

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**CARLOS HENRIQUE FERREIRA DE CAMARGO**  
**JERRY AUGUSTO ANUNCIAÇÃO**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA SOLUÇÃO DE**  
**PROBLEMAS INDUSTRIAIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

**PONTA GROSSA**

**2017**

**CARLOS HENRIQUE FERREIRA DE CAMARGO**  
**JERRY AUGUSTO ANUNCIAÇÃO**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA SOLUÇÃO DE  
PROBLEMAS INDUSTRIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso 2  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química, do Departamento de  
Engenharia Química, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Erica Roberta Lovo da Rocha  
Watanabe  
Co-orientadora: Priscilla dos Santos  
Gaschi Leite

**PONTA GROSSA**

**2017**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Ponta Grossa  
Coordenação de Engenharia Química



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS INDUSTRIAIS

por

**Carlos Henrique Ferreira de Camargo**

**Jerry Augusto Anuniação**

Monografia apresentada no dia 15 de maio de 2017 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dra. Simone Inglez  
(UTFPR)

---

Profa. Dra. Elis Regina Duarte  
(UTFPR)

---

Profa. Dra. Priscilla Gashi Leite  
(UTFPR)  
Orientadora

---

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins  
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

*\*O termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso*

## RESUMO

A preocupação com a qualidade de um produto teve início no século 13 e foi aumentando gradativamente, até que surgissem ferramentas para garantir que produtos e processos fossem realizados com a garantia de qualidade total. A utilização de ferramentas da qualidade nessas indústrias possibilita que os níveis de qualidade se elevem, os custos diminuam, os processos se otimizem e, assim, os resultados melhorem. O objetivo deste trabalho é demonstrar como a aplicação das ferramentas da qualidade são úteis e eficazes no que tange a solução de problemas industriais. Os conceitos utilizados foram aplicados em uma usina de fabricação de açúcar e também em uma cervejaria. As ferramentas abordadas na solução dos problemas foram o ciclo PDCA, Diagrama de causas e efeitos e também diagrama de Pareto. A metodologia baseou-se em realizar um levantamento de dados para identificar os problemas, aplicar um plano de ação para cada caso e verificar os resultados. Ao final realizou-se a padronização dos processos, com o intuito de evitar que estes problemas voltem a acontecer.

**Palavras-chaves:** qualidade, indústria, problemas.

## **ABSTRACT**

The worrying about a product's quality has its roots in the XIII century and it has gradually risen until actual tools came up to guarantee that products and processes happened with total quality assurance. The usage of quality tools in the industry makes possible that product quality rises, costs decrease, processes get optimized and, therefore, results get better. The main goal of this project is to demonstrate how useful and effective using this tools can be in order to solve industrial issues. This concepts were applied in a Sugar factory and also at a Brewery. The quality tools applied to solve the problems were the PDCA cycle, the cause-and-effect Diagram and also the Pareto's Diagram. The methodology was based in collecting data to identify the problems, apply an action plan for each case and verify the results. After all, the processes were standardized, with the goal to avoid that those problems show up again.

**Keywords:** quality control, industry, problem solving.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama de Ishikawa .....	15
<b>Figura 2:</b> Ciclo PDCA .....	18
<b>Figura 3:</b> Zonas de saturação para soluções água-açúcar.....	25
<b>Figura 4:</b> Cronograma PDCA .....	32
<b>Figura 5:</b> Diagrama Causas e Efeitos.....	36

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Diagrama de Pareto.....	16
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1 GERAL .....	11
2.2 ESPECÍFICOS .....	11
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
3.1 FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	12
3.1.1 Diagrama de Ishikawa .....	14
3.1.2 Diagrama de Pareto .....	15
3.1.3 Ciclo PDCA .....	16
3.2 PROCESSO DE CRISTALIZAÇÃO DO AÇÚCAR .....	20
3.2.1 Preparo da Semente .....	20
3.2.2 Cozimento .....	21
3.2.3 Centrifugas .....	25
3.2.4 Secador .....	27
3.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA .....	27
3.3.1 Brassagem .....	28
3.3.1.1 <i>Beneficiamento de matéria-prima</i> .....	28
3.3.1.2 <i>Brassagem</i> .....	28
3.3.2 Adegas .....	29
3.3.3 Filtração .....	29
3.3.4 Beer Consistency Index (BCI) .....	30
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>31</b>
4.1 LOCAL DA PESQUISA .....	31
4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	31
4.2.1 Otimização do Preparo de Sementes (Usina de Açúcar) .....	31
4.2.2 Melhoria do indicador de qualidade BCI da Cerveja (Cervejaria) .....	33
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>35</b>
5.1 OTIMIZAÇÃO DO PREPARO DE SEMENTES UTILIZADAS NO PROCESSO DE CRISTALIZAÇÃO DO AÇÚCAR .....	35
5.1.1 Identificação do Problema .....	35
5.1.2 Observação do Problema .....	35
5.1.3 Análise das Causas .....	36
5.1.4 Plano de Ação .....	36
5.1.5 Execução das Ações e Verificação .....	38
5.1.6 Padronização .....	38
5.2 OTIMIZAÇÃO DOS RESULTADOS DO BCI DA CERVEJA .....	40
5.2.1 Identificação do Problema .....	40
5.2.2 Observação do Problema .....	40
5.2.3 Análise das Causas .....	40
5.2.4 Plano de Ação .....	41
5.2.5 Execução das Ações e Verificação .....	42
5.2.6 Padronização .....	42
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>44</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os movimentos pela qualidade têm suas raízes na Europa medieval, no final do século 13, em que artesãos se organizaram em guildas. Até o início do século 19, os processos de fabricação no mundo industrializado continuaram seguindo esse modelo. Em meados do século 18, o sistema fabril, que deu ênfase à inspeção dos produtos, foi introduzido na Grã Bretanha e desenvolvido na Revolução Industrial no início do século 19.

A Revolução Industrial levou a um sistema em que grandes grupos de pessoas que realizavam atividades similares foram unidas sob supervisão de um indivíduo escolhido para controlar a qualidade do serviço sendo realizado. Com o tempo, as empresas viram que cada vez mais era necessário se fazer um produto de melhor qualidade para conseguir vendê-lo. Além disso, observou-se a importância da melhoria contínua para as organizações se manterem competitivas, sempre buscando projetos de melhorias constantemente (TRIVELLATO, 2010).

No âmbito industrial, é comum se deparar com os mais diversos problemas. A aplicação de ferramentas da qualidade auxilia na busca pelas causas fundamentais desses problemas, bem como a traçar planos de ação eficientes para que os mesmos sejam tratados da maneira mais rápida possível. No entanto, cada ferramenta possui suas características e aplicabilidade próprias, que dependem do problema e das informações que se tem, não havendo uma indicação precisa de qual ferramenta utilizar para cada problema específico.

Além disso, após a aplicação do plano de ação a etapa de padronização é primordial no ambiente industrial, pois, a partir do momento em que se soluciona um problema, caso não haja uma padronização dessa solução, esse problema poderá voltar a ocorrer, acarretando na perda de tempo e prejuízos financeiros.

Atualmente, esses padrões e ferramentas da qualidade podem ser aplicados em quaisquer áreas do mercado de trabalho com o objetivo de solucionar problemas e alavancar resultados. A busca por melhoria de resultados econômicos e financeiros passa obrigatoriamente pela melhoria de todos os processos internos, visando dentre outras coisas, racionalização, agilidade e redução de custos.

Esse trabalho tem por finalidade aplicar ferramentas da qualidade para solucionar problemas industriais em uma usina de açúcar e uma cervejaria. A melhoria contínua dos produtos e processos de uma empresa são imprescindíveis dentro da organização para que ela se mantenha competitiva no mercado. Para que melhorias ocorram, é necessário que se utilize algum método e algumas ferramentas, que são a sequência lógica para se chegar onde se pretende e os resultados a serem utilizados nessa sequência, respectivamente (TRIVELLATO, 2010).

A utilização de ferramentas de qualidade nessas indústrias possibilita que os níveis de qualidade se elevem, os custos diminuam, os processos se otimizem e, assim, os resultados melhorem.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Aplicação de ferramentas da qualidade para auxiliar a solução de problemas encontrados no ambiente industrial.

### 2.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Otimizar o processo de fabricação de sementes de cristais de açúcar utilizando ferramentas da qualidade.
- Reduzir o coeficiente de variabilidade do açúcar final produzido;
- Aplicar ferramentas da qualidade para otimizar o processo de produção de cerveja;
- Alavancar os resultados de BCI (indicador de qualidade) da cerveja;
- Padronizar as ações de melhoria para que os resultados se tornem sustentáveis.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico abordará os conceitos teóricos necessários para o desenvolvimento do projeto, com a finalidade de familiarizar o leitor com o tema proposto.

