

## GESTÃO DA PRODUTIVIDADE NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

Luiz Carlos Alves

Projeto submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em  
Gestão de Empresas

Orientador:

Prof. Doutor Nelson José dos Santos António, Prof. Catedrático, ISCTE Business School,  
Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Outubro 2018

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, Por Sua presença em todos os momentos da minha vida.

À minha Mãe (*in memoriam*), exemplo de persistência, coragem e dedicação.

Agradeço a todos os que me ajudaram na elaboração deste projeto, em especial à minha esposa Sheila Alves, pelo apoio e compreensão.

Ao Professor Doutor Nelson José António pela orientação.

À Coordenadora Cristina Carreira pelo apoio, confiança e colaboração.

Ao ISCTE-IUL pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento profissional.

Aos colegas de uma turma tão especial e dinâmica, a qual não deixo apenas colegas, e sim grandes amigos.

A todas as pessoas cujo caráter é 99,99966% conforme, em amizade e honestidade, as quais me trouxeram até aqui, e me incentivaram diariamente nesta melhoria contínua.

## ÍNDICE

Resumo	Pág. iv
Abstract	Pág. iv
Sumário Executivo	Pág. v
Definição do Contexto do Problema	Pág. vi
Revisão de Literatura	Pág. 1
Quadro Referência	Pág. 23
Metodologia	Pág. 24
Análise de Informação	Pág. 27
DMAIC – Fase Definir	Pág. 27
DMAIC – Fase Medir	Pág. 28
DMAIC – Fase Analisar	Pág. 32
DMAIC – Fase Melhorar	Pág. 39
DMAIC – Fase Controlar	Pág. 48
Conclusão	Pág. 51
Referências	Pág. 51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Pág. 8
Figura 2	Pág. 9
Figura 3	Pág. 11
Figura 4	Pág. 15
Figura 5	Pág. 16
Figura 6	Pág. 18
Figura 7	Pág. 23
Figura 8	Pág. 24
Figura 9	Pág. 27
Figura 10	Pág. 28
Figura 11	Pág. 29
Figura 12	Pág. 29
Figura 13	Pág. 30
Figura 14	Pág. 30
Figura 15	Pág. 31
Figura 16	Pág. 32
Figura 17	Pág. 32
Figura 18	Pág. 33
Figura 19	Pág. 34
Figura 20	Pág. 35
Figura 21	Pág. 35

## LISTA DE FIGURAS

Figura 22	Pág. 36
Figura 23	Pág. 37
Figura 24	Pág. 37
Figura 25	Pág. 38
Figura 26	Pág. 38
Figura 27	Pág. 39
Figura 28	Pág. 40
Figura 29	Pág. 41
Figura 30	Pág. 41
Figura 31	Pág. 42
Figura 32	Pág. 43
Figura 33	Pág. 43
Figura 34	Pág. 44
Figura 35	Pág. 45
Figura 36	Pág. 45
Figura 37	Pág. 46
Figura 38	Pág. 47
Figura 39	Pág. 48
Figura 40	Pág. 49
Figura 41	Pág. 49
Figura 42	Pág. 50

## RESUMO

A Gestão da Produtividade é um dos requisitos essenciais que consiste na gestão estratégica da competitividade das empresas, sendo que a produtividade é aumentada com a melhoria da qualidade dos processos e produtos. O objetivo deste projeto foi identificar as oportunidades de melhoria no sistema de Gestão Industrial, com o desafio de aumentar o indicador de produtividade nas cervejarias da zona Brasil. O projeto teve foco de atuação no sistema de Gestão Industrial, sendo que o método DMAIC foi aplicado como ferramenta de melhoria contínua. O VPO Manutenção foi identificado como a variável de maior impacto no sistema de Gestão da Produtividade. A melhoria contínua do VPO Manutenção e o aumento da execução dos procedimentos de manutenção resultou no crescimento 11,2 pontos percentuais na aderência média do VPO Manutenção na zona Brasil, com crescimento sustentável dos indicadores de Eficiência de linha e Produtividade. O indicador de Eficiência de linha apresentou um crescimento 7,9 pontos percentuais, enquanto o indicador de Produtividade obteve um crescimento de 9,3 pontos percentuais.

