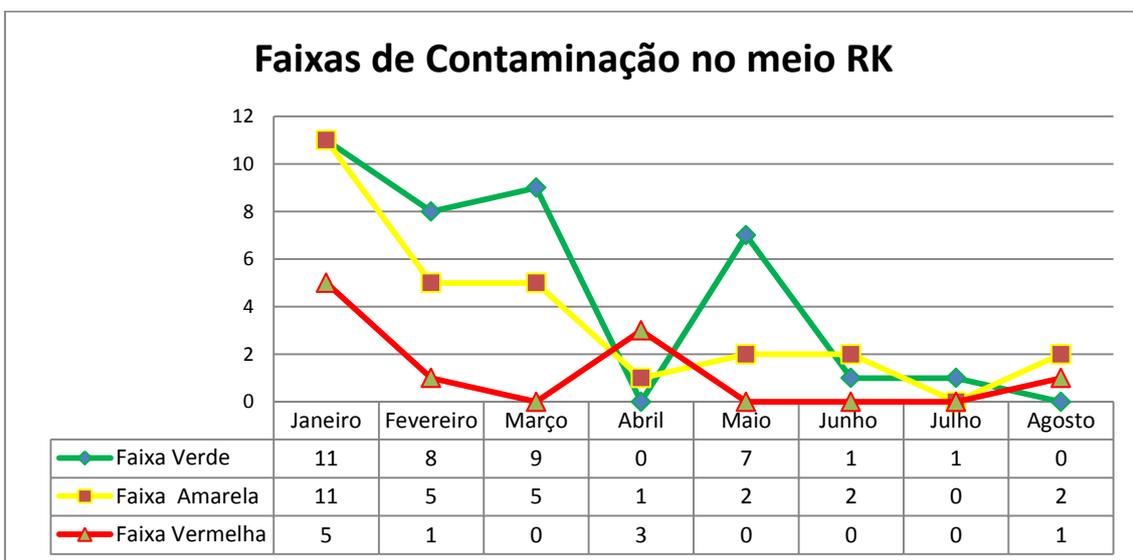


Gráfico 8 – Curva de evolução das faixas de contaminação no meio de cultura RK

De acordo com o gráfico 8, este indica que o pico de abril deu-se pela incidência de maior número de faixas vermelhas neste mês, agregando alto valor microbiológico. É notável em maio que a faixa vermelha decresce substancialmente e o valor de UFC se encontra nas faixas amarelas e verdes aumentadas. No mês de agosto o problema volta a ocorrer tendo incidência novamente da faixa vermelha antes ausente nos resultados de RK do mês de julho.

Os motivos da queda dos resultados do MI no mês de agosto ainda não foram descobertos, porém algumas hipóteses foram definidas. A primeira foi de que as causas especiais foram eliminadas restando somente erros ao executar o procedimento de assepsia, justamente na fermentação e maturação onde o acompanhamento completo é inviável pelo número de procedimentos que ocorrem com uma frequência muito grande, a informação que alimenta esta teoria são as contaminações pontuais nos locais do processo de produção, identificam-se contaminações pontuais como aquelas que ocorrem uma vez sim e outra não no mesmo ponto, ou seja, não são sempre recorrentes demonstrando que não é uma contaminação fixa. Outra hipótese é de que alguns microrganismos estão adquirindo resistência aos procedimentos de assepsia em alguns pontos pelo fato de algumas áreas realizarem no mesmo CIP o uso de produtos ácidos e alcalinos seguidamente, o que dificultaria na realização de um procedimento de “choque químico” periodicamente, ou seja, utilizar desta diferença da natureza dos produtos para mudar o procedimento de tempos em tempos para não haver a criação de resistência microbiana.