#### 3.1 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Oriundo o latim, o termo qualidade, é um conceito que baseia-se na relação das organizações com o mercado. As considerações que com maior recorrência se fazem a respeito desse conceito são aquelas que se referem ao atendimento das necessidades dos clientes e do padrão de produção e serviços providos pela organização. A satisfação das necessidades das pessoas é a razão da existência da organização, a qual, portanto, deve suprir tais necessidades com produtos e serviços esperados pelos clientes e pelo mercado (SELEME, 2010).

A gestão da qualidade integrou inicialmente o cotidiano das organizações, seja qual fosse seu porte, sua atividade e seu alcance de atuação, fossem públicas ou privadas, em função de alguns fatores. Vale salientar, que a gestão da qualidade não significa apenas o controle da produção, a qualidade intrínseca de bens e serviços, a aplicação isolada de ferramentas e métodos de gestão, ou uma assistência técnica apropriada. Numa visão mais ampla, os conceitos associados à gestão da qualidade, ou simplesmente, à gestão pela qualidade total, passaram a significar modelo de gerenciamento que busca a eficiência e a eficácia organizacionais. (MARSHALL JUNIOR *et al.*, 2012).

Ao longo dos anos, as técnicas e metodologias estatísticas tornaram-se cada vez mais amplamente utilizadas e aceitas por toda a indústria. Com a disponibilidade de computadores modernos e equipamentos avançados para processamento de dados, as aplicações práticas deles continuam a se multiplicar e aumentar de importância (PALADINI, 2004).

Na organização moderna, a qualidade deixou de ser um modismo para ser uma necessidade que distingue uma empresa de outra, criando um diferencial

competitivo que a mantém e faz crescer. Com a aplicação das técnicas, esse diferencial competitivo se instala nas organizações mas não tem condições de se manter somente pela técnica. É preciso, então, que o “espírito” da qualidade esteja enraizado nos funcionários e em todas as fases do processo produtivo. O funcionário deve ser educado em relação a qualidade, vivenciando-as, transmitindo-a, utilizando-a não somente na organização, mas em todos os momentos do seu cotidiano (SELEME, 2010).

A seguir, apresenta-se um conjunto de ferramentas que, se bem aplicadas, imprimem esses conceitos.

As sete ferramentas básicas do controle de qualidade são um conjunto de técnicas identificadas por serem muito úteis na resolução de problemas de qualidade. São denominadas básicas porque podem ser aplicadas por pessoas sem treinamentos formais em estatística e porque podem ser usadas para resolver a grande maioria dos obstáculos relacionados à qualidade que são encontrados nas empresas.

As sete ferramentas são:

- Diagrama de Ishikawa;
- Diagrama de Pareto;
- Fluxograma;
- Carta de controle;
- Histograma;
- Folha de Verificação;
- Gráficos de Dispersão.

Aliado às ferramentas básicas do controle de qualidade existe o ciclo PDCA (do inglês Planejar, Fazer, Checar e Agir), que funciona como ferramenta de gestão para melhoria de indicadores e solução de problemas (FALCONI e ISHIKAWA, 1991).

### 3.1.1 Diagrama de Ishikawa

Em 1953, Ishikawa consolidou estudos realizados em uma fábrica na forma de um diagrama de causa-efeito. Essa representação gráfica permite estabelecer, após uma análise criteriosa, quais são as causas (problemas que dão início à ocorrência do problema maior) que fazem com que o efeito ocorra (SELEME, 2010).

Também chamado de “Diagrama de Causa e Efeito” ou “espinha de peixe”, o Diagrama de Ishikawa tem como principal objetivo identificar várias causas possíveis para um efeito ou problema e é muito utilizado em sessões de “brainstorming” por encontrar e classificar causas dentro de algumas categorias (PALADINI, 2004).

Essas categorias são:

- Método;
- Máquina;
- Mão-de-obra;
- Materiais;
- Medida;
- Meio Ambiente.

As causas são agrupadas por categorias e semelhanças previamente estabelecidas ou percebidas durante o processo de classificação. A grande vantagem é que se pode atuar de modo mais específico e direcionado no detalhamento das causas possíveis. Dependendo da complexidade do diagrama, podem-se desdobrar algumas causas em um novo diagrama de causa e efeito, mais aprofundado e detalhado, afim de permitir uma abordagem mais minuciosa (MARSHALL JUNIOR *et al.*, 2012).

A Figura 1 ilustra o diagrama de Ishikawa, no qual as causas relacionadas a um efeito são distribuídas nas categorias, que formam a espinha de peixe:



**Figura 1:** Diagrama de Ishikawa  
Fonte: Autoria Própria

É ampla e variada a gama de aplicações de um diagrama de causa-efeito. Em princípio, para qualquer situação em que haja uma relação organizada entre as causas e os efeitos que elas geram, o diagrama se aplica. Essas situações podem envolver a análise de defeitos, de falhas de perdas ou dos desajustes do produto à demanda. O diagrama pode ser útil também em situações em que se deseja tornar permanentes algumas melhorias ocorridas acidentalmente. Mas em geral, o diagrama oferece suporte às decisões relativas a situações que devem ser mantidas ou eliminadas. A ocorrência de defeitos é um caso típico de efeito a eliminar; procedimentos que reduzem custos sem comprometer a qualidade consistem em exemplos típicos de efeito a se manter (FEIGENBAUM, 1994).

### 3.1.2 Diagrama de Pareto

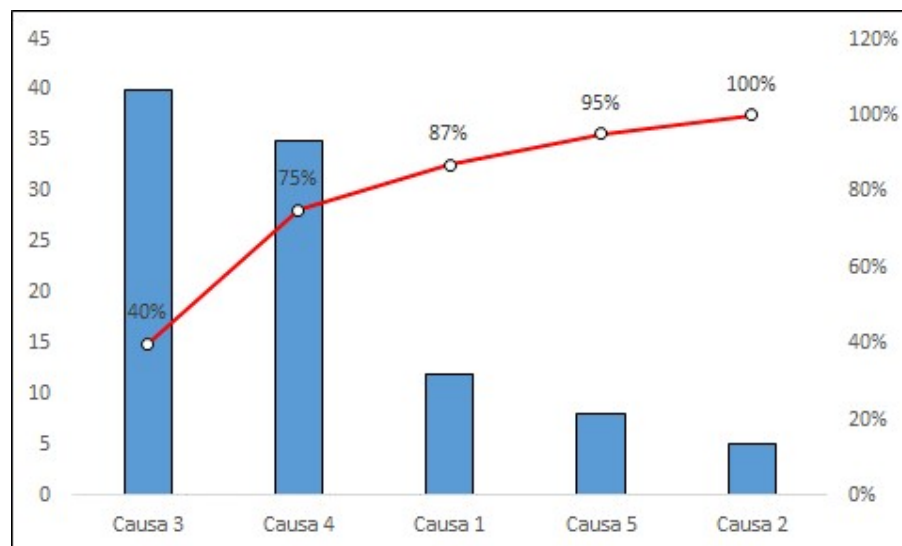
Vilfredo Pareto desenvolveu um estudo sobre a distribuição de renda em seu país. Por meio deste estudo, ele percebeu que a distribuição de riqueza não se dava de maneira equitativa, mas, bem ao contrário, 80% de toda a riqueza nacional estavam concentradas nas mãos de uma pequena parcela da população (20%). Esta distribuição inadequada foi expressa em um gráfico, que leva o seu nome e que, mais tarde, viria a se transformar em uma das mais conhecidas ferramentas da qualidade (FEIGENBAUM, 1994).

Os estudos efetuados estabeleciam uma relação de 80/20, traduzida pelo seguinte exemplo: de todos os valores depositados em bancos, 80% deles são de propriedade de apenas 20% dos clientes, conseqüentemente os 20% de valores restantes são de propriedade de 80% dos clientes desses bancos. Assim,

estabeleceu-se uma classificação dos problemas de qualidade, dividindo-os em poucos vitais e muito triviais, ou seja, a maior quantidade dos defeitos se refere a poucas causas.

Nesse sentido, o gráfico idealizado permite que sejam identificados e classificados aqueles problemas de maior importância e que devem ser corrigidos primeiramente. Ao solucionar o primeiro problema, um segundo se torna mais importante, permitindo que se dediquem maiores esforços na resolução daqueles sempre mais importantes, o que possibilita à organização um adequado uso de seus recursos em direção a melhoria da qualidade do processo e do produto (PALADINI, 2012).