**Palavras-chave:** Produção; Eficiência; Desempenho organizacional; DMAIC.

## ABSTRACT

Productivity Management is one of the essential requirements that consists in the strategic management of the competitiveness of companies, being that the productivity is increased by improving the quality of processes and products. The objective of this project was to identify the opportunities for improvement in the Industrial Management system, with the challenge of increasing the indicator of productivity in the breweries of the Brazil zone. The project was focused on the Industrial Management system, and the DMAIC method was applied as a tool for continuous improvement. The VPO Maintenance was identified as the variable with the greatest impact on the Productivity Management system. The continuous improvement of the VPO Maintenance and the increase in the execution of the maintenance procedures resulted in the growth of 11.2 percentage points in the average adherence of the VPO Maintenance in the Brazil zone, with sustainable growth of the Line Efficiency and Productivity indicators. The Line Efficiency indicator grew by 7.9 percentage points, while the Productivity indicator grew by 9.3 percentage points.

**Keywords:** Production; Efficiency; Organizational performance; DMAIC.

**JEL classification system:** M110 – Production Management; M150 – IT Management.

## SUMÁRIO EXECUTIVO

Durante a realização do Mestrado em Gestão de Empresas, surgiu o desafio de elaborar um plano de revisão do sistema de Gestão da Produtividade nas unidades de produção de cervejas na zona Brasil. O projeto de revisão teve como objetivo traçar novas metas e verificar resultados frente às metas planejadas no cenário global. Nesse contexto de revisão e estudo da sistemática da Gestão Industrial e Gestão da Produtividade, selecionamos para o desenvolvimento desse projeto a metodologia Lean Six Sigma com utilização do método DMAIC.

Lean Six Sigma segue de encontro com as necessidades impostas pelo mercado global, sendo que seu foco é a melhoria dos processos existentes através de análises estatísticas, e seu objetivo final é proporcionar ganhos financeiros para indústrias, seja esses ganhos através de custos evitados ou do próprio aumento da qualidade e eficiência produtiva.

O projeto teve interface direta com as áreas de Gestão Industrial das unidades da zona Brasil. O método DMAIC identificou as unidades com alta e baixa performance, utilizando como método analítico os resultados dos índices de Produtividade e de Eficiência de Linha. As oportunidades dos resultados desse trabalho são diversas, tendo principalmente impacto direto nos indicadores de Gestão da Produtividade.

## DEFINIÇÃO DO CONTEXTO DO PROBLEMA

Atualmente, em um cenário cada vez mais competitivo e globalizado, as cervejarias estão investindo em estratégias que as diferencie frente à concorrência, buscando sempre novas idéias, métodos e ferramentas de gestão do negócio. A capacidade de oferecer respostas rápidas, custos adequados e atendimento às necessidades dos clientes, são fatores primordiais para que seja determinado o crescimento produtivo e econômico de uma cervejaria. Portanto, a busca por soluções que aumentem a produtividade, garanta a qualidade e reduzam os custos dos seus processos produtivos se faz necessária. A Gestão da Produtividade é um dos quesitos essenciais na formulação das estratégias de competitividade das indústrias cervejeiras.

No Brasil, o alto desempenho da Gestão da Produtividade nas cervejarias vem se tornando cada vez mais crucial. A Gestão da Produtividade implica em uma maior oportunidade de redução de custos industriais, além de contribuir para melhoria da qualidade dos processos industriais, menor custo unitário do produto, investimentos em inovações e, portanto, no melhor posicionamento da empresa frente aos mercados de atuação. A sustentabilidade das organizações produtivas percorre necessariamente pelo processo de melhoria contínua dos seus processos de gestão, especificamente da Gestão da Produtividade.