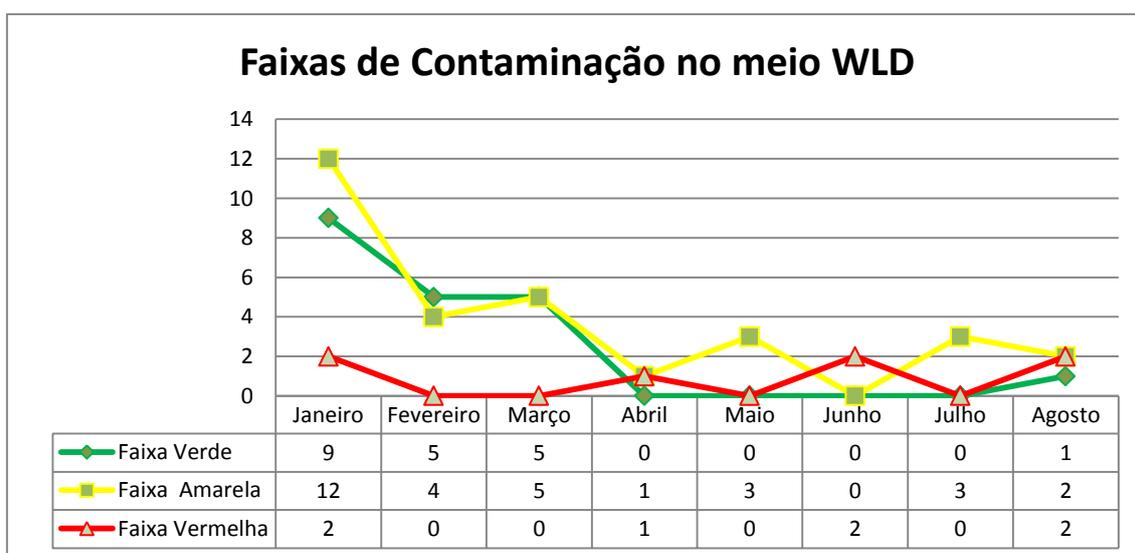


Gráfico 9 – Curva de evolução das faixas de contaminação no meio de cultura WLD

Em relação ao Gráfico 9 de resultados de WLD é bastante claro que o pouco valor de UFC registradas no mês de julho ocorreu por conta da faixa amarela presente no meio de cultura, lembrando que os resultados do WLD tem menor peso no cálculo do MI que o RK, pelo fato da seletividade do segundo meio agregando microrganismos com capacidade de deterioração maiores que no WLD. O reflexo desse resultado é visível no Gráfico 13 e na tabela 6 no próximo tópico.

6.3.3- Cerveja Maturada

Para a cerveja maturada houveram 21 coletas em janeiro, 25 em fevereiro, 20 em março, 14 em abril, 17 em maio, 19 em junho, 18 em julho e 15 em agosto. Nos dados obtidos da cerveja maturada a partir do Gráfico 10 abaixo, interpreta-se que diferentemente da cerveja fermentada, o pior mês observado seja o de maio, e o segundo pior o de abril. Observa-se também o quão destoante o pico, tanto do RK quanto do WLD, nos meses de maio e julho, cujo resultado excelente foi semelhante ao apresentado na cerveja fermentada.