O gráfico 1 exemplifica um Diagrama de Pareto em que as Causas 3 e 4 são responsáveis por 75% das ocorrências de um dado problema e são as causas que devem ser priorizadas para que se obtenham melhores resultados.



**Gráfico 1:** Diagrama de Pareto  
Fonte: Autoria Própria

### 3.1.3 Ciclo PDCA

Como um dos elementos mais difundidos em gestão da qualidade, o ciclo PDCA, realiza nas organizações uma transformação direcionada à melhoria contínua e ao controle da qualidade total.

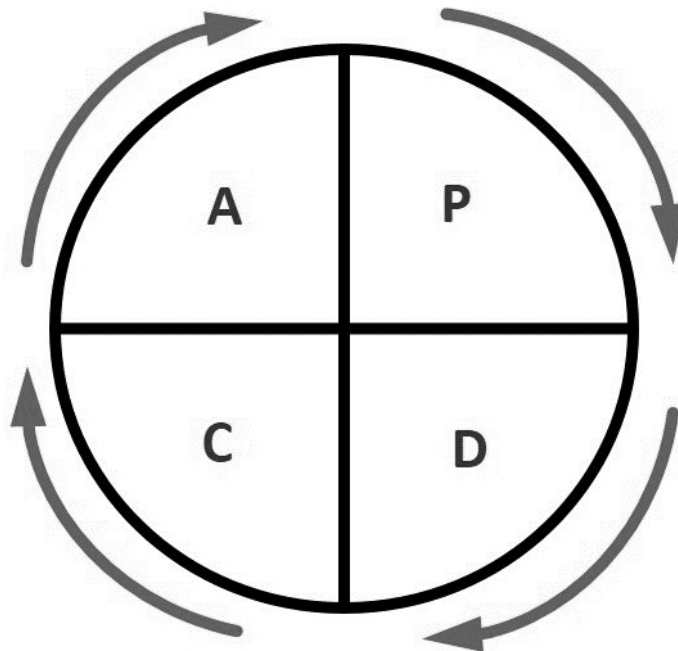


Considera-se então que o PDCA, como método de melhoria contínua, não esgota sua aplicabilidade com uma única utilização no processo, visto que implementa, na organização, uma cultura de melhoria que permeia todos os processos (SELEME, 2010).

O ciclo PDCA é um modelo de melhoria em 4 etapas. Esse modelo pode ser utilizado para iniciar um projeto de melhoria, para modelos de melhoria contínua, no desenvolvimento de processos, na definição de alguns processos repetitivos e ao se implementar qualquer mudança à um processo já existente (FALCONI e ISHIKAWA, 1991).

O PDCA pode ser ilustrado pela Figura 2 e suas etapas consistem em:

- **Plan/Planejar:** Identificar uma oportunidade e planejar uma mudança;
- **Do/Fazer:** Testar a modificação, normalmente em menor escala;
- **Check/Checar:** Revisar o teste, analisar os resultados e identificar o aprendizado;
- **Act/Agir:** Tomar ações baseadas nos aprendizados. Caso a mudança não funcione, realize o ciclo novamente com um novo plano. Caso haja sucesso, incorporar o aprendizado do teste em maiores escalas. Usar o aprendizado para planejar novas melhorias, reiniciando o ciclo.



**Figura 2:** Ciclo PDCA  
Fonte: Autoria Própria

“Girar o ciclo PDCA” significa obter previsibilidade nos processos e aumento da competitividade organizacional. A previsibilidade acontece pela obediência aos padrões, pois, quando a melhoria é bem-sucedida, adota-se o método planejado, padronizando-o; caso contrário, volta-se ao padrão anterior e recomeça-se a girar o PDCA, terminologia que significa melhoria contínua, no jargão da qualidade.

Alguns autores adaptam a terminologia ciclo PDCA para ciclo SDCA, quando o P (plan/planejar) é substituído pelo S (standardize/padronizar), para refletir as atividades que foram planejadas e padronizadas.

Não basta apenas “girar o PDCA” sem clareza de aonde se quer chegar, ou seja, sem uma constância de propósitos estabelecidos pela direção. É importante que as pessoas trabalhem juntas, com uma compreensão mútua dos pontos e de como colocá-los em prática; caso contrário seguirão diversas direções, bem-intencionadas, porém mal orientadas, enfraquecendo seus esforços e, às vezes, trabalhando para fins conflitantes.

Para implantar a prática da melhoria contínua e criar uma cultura de padronização por toda a empresa, a direção tem de estar insatisfeita com o

desempenho passado e precisa ter coragem para mudar. Tem que estar ansiosa para alterar seu estilo de administração. É essencial que se desenvolva essa crítica. Alguns autores associam a aplicação do ciclo PDCA ao gerenciamento da rotina e da melhoria dos processos organizacionais (MARSHALL JUNIOR *et al.*, 2012).

### 3.2 PROCESSO DE CRISTALIZAÇÃO DO AÇÚCAR

O primeiro estudo de caso consiste em aplicar as ferramentas de qualidade no processo de cristalização do açúcar em uma Usina de Açúcar. Portanto, para um melhor entendimento deste processo é importante que alguns termos que serão utilizados no decorrer do trabalho sejam definidos. Estes são apresentados a seguir.

**Magma** – Produto obtido a partir da centrifugação da massa “B”, que é composto por cristais de açúcar e utilizado como matéria-prima para a cristalização da massa “A”.

**Mel final** – Mel obtido na centrifugação da massa “B”, de onde não se pretende retirar mais açúcar (enviado para a destilaria).

**Massa “B”** – Massa formada a partir do cozimento de mel pobre e da semente.

**Massa “A”** – Produto constituído de uma mistura de magma e xarope, responsável pela formação do açúcar final.

**Mel rico** – Mel obtido nas centrífugas de massa “A”, que retorna aos cozedores após sua diluição (alta quantidade de cristais).

**Mel pobre** – Mel também obtido nas centrífugas de massa “A”, responsável por formar a massa “B” (baixa quantidade de cristais).

Definidos os termos, o entendimento dos processos fica mais claro.

#### 3.2.1 Preparo da Semente

A semente é uma mistura homogênea formada por uma parte de açúcar para duas partes de álcool (1:2). Essa mistura é realizada em moinhos de bolas até que todos os cristais sejam triturados e encontre-se em tamanho uniforme. Para o preparo acrescenta-se no interior do moinho 14 kg de açúcar e 28 litros de álcool, que deve permanecer em rotação durante 4 dias. Passado esse tempo, a mistura é transferida

para um tanque horizontal rotativo, denominado tanque de maturação, onde permanece por mais 4 dias até ser introduzido no cozedor de massa “B”. As moléculas de sacarose presentes na massa se depositam sobre os pequenos grânulos presentes na semente, formando assim os cristais de açúcar (REIN, 2013).

### 3.2.2 Cozimento

O processo de cozimento é realizado para que os cristais de açúcar apareçam e cresçam na solução. Para isso é necessário concentrar a solução, eliminando praticamente toda água presente, elevando o Brix até aproximadamente 93°. Os cozedores de massa “A” e “B” são tanques que possuem no seu interior uma calandra preenchida por um feixe de tubos, presos por dois espelhos, um superior e um inferior. A massa fica contida no interior dos tubos, onde troca calor com o vapor que passa pela calandra. A evaporação da água, juntamente com a pressão negativa gerada pelos multijatos, faz com que o caldo circule no interior do cozedor, permitindo assim uma concentração homogênea com ausência de queima de açúcar, formação de pontos pretos ou caramelização. A pressão negativa é muito importante nesta etapa, pois garante que o ponto de ebulição da massa diminua consideravelmente, aumentando a eficiência do processo (HUGOT, 1969).

**Cozedor de massa “B”** – Também denominado de vácuo “B”. Inicialmente é alimentado com mel pobre até o nível da calandra. Terminada a alimentação inicia-se o cozimento, utilizando VV1 (vapor vegetal 1). Quando o mel atinge o Brix desejado, automaticamente abre-se a válvula de semente, responsável por permitir sua entrada na mistura. Continua-se o cozimento até 85° Brix, momento em que é realizada a lavagem da massa. Essa lavagem consiste em acrescentar água à mistura para que se eliminem falsos cristais, garantindo a uniformidade nos tamanhos dos mesmos. Nesse momento o Brix cai, pois ocorre a diluição da massa. A lavagem dura cerca de 25 minutos, então abre-se a válvula de alimentação com mel pobre, para que a massa cristalize até aproximadamente 91° Brix e o vácuo seja arriado (descarregar a massa). Vale ressaltar que essa etapa acontece em batelada. A alimentação do vácuo pode ser feita também utilizando mel rico ou xarope, o que determina essa alimentação é a qualidade dos caldos utilizados.