Ao analisar a realidade da Gestão da Produtividade no contexto da indústria cervejeira, torna-se necessário inicialmente compreender os indicadores e analisar os elementos que tem contribuído para o baixo desempenho da Gestão da Produtividade na cervejaria. Portanto, trata-se de uma análise qualitativa e quantitativa, que busca encontrar as principais causas das perdas na sistemática de produção.

Atualmente nas cervejarias, os profissionais normalmente analisam os números dos indicadores de Eficiência de Linha e Produção, mas não das variáveis e as principais causas que impactam os resultados dos mesmos, os quais refletem diretamente no sistema de Gestão da Produtividade. Nesse novo conceito de Gestão da Produtividade, este estudo propõe identificar e analisar as principais variáveis e causas sistêmicas, e direcionar para as oportunidades de melhoria nos processos industriais, e por conseqüência, aumentar a produtividade de forma sustentável, atingindo as metas estabelecidas no curto, médio e longo prazo nas unidades fabris da cervejaria.

## REVISÃO DE LITERATURA

A cerveja é a segunda bebida alcoólica mais consumida em todo o mundo, com quase 35% de todos consumos relatados, comparado com apenas 8% de consumo de vinho (Organização Mundial da Saúde, 2014). Em 2016, a produção mundial de cerveja atingiu cerca de 1,96 bilhões de hectolitros, em comparação com 1,30 bilhões de hectolitros em 1998 (STATISTA, 2017). Os principais países líderes na produção de cerveja são a China, os Estados Unidos, Brasil, Alemanha e Rússia (STATISTA, 2017; Lopes et al., 2017). No ano de 2016, a China foi o país líder na produção mundial de cerveja com um volume de produção de cerca de 460 milhões de hectolitros. Os Estados Unidos e o Brasil encerraram os três países líderes em produção de cerveja, com um volume de produção de 221,35 milhões de hectolitros e 140 milhões de hectolitros, respectivamente (STATISTA, 2017; MAPA, 2018).

A Alemanha ocupa a quarta posição mundial com 95 milhões de hectolitros/ano, e no quinto lugar deste ranking encontra-se a Rússia com 78 milhões de hectolitros/ano (STATISTA, 2017). Entre os 28 países da União Europeia no ano de 2016, a Alemanha se destaca como o principal produtor de cerveja, seguido do Reino Unido (51 milhões de hectolitros/ano), Polónia (40 milhões de hectolitros/ano) e Espanha (37 milhões de hectolitros/ano). Portugal ocupa o 12º lugar como produtor da União Europeia, sendo que no ano de 2016 foram produzidos 6,73 milhões de hectolitros de cerveja (Monteiro, 2017).

A China é o maior país consumidor de cerveja do mundo, com 23,60% parte do mercado global; seguido pelos EUA, com aproximadamente 11,80% (Amienyo & Azapagic, 2016). No Brasil, a indústria cervejeira gera cerca de 2,7 milhões de empregos e sua receita corresponde a 1,6% do Produto Interno Bruto (PIB), contribuindo com R\$ 21 bilhões de impostos ao ano (BRASIL, 2017, CervBrasil, 2018). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil, 2017), o país tem cerca de 117 mil hectares plantados com cereais destinados à produção da bebida. Atualmente no Brasil, estão registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento em média 690 cervejarias que fabricam 7540 produtos, divididos entre cervejas e chopes (MAPA, 2017; CervBrasil, 2018).

A indústria cervejeira exige um desenvolvimento constante e revela uma enorme capacidade de adaptação às demandas do mercado. O nível de concorrência neste setor gera uma necessidade de maior produtividade, eficiência e qualidade para atender as exigências de

seus consumidores. Portanto, uma Gestão da Produtividade aplicada é fundamental para o crescimento sustentável do negócio.