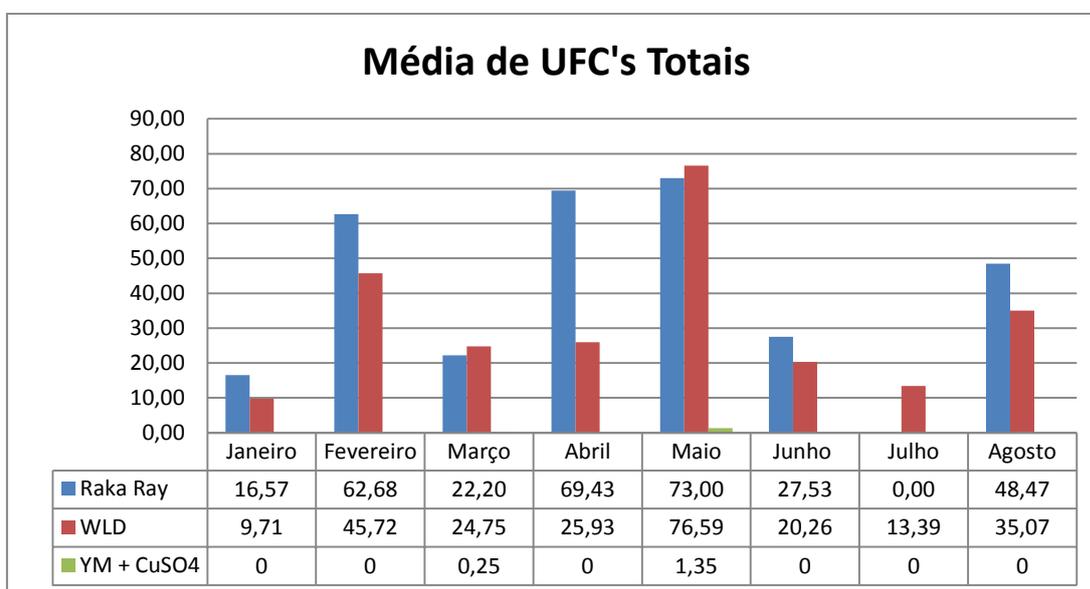


Gráfico 10 – Média aritmética de Unidades Formadoras de Colônias Totais da cerveja maturada por amostras coletadas

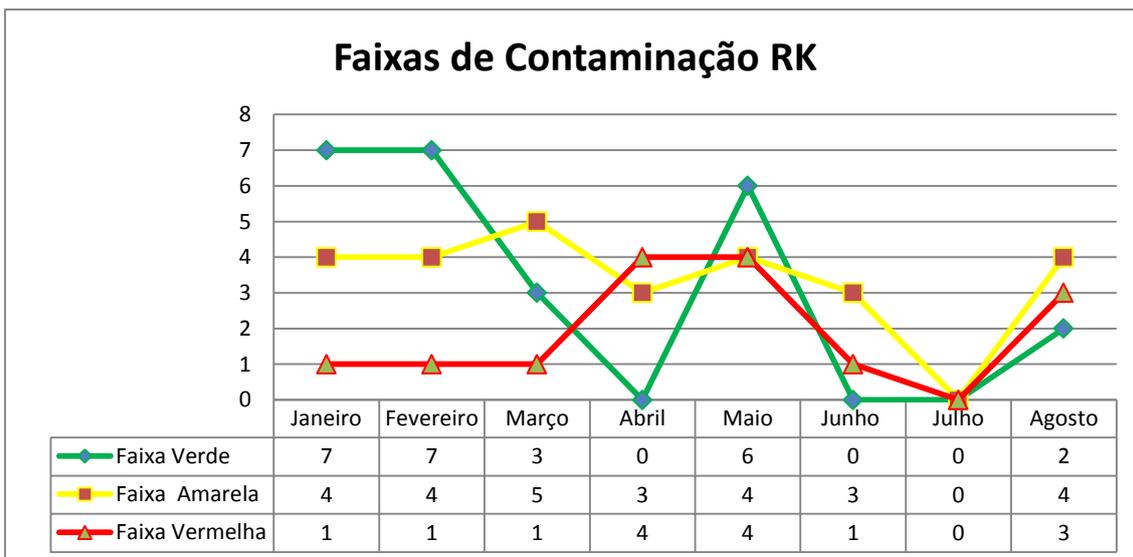


Gráfico 11 – Curva de evolução das faixas de contaminação no meio de cultura RK

Os números do RK da cerveja maturada demonstrado no Gráfico 11 acima, somente saíram ausentes no mês de julho deixando claro pelo Gráfico 12 a seguir que o WLD como o único responsável pelas UFC agregadas neste mês, semelhante à cerveja fermentada. Esta observação dá um indício de que praticamente nenhum microrganismo possa ter sido agregado da fermentação para a maturação.