**Sementeira “B”** – A massa “B” é totalmente descarregada na sementeira “B”, equipamento responsável por armazenar a massa “B” antes que ela entre no cozedor contínuo.

**Cozedor contínuo** – Opera horizontalmente, de maneira contínua, realizando movimento circular. Utiliza VV2 (vapor vegetal 2) para cozinhar a massa e na parte superior encontram-se bicos injetores de mel pobre. A massa “B” advinda da sementeira “B” entra em uma extremidade do cilindro. O movimento circular realizado faz com que ela escoe pelo interior do tubo, entrando em contato com o vapor e recebendo mel pobre injetado pelos bicos superiores. Durante o deslocamento até a saída na outra extremidade, a massa é concentrada, devido à utilização do vapor, do mel pobre e também da pressão negativa gerada por outro multijato.

**Cristalizador de massa “B”** – Define-se como um tanque de armazenamento, dotado de um mexedor contínuo, que armazena a massa vinda do cozedor contínuo e a distribui em centrífugas contínuas.

**Tanque de xarope final** – Tanque que armazena o xarope flotado vindo do tratamento do caldo. Esse tanque possui tubulações que permitem a entrada de mel rico, mel pobre ou magma. Essas entradas são utilizadas quando o xarope não chega em boa qualidade ou em quantidade suficiente para alimentar os vácuos e também se existir a necessidade de desafogar algum tanque.

**Sementeira “A”** – Recebe e armazena o magma extraído da massa “B” nas centrífugas contínuas. Esse magma pode chegar puro ou diluído, dependendo da qualidade do xarope trabalhado. A diluição é realizada pelo tanque de diluição, antes que o magma entre na sementeira.

**Cozedor de massa “A”** – Também conhecidos como vácuo “A”. São equipamentos idênticos ao vácuo “B”, diferenciados apenas pelo procedimento operacional. Inicialmente um primeiro vácuo de massa “A” é alimentado com quantidades iguais de magma e xarope, geralmente 45% de cada, de forma com que o xarope entre no cozedor após todo o magma ter sido transferido. A mistura cozinha (utilizando VV1) até obter-se 89° Brix e é chamada de “pé de cozimento”. 45% do volume desse pé é transferido para um segundo vácuo de massa “A” (manobra denominada “corte do pé”). Agora temos dois vácuos com 45% de volume de matéria-

prima de cristalização. Inicia-se então a alimentação de ambos, utilizando xarope. Nesse momento o Brix dos dois vácuos diminui, logo, deve permanecer por mais tempo cozinhando. O tempo é determinado pela qualidade do xarope utilizado. Enquanto dois vácuos estão no processo de cristalização, um terceiro vácuo de massa “A” está preparando o pé. Assim que o primeiro dos dois vácuos atingir a cristalização desejada (cerca de 93° Brix ou mediante análise visual realizada pelo operador da área) ele descarrega a massa no cristalizador de massa “A”. No momento da descarga, todas as entradas devem estar fechadas (xarope, magma, vapor, vácuo). Após ser descarregado, o vácuo passa pela limpeza até estar pronto para receber o corte do pé que está sendo preparado no terceiro vácuo. Desta maneira, percebe-se que todos os vácuos operam simultaneamente e em comunicação entre si.

**Cristalizador de massa “A”** – Recebe e armazena a massa cristalizada nos vácuos “A”. Sua função é alimentar as centrífugas automáticas e seu princípio de funcionamento é o mesmo do cristalizador de massa “B”.

As limpezas do vácuo são feitas utilizando VV1. Caso o vapor não seja suficiente para eliminar possíveis contaminantes presentes nas tubulações, é liberada a entrada de água que irá ferver no interior do cozedor e retirar todas as impurezas presentes. Essa limpeza é realizada após cada vácuo descarregar sua massa. A água de limpeza é bombeada ao tanque de liquidação.

Os gases condensados VV1 e VV2, obtidos nos coletores dos cozedores são armazenados em tanques e alimentam as centrífugas. O excedente não utilizado é bombeado para o tanque de condensado de VV1 e VV2 dos aquecedores e depois para o condensado geral.

Os vácuos trabalham com temperatura próxima a 65°C e a pressão negativa de -22 inHg. O multijato além de gerar essa pressão negativa ainda arrasta o vapor gerado até a lagoa de aspersão, onde a água é resfriada.

O operador de campo tem função de destaque nesse processo, pois cabe a ele orientar o COI sobre as manobras a serem feitas, mediante as análises visuais realizadas nos vácuos.

Acerca do processo de cristalização do açúcar, existem alguns termos importantes a serem explanados.

**Saturação** - Ao preparar uma solução de açúcar, só consegue-se dissolver uma certa quantidade de açúcar, sendo que a partir daí todo o açúcar que é adicionado irá direto para o fundo do recipiente. Neste momento, pode-se dizer que a solução está saturada.

**Supersaturação** - Se a solução contiver mais açúcar do que a quantidade possível de dissolver, ela será chamada de solução supersaturada. Está é uma condição quimicamente instável.

**Solução insaturada** - Se a solução ainda pode dissolver mais açúcar ela é chamada solução insaturada.

**Cristalização (Granagem)** - Cristalizar é fazer com que os cristais cresçam nas soluções que estiverem no interior dos vácuos de cozimento. Como os cristais só aparecem e crescem em soluções supersaturadas, é necessário ferver e concentrar as soluções de trabalho para torná-las supersaturadas.

As soluções supersaturadas são instáveis e, para se tornarem estáveis, são obrigadas pela natureza a cederem excesso de açúcar nelas contido, tornando-se saturadas. Este açúcar cedido pode, espontaneamente, dar origem a cristais ou se depositar em cristais adicionados à solução, fazendo-os crescer. Esses cristais adicionados a solução, para receber a sacarose, são chamados de sementes de nucleação.

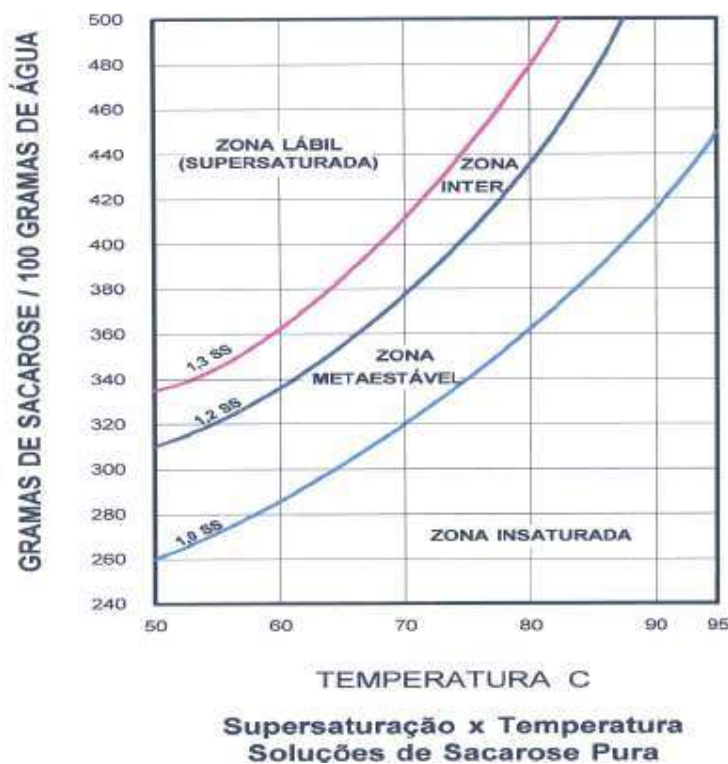
**Zona não Saturada** - Nenhum cristal se forma e qualquer um existente irá se dissolver.

**Zona Metaestável** - Não aparecem cristais, mas crescem os existentes.

**Zona Intermediária** - Nascem os cristais e os existentes crescem. Portanto, aqui há a possibilidade de falsos cristais e também conglomerados.

**Zona Lábil (Supersaturada)** - Os cristais se formam espontaneamente, mesmo sem a presença de outros na massa. O crescimento é desordenado.