## A Cerveja

A origem etimológica da palavra cerveja encontra-se no latim “cervesia”, designação específica de bebida fermentada. A expressão latina “cervesiam bibere” provavelmente deu origem as palavras que em outras línguas europeias designam cerveja (bière, bier, beer). A produção de cerveja teve seu início na Antiguidade com as civilizações da Suméria, Babilônia e Egito. Ao longo da história, com as expansões dos impérios gregos e romanos a cultura de consumir esse tipo de bebida fermentada foi se difundido por toda região da Europa (Venturini Filho, 2005). No século XIII, na idade Média, foram os germânicos que introduziram o lúpulo como matéria-prima ao processamento da cerveja, atribuindo características básicas de uma bebida conhecida nos dias atuais.

Atualmente a produção da cerveja consiste basicamente em combinar lúpulo, cevada malteada, fermento e outros ingredientes com água e permitir que esse líquido fermente (Grieco et al., 2018). O processo de obtenção da cerveja é relativamente simples, entretanto diferentes aspectos de seu processamento como temperatura, tempo, e as diferentes quantidades e tipos de matérias-primas utilizadas podem produzir cervejas com características singulares.

O corpo da cerveja é fornecido pela cevada malteada, porém podem ser utilizados adjuntos complementares ricos em amido, substituindo parcialmente os ingredientes originais por outros, tais como arroz, trigo e milho (Mardegan et al., 2013). O processo de maltagem da cevada tem a função de eliminar, na maior extensão possível, as  $\beta$ -glucanas das paredes celulares e algumas proteínas insolúveis que possam obstruir o acesso das enzimas no interior dos grânulos, pois durante o processo desenvolvem-se também enzimas específicas que convertem o amido em açúcares solúveis (Gupta et al., 2010). Os adjuntos complementares utilizados no processo de fabricação da cerveja no Brasil não devem exceder de 45%, sendo os mais comuns utilizados são os grãos triturado de milho, arroz, trigo, xarope de milho com alto teor de maltose e xarope de cana-de-açúcar (Sleiman e Venturini Filho, 2008).

O peso da cerveja deve-se à água, que representa cerca de 92 a 95% de sua constituição. Os cereais utilizados servem de fontes de carboidratos fermentáveis, proteínas e minerais (Sleiman e Venturini Filho, 2008). Do lúpulo (*Humulus lupulus*) provém óleos essenciais, substâncias minerais, polifenóis e resinas amargas, que conferem à bebida o amargor e sabor característico (D'Avila et al., 2012). A cerveja é classificada de acordo com o processo de fermentação. As leveduras utilizadas, *Saccharomyces cerevisiae*, são para a produção de cervejas do tipo Ale (alta fermentação), e *Saccharomyces uvarum*, para o tipo Lager (baixa fermentação). As leveduras são os componentes responsáveis pela fermentação do mosto, com formação de produtos que determinam o sabor da cerveja e conferem as características próprias da bebida (Venturini Filho, 2005).

A cerveja Lager é o tipo mais consumida, sendo produzida por fermentação "baixa", a qual é realizada sob refrigeração (geralmente entre 6 e 15° C). Após a fermentação, as células de levedura se depositam no fundo do fermentador e são geralmente removidas. Em contraste, a cerveja tipo Ale é produzida por fermentação "alta", ocorrendo entre 16 e 24° C, após o processo de fermentação as células de levedura sobem para a superfície do meio de fermentação, formando um filme espesso que geralmente não é completamente removido. Diferentes estilos de cerveja, como pilsen, bock, weizen, ale clara e marrom, rauchbier e muitas outras, provêm de variações no processamento, formulações e composição de ingredientes (Moura-Nunes et al., 2016).

A maioria das cervejas produzidas no mundo tem teor alcoólico entre 3 e 6% (v/v). Adicionalmente, as cervejas convencionalmente fermentadas podem reter cerca de 25% do amido numa forma parcialmente degradada, não fermentável, o que contribuiu na formação do corpo e sabor da cerveja. Em contraste, as chamadas cervejas leves geralmente contêm níveis mínimos de carboidratos (Bamforth, 2002).