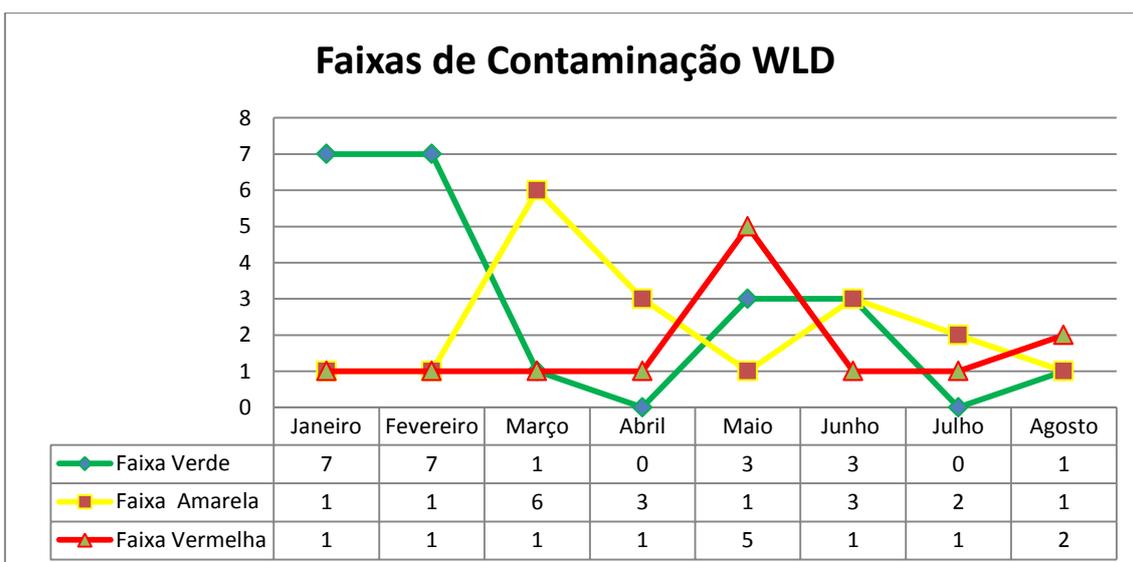


Gráfico 12 – Curva de evolução das faixas de contaminação no meio de cultura WLD

Relacionando os dois resultados tanto da cerveja fermentada quanto da maturada conclui-se que a o problema apresentado em maio na maturação foi pontual e não foi agregado da fermentação, pois nos resultados da cerveja maturada esta obteve um baixo número de UFC's no mês de maio.

A hipótese feita da relação maturação-filtração foi de que ainda existe carga contaminante que está sendo agregada à maturação, um reflexo observado nos meses de abril para maio em que a maturação teve picos de contaminação e logo em seguida a filtração decresceu junto.

6.3.4- Evolução do Micro Index

Alguns dos resultados obtido na Tabela 7 e no Gráfico 13 foram obtidos a partir da eliminação de pontos mortos, aproximadamente três foram encontrados na etapa da filtração e uma série de tubulações em que as soluções de CIP não tinham acesso. Outra ação que foi bastante efetiva foi o acompanhamento dos procedimentos de assepsia no momento de sua realização, a redução considerável da ocorrência de erros no processo de limpeza alavancou a filtração para próximo dos 60%.

Tabela 7- Evolução dos índices de MI ao longo do ano

Index em %	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
Índice da Fábrica	67%	64%	68,90%	55,19%	65,70%	67,20%	81,33%	71%
Adegas de Fermentação	73,20%	73%	79%	45,80%	72,40%	86,10%	96,10%	75,90%
Maturação	82%	79,10%	86,50%	84,90%	79,70%	88%	96,50%	77,40%
Filtração	51,90%	40,40%	48,20%	44,10%	43%	40,80%	59,30%	57,20%

A grande queda observada nos índices da etapa da fermentação no mês de abril que impactou gravemente no índice de MI, demonstrada na Tabela 7, foi causada por uma contaminação do fermento (leveduras) utilizado na fase de fermentação da cerveja. Quando ocorre um problema isolado deste tipo a queda no índice é de grande peso, sendo mais impactante que a presença de microrganismos no meio de cultura RK.