**Figura 3:** Zonas de saturação para soluções água-açúcar  
Fonte: (HUGOT, 1969)

Vale salientar que os cristais devem ser obtidos e o cozimento deve ser conduzido até o final da zona metaestável, para que haja controle sobre o crescimento dos cristais. Se a concentração cair, cristais se dissolverão, levando, inclusive, a acréscimo de cor, quando voltarem a crescer. Se a concentração subir, ela pode vir invadir a zona intermediária, ocasionando aparecimento de falsos grãos.

Na granagem por semente, evapora-se a água do cozimento até a Zona Metaestável, em seguida introduz-se uma quantidade de cristais formados. Os cristais então crescem até o tamanho desejado, sem a formação de cristais extras.

### 3.2.3 Centrífugas

O objetivo da centrifugação consiste basicamente em separar o mel que está envolvido nos cristais de açúcar de uma massa cozida. Esta é uma das etapas fundamentais para a obtenção de um produto de qualidade.

**Centrífugas contínuas** – Como o próprio nome já diz, opera em sistema contínuo, separando o magma e o mel final. As centrífugas recebem a massa “B” vinda do cristalizador. Ao cair no cesto a força centrípeta separa o mel final, coletado na lateral da centrífuga, e o magma, que desce para a rosca de malaxe onde será bombeado para a sementeira “A”. No interior da centrífuga acontece o empastamento do magma, que consiste na injeção de água quente na massa, para que o magma não chegue seco na bomba de magma. Esse empastamento é ajustado manualmente pelo operador da área, mediante a análise visual do procedimento. A consistência do magma deve respeitar as limitações da bomba, uma vez que quando muito diluído a bomba não consegue puxá-lo e também acaba se perdendo muito açúcar para o mel final.

**Centrífugas automáticas** – São responsáveis por realizar a separação do mel rico, mel pobre e açúcar. Estes equipamentos operam automaticamente em bateladas. A sequência, rotação e material extraído, referentes ao procedimento encontram-se abaixo:

- Lavagem da tela (185 RPM) – mel rico;
- Abastecimento da centrífuga (190 RPM);
- Primeira lavagem (416 RPM) – mel pobre;
- Segunda lavagem (550 subindo até 1000 RPM) – mel pobre;
- Centrifugação (1000 RPM) – mel rico;
- Descarga (60 RPM) – açúcar.

A lavagem da tela dura cerca de 14 segundos e é feita utilizando água de condensado VV1 proveniente dos cozedores. A separação do mel é nítida e acontece a 420 RPM. A força centrípeta faz com que o mel seja separado do açúcar, enquanto este fica retido na tela do cesto. A descarga acontece com a centrífuga em movimento e tem o auxílio de um raspador que retira o açúcar da tela. Saindo da centrífuga, o açúcar é descarregado em uma calha vibratória que o transporta até o elevador 1 e deste para o secador.

Tanto o mel rico quanto o mel pobre são bombeados para seus respectivos tanques de onde voltarão ao processo de cristalização citado no início deste relatório.

Os tempos de lavagem, rotação de operação, quantidade de massa abastecida, entre outros parâmetros, são manipulados pelo operador da área mediante a análise visual do produto trabalhado. A eficiência destas centrífugas depende principalmente da qualidade da massa que chega até ela e do número de ciclos realizados por hora, mesmo estes estando diretamente interligados.

#### 3.2.4 Secador

O açúcar que sai das centrífugas automáticas encontra-se úmido, necessitando de secagem. O elevador descarrega o açúcar em um secador rotativo que consiste em um cilindro metálico montado na horizontal levemente inclinado (5 a 7°) para facilitar a progressão do açúcar. Este secador é provido internamente de aletas destinadas a recolher o açúcar e deixá-lo cair em forma de cascata. Esta secagem é realizada utilizando vapor de escape das turbinas (temperatura ótima de operação 39°C). Na saída do secador encontra-se uma peneira que separa os cristais não uniformes dos demais. O açúcar que passa pela peneira vai para rosca transportadora, desta para um segundo elevador, passando pela balança de fluxo, tubulão, elevador 3, até chegar ao silo ou ao ensaque. Os cristais retidos na peneira do secador caem na bica de rejeitos, onde são armazenados em big-bags para posterior diluição e reaproveitamento no setor de tratamento de caldo. O processo de secagem gera pó de açúcar. Este pó é inflamável, logo existe a necessidade de retirá-lo do processo para evitar possíveis explosões. O equipamento responsável por esse processo é o belfano, que aspira e realiza a lavagem do pó que sai do secador. O pó diluído também retorna ao processo de tratamento do caldo.

### 3.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA

O processo cerveja é dividido em três sub áreas: brassagem (recebimento e beneficiamento das matérias-primas e processo de brassagem em si), adegas (fermentação e maturação) e filtração.

### 3.3.1 Brassagem

#### 3.3.1.1 *Beneficiamento de matéria-prima*

**Milho** – Primeiramente, são retiradas amostras em pontos distintos da carga de milho; aprovado pelo teste, a matéria prima é descarregada e levada para silos de armazenamento, estes são transportados por elevadores tipos canecas e são levados para limpadoras que são retiradas pedras e metais. Logo após vão para silo pulmão, onde são umidificados para atingir de 16 a 18 % de umidade. Depois de umidificado, o milho é levado para a degerminadora, nessa etapa é realizada a retirada do gérmen, pois este possui um alto índice de gordura. Em seguida o milho vai para um equipamento chamado *planshifter*, ocorrendo a separação de grãos menores e maiores. O gérmen é destinado aos silos de armazenamento (KUNZE, 2004).

O milho é moído em grão menores, ficando em forma de gritz e pronto para ser utilizado na produção de cerveja. Em seguida são realizados testes para verificar se o gritz está de acordo com requisitos de granulometria.

**Malte** – A matéria prima é recebida e ocorre o processo de limpeza, passando por peneiras e despedradeiras para a retirada de qualquer corpo estranho, como pedra e metais. A média de beneficiamento por turno é de 17000 kg. A utilização dos silos é conforme o sistema FIFO (do inglês Primeiro que Entra, Primeiro que Sai), que significa que as matérias-primas são consumidas por ordem de chegada.

#### 3.3.1.2 *Brassagem*

A brassagem é a parte quente do processo de fabricação de cerveja, onde ocorre a base para a fabricação da cerveja. O processo da brassagem começa pelo cozinhador de adjuntos, em que é utilizado apenas gritz, que fica em repouso por 40 minutos a 84° C, esperando para a mosturação. Após o processo de mostura do gritz, este deve ser transferido para tina de mostura de malte para dar continuação no processo (LEWIS, 2002).

Na tina de mostura, o griz e malte passam por repousos a determinadas temperaturas para ativar atividades enzimáticas. O mosto é filtrado e vai para um tanque intermediário. O amido dos cereais é transformado em açúcar, que servem de alimento para o fermento. Ainda são adicionados ao mosto, açúcar, lúpulo, ácidos, caramelo, e outras substâncias. Após a fervura, o mosto passa por um processo final de decantação e é enviado à área de Adegas (KUNZE, 2004).

### 3.3.2 Adegas

A área de Adegas é responsável por produzir álcool, CO<sub>2</sub> e álcoois superiores. O mosto que é enviado pela brassagem passa por um processo de resfriamento, através de um trocador de calor. Dosa-se a quantidade certa de fermento, que pode ser reutilizado até 6 vezes, que se alimentam dos açúcares contido no composto. A fermentação é a conversão de carboidratos (polissacarídeos) para dióxido de carbono e álcoois ou ácidos orgânicos utilizando leveduras. O fermento é retirado de 120 a 140 horas depois de ter sido adicionado, e após isso, a cerveja passa pelo processo de centrifugação e é enviada para a maturação, que é o processo de envelhecimento da cerveja. A área de adegas fornece cerveja maturada para a filtração (KUNZE, 2004).

### 3.3.3 Filtração

Após a maturação e a retirada do fermento ainda restam partículas em suspensão na cerveja, que são retiradas pela filtração. Passa pelo filtro de terras com granulometria diferentes, para a limpeza total do líquido. Após a filtração a cerveja é enviada para o tanque pulmão para manter um nível constante de vazão e pressão. Essa cerveja é transportada para adegas de pressão onde o líquido é blendado, com dosagem de 35% de água desaerada (sem oxigênio), para o total de cerveja produzida. Também é adicionado CO<sub>2</sub>, que tem a função incorporar a cerveja e antioxidantes para garantir o ciclo de vida de seis meses. A cerveja pronta é enviada para o tanque de armazenamento, que é mantida a baixa temperatura, e está pronta para ser envasada (LEWIS, 2002).

### 3.3.4 Beer Consistency Index (BCI)

O processo de fabricação de cerveja deve obedecer a padrões operacionais para que se atinja os níveis esperados de qualidade no produto final. O KPI (do inglês, Indicador Chave de Performance) de qualidade BCI (Beer Consistency Index) mede a qualidade sensorial da cerveja, de acordo com alguns parâmetros operacionais.

O BCI da cerveja é medido a partir de parâmetros para três das áreas de produção (Brassagem, Adegas e Packaging). Na Brassagem, são avaliados o tempo total de fabricação e o índice de severidade térmica (relacionado às etapas quentes da fabricação de mosto). Já na área de Adegas, o BCI mede o tempo total de processo e a gestão de fermento, enquanto no Packaging é medido o TPO (nível de incorporação de oxigênio) e UP (relacionado à pasteurização da cerveja).

O indicador é medido em valores de 0 a 100 e cada área possui sua pontuação própria. Brassagem e Adegas podem alcançar o valor máximo de 40 pontos, enquanto que o Packaging pode alcançar no máximo 20 pontos.

Esse KPI de qualidade tem sua importância específica em cada área. Na Brassagem, busca-se a padronização dos tempos de fabricação para que o mosto produzido seja sempre igual e também para que esse mosto passe somente o tempo necessário nas etapas quentes de fabricação (índice de severidade térmica). Na área de Adegas, o objetivo é que a cerveja fique os tempos determinados pelos padrões operacionais nas etapas de fermentação e maturação e que o fermento esteja sempre nas melhores condições de armazenamento para ser reutilizado. Na área de Packaging, busca-se o menor nível de incorporação de oxigênio possível, para minimizar a oxidação e prolongar o frescor da cerveja e também que o produto não passe tempo a mais ou a menos no processo de pasteurização.

## 4 METODOLOGIA

Nessa etapa, serão apresentados os procedimentos metodológicos que foram utilizados na execução dos projetos.

### 4.1 LOCAL DA PESQUISA

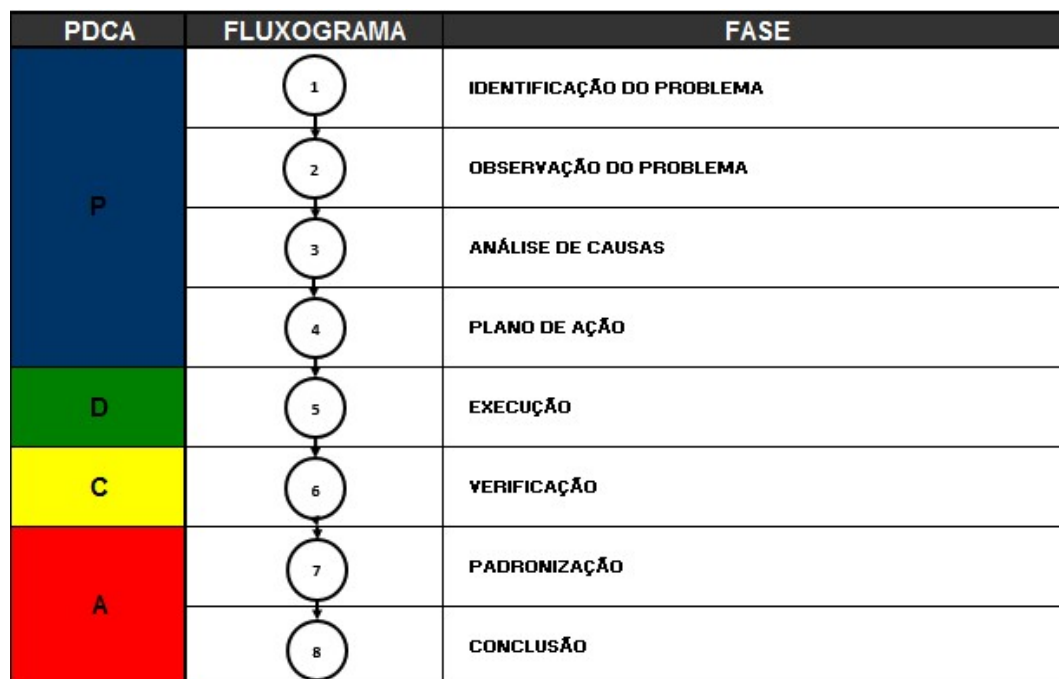
O presente trabalho foi desenvolvido em uma usina de açúcar e em uma cervejaria.

### 4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Em cada empresa, foram aplicadas ferramentas de qualidade para solução dos problemas encontrados nos processos de fabricação de açúcar e cerveja, conforme apresentado nos tópicos seguintes.

#### 4.2.1 Otimização do Preparo de Sementes (Usina de Açúcar)

Para realização do projeto de otimização do preparo de sementes, fez-se o uso da ferramenta PDCA, seguindo o cronograma (Figura 3) e também o diagrama de causa e efeito (Figura 1).



**Figura 4:** Cronograma PDCA  
Fonte: Autoria Própria

O problema foi identificado a partir de análises gráficas do Coeficiente de Variabilidade (CV) dos cristais do açúcar final. Este coeficiente avalia a uniformidade dos tamanhos dos cristais produzidos. A não uniformidade agrega cor ao açúcar, impactando na qualidade final do mesmo.

Análises microscópicas foram realizadas na semente que estava sendo produzida para que se pudesse avaliar a qualidade da mesma. Estas análises avaliavam a uniformidade dos cristais nas sementes.

A semente utilizada para cristalização do açúcar é o produto obtido a partir da mistura de açúcar triturado com álcool, em proporções pré-determinadas. É produzida através da moagem de cristais de açúcar em uma solução alcoólica em moinhos de bolas. Deve ser preparada no moinho padrão para obter o máximo de uniformidade dos cristais triturados, mantendo sempre o mesmo procedimento. Os cristais presentes na semente orientam o crescimento dos cristais da massa, logo, são os principais responsáveis pela uniformidade dos cristais do açúcar final.

Para que se pudesse avaliar quais falhas no processo estavam gerando semente de baixa qualidade, fez-se o uso do diagrama de causas e efeitos, onde



pode-se organizar de maneira clara quais as possíveis causas que estavam levando ao problema identificado no processo.

Com base no diagrama, foi elaborado um plano de ação para correção do problema. Este plano consistiu em realizar uma sequência de modificações nas variáveis levantadas como possíveis causas, visando otimizar e padronizar o procedimento. A cada novo preparo de semente, uma variável foi alterada e seus resultados observados por análises laboratoriais.

Ao término da execução das ações contidas no plano de ação, foi feita uma verificação para avaliar se o problema havia sido sanado. Esta verificação consistiu em análises microscópicas da nova semente produzida e no acompanhamento diário do coeficiente de variabilidade (CV) do açúcar final.

Por último, foi feita a padronização do preparo de sementes, baseado nas alterações feitas pelo plano de ação.

#### 4.2.2 Melhoria do indicador de qualidade BCI da Cerveja (Cervejaria)

Para alavancar os resultados de BCI na cervejaria onde foi realizado o presente trabalho foi necessária uma estratificação detalhada do indicador por área com o objetivo de encontrar lacunas e os principais impactos para os baixos resultados. Essa estratificação foi feita por meio de um Diagrama de Pareto, juntamente à um gráfico com o percentual de lotes fora de especificação em cada área e, a partir dessa estratificação, definiu-se duas áreas foco de atuação

Com as informações das áreas de atuação, foi realizado um “brainstorming” para levantar as principais causas desses resultados abaixo do esperado. Tendo como objetivo eliminar esse obstáculo, foram propostas melhorias para controle do processo voltadas ao BCI para cada área foco.

Em seguida, foi possível a criação de um plano de ação para a área com maior impacto nos resultados . O plano de ação proposto foi executado com o intuito de melhorar os resultados do KPI foco (BCI).

Após a execução das ações propostas, seguiu-se para a etapa de verificação dos resultados. Sendo os resultados satisfatórios, a próxima etapa consistiu na padronização das ações para garantir a sustentabilidade dos resultados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa etapa, são apresentados os resultados da aplicação das ferramentas de qualidade para os dois estudos de caso, na usina de açúcar e na cervejaria, e as discussões para cada vertente do trabalho.