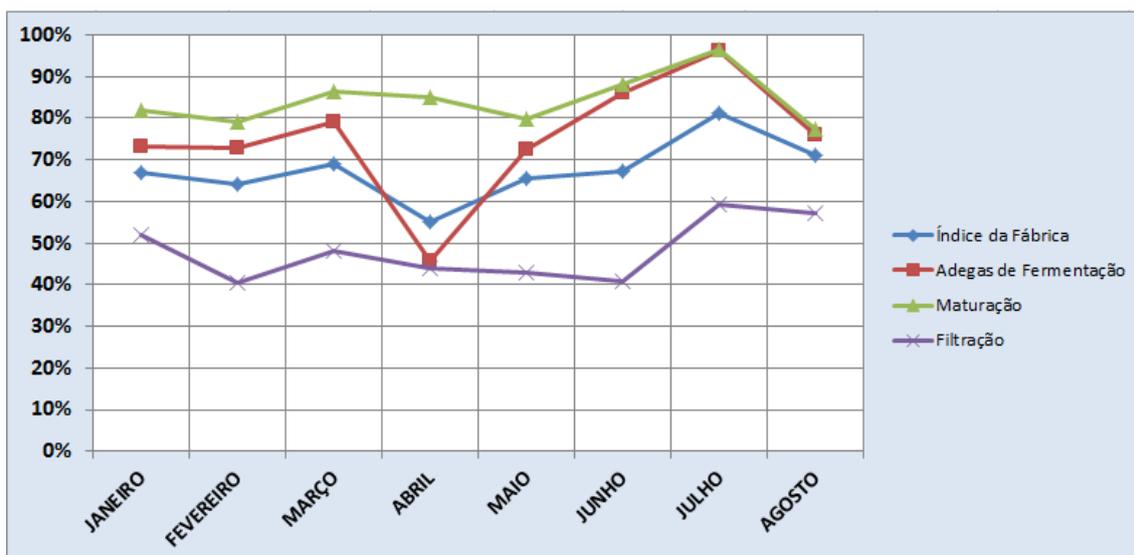


Gráfico 13 – Curva de evolução dos índices de contaminação microbiológica

A queda do índice dos meses de julho para agosto ainda não foram elucidadas, necessitando reavaliar futuramente a cadeia de processo e caso a meta estabelecida não consiga ser alcançada, realizar-se-á um novo ciclo com um *Plan* reestruturado do novo problema.

“A natureza repetida e cíclica da melhoria contínua pode ser resumida no ciclo do PDCA, definido como uma sequência de atividades que são percorridas de maneira cíclica para melhoria das atividades” (SLACK, 1996).

De acordo com a citação acima mesmo que o problema não seja atingido o ciclo deve prosseguir gerando novos problemas e elucidando novas hipóteses para atingir o objetivo final.

Com isso independente se o problema não atingir a fase de padronização, o final de cada ciclo originará um novo com maior complexidade (NASCIMENTO, 2011).

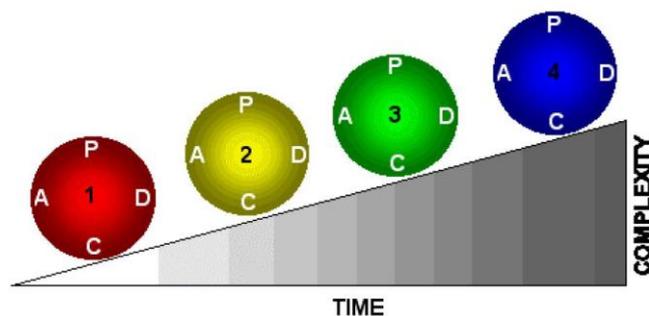


Figura 9. Rampa de Melhoria do Ciclo PDCA

Fonte: (ANDRADE, 2003)

As afirmações foram ilustradas com a figura de Andrade (2003), em que esta demonstra a geração de um novo ciclo cada vez mais completo de acordo com o tempo gasto por tempo.

VII CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se que a ferramenta do PDCA é um sistema eficiente de gerenciamento de qualidade, pois esta auxiliou na identificação do problema de contaminação microbiológica. Com sua aplicação cíclica, na etapa de *Plan* foi possível identificar o problema em caráter macro, estabelecer metas a partir da ferramenta de MI, classificar as áreas de fermentação, maturação e filtração do processo de produção de cerveja como as principais impactantes para o índice de MI, e identificar hipóteses para o problema com o auxílio da ferramenta de diagrama de causa e efeito. As ações geradas pelas informações fornecidas pelo PDCA na fase de *Do* demonstraram bastante eficiência conseguindo solucionar boa parte da contaminação, ficando evidente com os resultados microbiológicos na fase de *Check*, principalmente referente ao mês de julho onde várias amostras mostraram ausência de contaminação.

Como oportunidade para trabalhos futuros, o primeiro ciclo ainda deve ser finalizado e avaliado se será necessário o reinício do ciclo, caso a meta não seja alcançada. Ao pesquisar novos métodos de como aplicar o PDCA observou-se poucos trabalhos sobre a aplicação desta ferramenta em indústrias e empresas, o que dificultou na busca pelo enriquecimento do trabalho.

VIII REFERÊNCIAS

AMBEV, **Programa de Formação Técnica, Cervejeiros AmBev**. São Paulo: AmBev, 2012.

ANDRADE, F. F. **O Método de Melhorias PDCA** – Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia, São Paulo, 2003.