### 5.1 OTIMIZAÇÃO DO PREPARO DE SEMENTES UTILIZADAS NO PROCESSO DE CRISTALIZAÇÃO DO AÇÚCAR

A qualidade do açúcar de cana de açúcar depende de vários fatores, dentre eles: qualidade da cana moída, eficiência do tratamento do caldo e qualidade dos cristais de açúcar presentes na semente. Entende-se por qualidade, uniformidade no tamanho dos cristais.

#### 5.1.1 Identificação do Problema

Com base nas análises do coeficiente de variabilidade (CV), pôde-se observar que, na maioria das datas, ultrapassou-se a meta de 30%, porcentagem considerada aceitável para produção de açúcar de boa qualidade.

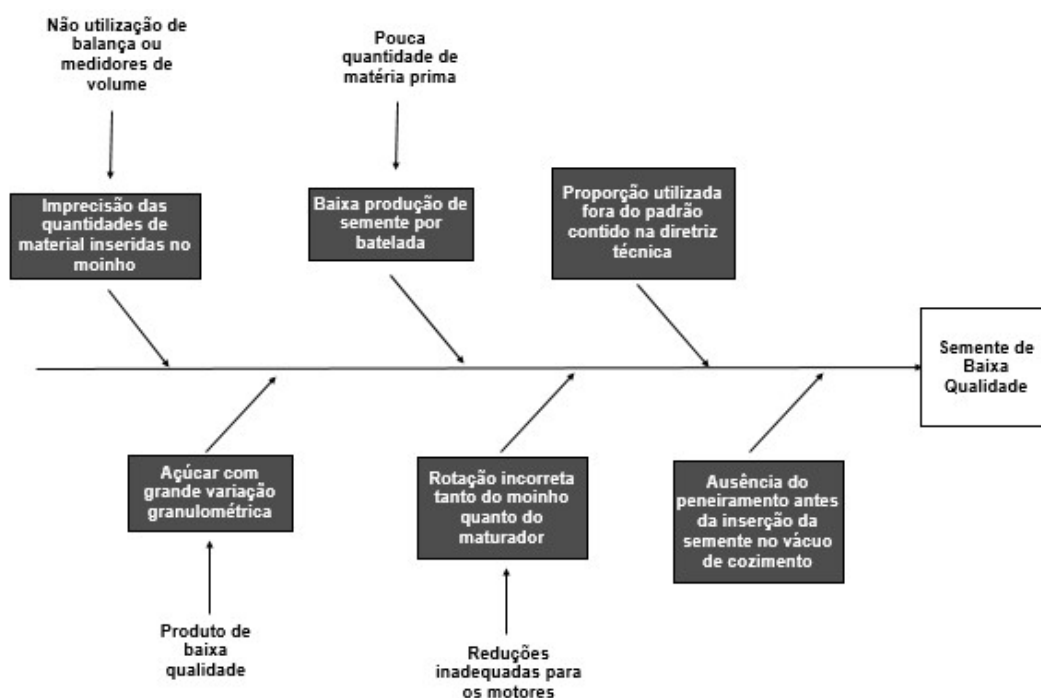
#### 5.1.2 Observação do Problema

Esta etapa foi realizada com base nas análises microscópicas das sementes que estavam sendo produzidas. Por meio da utilização de microscópio foi possível observar a desconformidade dos cristais presentes na semente de açúcar produzida.

Com a avaliação das análises de CV em conjunto com as análises microscópicas, definiu-se como meta produzir açúcar final com  $CV < 30\%$ , tendo como objetivo estratégico otimizar o preparo de sementes.

### 5.1.3 Análise das Causas

Por meio do diagrama de causas e efeitos (figura 5), foram identificadas causas primárias e secundárias que levavam à produção de sementes de baixa qualidade. As causas dispostas nas caixas em cor cinza são as causas primárias e as demais são as secundárias. Vale ressaltar que todas essas possíveis causas foram levantadas com base em estudos existentes sobre o processo de produção de sementes.



**Figura 5:** Diagrama Causas e Efeitos  
Fonte: Autoria própria

### 5.1.4 Plano de Ação

O plano de ação para correção do problema consistiu em realizar uma sequência de modificações nas variáveis levantadas como possíveis causas, visando otimizar e padronizar o procedimento. A cada novo preparo de semente, uma variável foi alterada e seus resultados observados por análises laboratoriais. A sequência das alterações realizadas foi a seguinte:

**1ª ação** - Mediu-se com precisão as quantidades de açúcar e álcool utilizadas no procedimento, seguindo a proporção (1:2), inserindo 9 kg de açúcar e 18 litros de álcool hidratado utilizando balança analítica e béquer graduado.

**2ª ação** - Aumentou-se a quantidade de açúcar para 10kg e de álcool para 20 litros visando aumentar a produção por batelada, garantindo que houvesse semente para o processo durante o tempo em que a semente permanecesse no moinho.

**3ª ação** - Com base na diretriz técnica DT.0006 (padrão técnico do moinho de bolas da unidade) interligou-se as proporções de esferas (presentes no interior do moinho, responsável por triturar o açúcar), açúcar e álcool (3:5:10). A partir da DT.0006 calculou-se o volume do moinho (70L). O moinho deve operar com 50 a 55% de sua capacidade de armazenamento, logo, a máxima batelada ocupa 38,5 litros. Aumentou-se a quantidade de açúcar e álcool utilizados, baseando-se na capacidade operacional do moinho.

- Densidade do açúcar – 1,587 kg/l;
- Volume de açúcar –  $(14 \text{ kg} / 1,587 \text{ kg/l}) = 8,82 \text{ litros}$ ;
- Volume de álcool – 28 litros;
- Densidade das esferas – 5,11 kg/l;
- Volume de esferas –  $(8,4 \text{ kg} / 5,11 \text{ kg/l}) = 1,64 \text{ litros}$ ;
- Volume total por batelada – 38,46 litros.;

**4ª ação** - Classificou-se o açúcar utilizado no preparo. Com o auxílio do conjunto de peneiras do laboratório, separou-se o açúcar com granulometria entre 0,6 e 1 mm (ABNT 30 e 18) para o preparo da semente. Desta forma a granulometria do açúcar utilizado foi  $(0,6\text{mm} < \text{grão} < 1,0\text{mm})$ ;

**5ª ação** - Seguindo a diretriz técnica DT. 0006 foi identificado que as rotações tanto do moinho quanto do maturador encontravam-se fora do padrão, isto por que as reduções dos motores estavam invertidas (moinho 22 rpm; maturador 40 rpm). Frente a isso, foi solicitada a alteração das mesmas para que ficassem de acordo com a diretriz.

**6ª ação** - Com o auxílio da peneira ABNT 60, peneirou-se a semente retirada do maturador, antes de inseri-la no vácuo, eliminando assim possíveis grãos desuniformes.

#### 5.1.5 Execução das Ações e Verificação

Todas as ações foram executadas da maneira descrita em um prazo de 42 dias e, a cada nova ação, análises microscópicas foram realizadas na semente, com a finalidade de avaliar a uniformidade dos cristais presentes na mesma. Ao final da execução do plano de ação (seis ações propostas), obteve-se um resultado satisfatório em relação à uniformidade dos cristais presentes na semente produzida.

Atingido o objetivo estratégico do trabalho (otimização do preparo de sementes), iniciou-se o período de avaliação do coeficiente de variabilidade do açúcar final produzido, com o intuito de verificar se a meta do presente trabalho ( $CV < 30\%$ ) foi atingida.

Analisando os valores médios de CV, verifica-se que o plano de ação apresentou resultados satisfatórios após a otimização, passando de 32,71% para 31,1%. Embora o CV médio tenha sido reduzido em cerca de 5% (não atingindo o valor  $< 30\%$  conforme a meta do projeto) averiguou-se que a maior parte do açúcar produzido enquadrou-se no tipo 2.2, sendo este o açúcar de melhor qualidade produzido na unidade.

#### 5.1.6 Padronização

Mediante aos resultados de otimização, montou-se um roteiro para o preparo de sementes na Usina de Açúcar em estudo, padronizado da seguinte maneira:

- Utilizando o equipamento Granutest, montar as peneiras na sequência de abertura de 1,0mm(ABNT 18); 0,71mm(ABNT 25); 0,60mm(ABNT 30); fundo. Para o preparo da semente, utilizar os cristais de açúcar retidos nas peneiras de 0,71mm e 0,60mm. Descartar, nos sacos

destinados a diluição, os cristais retidos na peneira de 1,0mm e no fundo para que retornem ao processo. O montante de cristais classificados para semente deve totalizar 14 Kg.