BADIRU, A. B. AYENI, B. J. **Practitioner's guide to quality and process improvement**. Londres: Chapman & Hall, 1993. 353p.

BRASIL. **Regulamenta a Lei No 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas**. Decreto nº 2.314, de 04 de setembro de 1997: Diário Oficial da União, 05/09/1997, pag. 19.549.

BRASIL. **Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas**. Decreto n 6.871, de 04 de junho de 2009: Presidência da República Casa Civil, 04/07/2009.

CAMPOS V. F. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004, 266 p.

CARVALHO G. B. M.; BENTO, C. V.; SILVA, J. B. A. **Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 3ª parte- a maturação**. Revista Analytica, fevereiro, 2007, nº27.

CLARK, A. B. **How managers can use de Shewhart PDCA Cycle to get better results**. Houston: Jesse H. Jones Scholl of Business – Texas Southern University, 2001.

DRAGONE, G.; MUSSATTO, S. I.; SILVA, J. B. A. **Utilização de mostos concentrados na produção de cervejas pelo processo contínuo: novas tendências para o aumento da produtividade**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v.27, n. 1, p. 37-40, 2007.

ESTEVES E. F., MOURA L. S., **Avaliação de Desperdícios e Perdas de Matéria-Prima no Processo Produtivo de uma Fábrica de Bebidas**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, VII, 2010, Rio de Janeiro.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle de qualidade total**. São Paulo: Makron Books, 1994.

FREITAS S. S. G. **Gestão de qualidade em alimentos e bebidas através da higiene ambiental em unidades de alimentação coletiva**. 2004. 119 f. Projeto de pesquisa (Requisito parcial para especialização em Gestão da Hospitalidade) – Centro de Excelência em Turismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

GOBIS A. M., CAMPANATTI R., **Os Benefícios da Aplicação de Ferramentas de Gestão de Qualidade dentro das Indústrias do Setor Alimentício.** Revista Hórus, v. 6, n. 1, jan/mar, 2012.

HORNSEY, I. S. **A History of Beer and Brewing, Cambridge: The Royal Society of Chemistry.** Inglaterra: Royal Society of Chemistry, 2003.

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

KUNZE, W. **Technology brewing and malting.** Berlim: VLB, 1997. p. 433-435.

SANTOS, Mateus Sales; RIBEIRO, Flávio de Miranda. **Cervejas e refrigerantes.** São Paulo : CETESB, 2005

MATTOS F. B. M. **A utilização do Método PDCA para a melhoria dos Serviços de Empreiteiras em Obras de Edificações.** 2013. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação em Engenharia Civil) Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MEUSSDOERFFER F. G. **Handbook of brewing: Processes, technology, markets.** Weinheim: Wiley-VHC Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009, 42 p.

NASCIMENTO, A. F. G. **A utilização da metodologia do ciclo PDCA no gerenciamento da melhoria contínua.** Monografia apresentada à Faculdade Pitágoras – Núcleo de pós-graduação e ao Instituto Superior de Tecnologia (MBA em Gestão Estratégica da Manutenção, Produção e Negócios) Núcleo de Pós Graduação e ao Instituto Superior de Tecnologia – ICAP-MG, Faculdade Pitágoras, Minas Gerais, 2011.

OXOID **Meios de cultura microbiológico.** Oxoid Microbiology Products. Disponível em: <<http://www.oxid.com/UK/blue/index.asp?c=UK&lang=EN>> . Acesso em: 02 out. 2013.

RIBEIRO-FURTINI L. L., ABREU L. R. **Utilização de APPCC na indústria de alimentos.** Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30 n. 2, p. 358-363, mar/abr., 2006.

SAKAMOTO, K.; KONINGS, W. N. Beer spoilage bacteria and hop resistance. International Journal of good Microbiology, Amsterdã, v. 89, n. 2-3, p. 105-124, 2003.

SILVA C. S. S., KOVALESKI J. L., SILVA G., **Gestão da Qualidade do Produto no Processo de Produção Industrial: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Bebidas.** Revista de Engenharia e Tecnologia, Paraná, v. 4, n. 1, abril, 2012.

SINDICERV, Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>>. Acesso em: 5 de outubro de 2013.

SLACK, N. et al. **Administração da produção.** São Paulo: Editora Atlas, 1996.

WERCKMAN C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas Ferramentas Analíticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 199 p.