- No interior do moinho deve-se inserir 8,4 Kg de esferas, os 14 Kg de açúcar classificados no Granutest e 28 litros de álcool hidratado, seguindo assim a proporção 3:5:10 (esferas:açúcar:álcool) e respeitando a capacidade operacional do equipamento.
- O período de moagem deve ser de 4 dias. Ao final desse período, transferir a semente do moinho para o maturador, onde deve permanecer por mais 4 dias para "lapidação". O volume total de semente produzida é de aproximadamente 38,5 litros. Antes da retirada da semente do moinho é essencial que se acrescente 2 litros de álcool e deixe o equipamento funcionando por cerca de 10 minutos, para que a semente saia com mais facilidade do equipamento.
- Ao final do período de maturação, deve-se retirar todo o volume de semente do maturador e passá-la pela peneira de abertura 0,25mm(ABNT 60), afim de evitar que cristais desuniformes sejam inseridos nos vácuos.
- Ao final de cada batelada deve-se passar álcool hidratado no interior do maturador para que não ocorra remontagem de semente, retirando assim todo o excesso que fique retido no equipamento.
- A cada preparo de semente, deve-se atualizar a identificação de lotes tanto nas paredes próximas ao moinho e maturador como na ficha de controle de preparo de sementes armazenada no C.O.I (Centro de Operações Industriais).

Desta maneira é possível obter sementes com melhor uniformidade de cristais, o que garante uma melhor qualidade do produto acabado, aumentando a eficiência de produção e, conseqüentemente, a rentabilidade do processo.

## 5.2 OTIMIZAÇÃO DOS RESULTADOS DO BCI DA CERVEJA

### 5.2.1 Identificação do Problema

A cervejaria onde foi realizado o estudo de caso apresentava os piores resultados em BCI quando comparada com as suas outras unidades de negócios e, por se tratar de um KPI muito importante (parte integrante do programa de participação dos lucros para 2017), foi realizada uma investigação com o intuito de alavancar os resultados desta unidade.

### 5.2.2 Observação do Problema

Após os resultados de BCI atingirem apenas 54,21% no mês de Outubro de 2016, sendo que são considerados aceitáveis resultados acima de 80%, realizou-se uma estratificação dos resultados que estavam fora de especificação juntamente à um diagrama de Pareto para encontrar as maiores lacunas nesse indicador.

A partir dessa estratificação, checkou-se que a área de Brassagem apresentava 80,5% de lotes fora de especificação no mês de Outubro de 2016, que representavam 76,1% de impacto de acordo com o Pareto. A área de Adegas era o segundo maior impacto, com 28,7% de lotes fora de especificação. As duas áreas em conjunto acumulavam 95,7% dos impactos no resultado do indicador.

### 5.2.3 Análise das Causas

Depois de identificadas as áreas com piores resultado de BCI, Brassagem e Adegas, foram analisadas quais seriam as principais fontes dos problemas encontrados e, a partir de um *“brainstorming”*, definiu-se que uma das possíveis causas que envolvia as duas áreas era a falta de visibilidade para os resultados.

Como o BCI na Brassagem e Adegas é medido principalmente pelos tempos de processo, pelo fato de não existirem ferramentas de acompanhamento em tempo



real para cada lote, não se sabia se o que estava em processo de fabricação estava dentro ou fora de faixa. Então, foram criados controles para área de Brassagem e de Adegas.

Esses controles consistem em planilhas do Microsoft Excel que, ao serem alimentadas com relatórios gerados internamente, realizavam os cálculos e já mostravam se os lotes estavam com tendência a ficar dentro ou fora de faixa. A planilha de controle da área de Brassagem possibilitava o acompanhamento dos tempos gastos em cada uma das etapas de brassagem por batelada e comparavam aos valores esperados. Já a planilha da área de Adegas mostrava os tempos de fermentação e maturação em tempo real para que se acompanhassem os tanques e esses processos acontecessem dentro dos intervalos de tempo esperados.

#### 5.2.4 Plano de Ação

No caso do BCI Brassagem, a criação do controle serviu para que se pudesse encontrar outras lacunas no processo de fabricação. A partir dele, surgiram as seguintes ações de melhoria.

**1ª ação** – Treinar operação da Brassagem em BCI para que os mesmos entendam do indicador e qual a importância deles para os resultados do mesmo.

**2ª ação** – Ajustar o intervalo entre arriadas (bateladas) para que não se inicie uma batelada enquanto a anterior não estiver em um momento pré-determinado.

**3ª ação** – Ajustar a sincronia entre passos no supervisório para que não se perca tempo entre as etapas.

**4ª ação** – Ajustar a planta de produção de griz para que os tempos de filtração de mosto sejam inferiores à 120 minutos.

**5ª ação** – Criar uma forma para que os operadores acompanhem em tempo real os resultados de BCI por batelada.

Além das ações de melhoria, foram executadas algumas ações de projeto (aquelas que requeriam investimento) tais como:

- Troca das peneiras da tina filtro.
- Instalação do transporte pneumático de griz.

#### 5.2.5 Execução das Ações e Verificação

As 5 ações propostas foram executadas em um período de 6 meses e a evolução nos resultados de BCI na área de Brassagem foi significativa. O indicador aumentou 109%, subindo de 19,5% para 40,9%.

Para a área de Adegas, somente a criação do controle de processo em tempo real foi o suficiente para alavancar os resultados. Após a aplicação da ferramenta, os resultados da área no indicador aumentaram 37%, saindo de 71% para 98,7%. Isso se devia ao fato de que não havia nenhum tipo de acompanhamento para os tempos de processo na área de Adegas.

Como o BCI Total é calculado somando-se os resultados de cada área e as duas áreas evoluíram, os resultados de BCI na cervejaria em estudo também apresentaram melhoras, com um aumento de 36,3%, atingindo ao fim do estudo um total de 73,9% (contra os 53,2% iniciais).

#### 5.2.6 Padronização

Após a execução e verificação do plano de ação, a melhora nos resultados representou uma maior padronização de tempos no processo de produção de cerveja. Em seguida, essas ações de melhoria que geraram resultados positivos foram incorporadas à padrões operacionais para que todos colaboradores (atuais ou novos) sejam treinados e os executem para que os bons resultados se mantenham. As ações que dependiam de investimento foram apresentadas e encaminhadas à diretoria corporativa para que pudessem ser viabilizadas e, dessa forma, melhorarem ainda mais os resultados.

## 6 CONCLUSÕES

Os objetivos principais desse estudo giravam em torno da aplicação de ferramentas da qualidade e suas consequências na melhoria de alguns processos produtivos. A utilização dessas ferramentas permitiu que o andamento dos projetos ocorresse de maneira organizada e ágil, visto que, pela relação entre as ferramentas, pôde-se alcançar resultados satisfatórios para os dois estudos de caso.

No estudo realizado na usina de açúcar, as ferramentas da qualidade utilizadas foram fundamentais para identificação do problema, análise das causas, bem como suas correções. Todas as ações executadas tiveram resultados significativos e ocorreram dentro do prazo determinado, prazo este que era reduzido devido à necessidade de correção imediata do problema.

No caso da cervejaria, as ferramentas da qualidade utilizadas serviram, em um primeiro momento, para evidenciar uma falta de controle de processo voltado ao BCI. Com esses controles em mãos, as tomadas de decisão foram simplificadas e surgiram ações eficazes mais frequentemente. Por fim, encontrou-se uma maneira de padronizar todas as ações que se mostraram eficientes com o objetivo de que os resultados se mantenham sustentáveis.

Por fim, vale ressaltar que as ferramentas da qualidade não possuem seu uso restrito ao ambiente industrial, podendo estas serem utilizadas em quaisquer projetos que por ventura venham a ser desenvolvidos ou aprimorados e necessitem de organização e resultados rápidos, claros e objetivos.

## REFERÊNCIAS

FALCONI, V. C.; ISHIKAWA, K. **Qualidade Total - Padronização de empresas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HUGOT, E. **Manual da Engenharia Açucareira**. São Paulo: Mestre Jou, v. 1, 1969.

KUNZE, W. **Technology Brewing and Malting**. 3. ed. Berlim: VLB Berlin, 2004.

LEWIS, M. J. **Brewing**. 2. ed. New York: Kluwer Academic, 2002.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: teoria e prática**. [S.l.]: Atlas, 2004.

REIN, P. **Engenharia de Açúcar de Cana**. Berlim: Verlag Dr. Albert Bartens Kg, 2013.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade no Ciclo PDCA para Melhoria Contínua: Estudo de Caso numa Empresa de Autopeças**. 2010. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 72. 2010.