Além disso, as cervejas contêm nutrientes que estão associados aos efeitos positivos na saúde, tais como os compostos fenólicos, minerais e vitaminas. As principais classes de compostos fenólicos presentes nas cervejas incluem as cumarinas, catequinas e os ácidos fenólicos. Os compostos fenólicos influenciam principalmene na qualidade sensorial e na estabilidade química da cerveja (Moura-Nunes et al., 2016). Os fabricantes de cerveja provavelmente não precisam melhorar a composição nutricional e sensorial dos seus produtos, mas precisam reduzir as perdas no processamento e no sistema de envase para obterem

produtos padronizados, com qualidade produtiva e com baixos custos, e assim posicionar melhor os seus produtos no mercado consumidor.

## **Gestão da Qualidade Total**

O primeiro a desenvolver uma metodologia de controle da qualidade embasada em análises quantitativas foi Shewhart (1931), nos Estados Unidos, entretanto foram Deming (1982) e Juran (1980) os pioneiros em promover o conceito de controle da qualidade. Edwards Deming se tornou mundialmente conhecido como o grande promotor do Controle da Qualidade no Japão, deixando grandes contribuições para o desenvolvimento da qualidade. Sua abordagem é baseada no uso de métodos estatísticos para reduzir custos e aumentam a produtividade e qualidade dos produtos (Deming, 1990).

Edwards Deming (1982) descreve que a produtividade é aumenta com a melhoria da qualidade, e que os benefícios são os custos produtivos mais baixos, melhor posição competitiva e funcionários mais satisfeitos no trabalho. Deming defendia o fato de que a qualidade é alcançada pela melhoria do processo, pois a melhoria do processo aumenta a uniformidade da produção do produto, reduz erros e reduz o desperdício de mão de obra, tempo de máquina e materiais. Portanto, Deming conduziu as organizações pelo caminho adequado a obter o padrão ideal de funcionamento, viabilizando os processos através da qualidade. Melhorando a qualidade, a produtividade aumenta, e por consequência a redução dos custos e dos preços.

Porém, foi Juran (1986) que introduziu o enfoque da qualidade como estratégia empresarial. Juran atribui a responsabilidade pela qualidade final do produto ou serviço à função qualidade. Segundo Juran (1991) a qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes proporcionando a sua satisfação em relação ao produto e também na ausência de falhas.

Nesse contexto da revolução da qualidade, Deming deu um enfoque maior à utilização de métodos estatísticos de maneira sistemática. Juran por sua vez procurou mostrar que apenas o esforço da mão de obra no controle da qualidade não era suficiente, responsabilizando a administração por cerca de 85% dos problemas de qualidade (Paladini et al., 2012). A busca da qualidade total passa a ser então uma função gerencial. Desse modo,

Ishikawa (1993) reuniu os ensinamentos de Deming (1982) e Juran (1991) e desenvolveu as ferramentas de controle estatístico da qualidade. Ishikawa (1993) foi o responsável pela união de todos estes conhecimentos de maneira organizada e sistêmica, como é conhecido hoje como o Controle de Qualidade Total (TQC).

Ishikawa (1993) considerava o controle da qualidade como o desenvolvimento, o projeto, a produção, o marketing e os serviços com o melhor custo-benefício para que os clientes adquirissem os produtos com satisfação. O TQC tinha como requisito o envolvimento de todas as áreas operacionais direcionadas à obtenção da qualidade, além da melhoria do processos e a utilização de métodos estatísticos (Paladini et al., 2012).

O TQC consistia na criação de uma vantagem competitiva sustentável, que ocorria por meio do constante aprimoramento do processo de identificação e atendimento das necessidades e expectativas dos clientes quanto aos produtos e serviços requeridos, e da utilização eficiente dos recursos existentes de modo a agregar o máximo de valor ao resultado final (Ernest & Young 1993; Ishikawa, 1993). A evolução do TQC resultou na Gestão da Qualidade Total (GQT), a qual consiste na idéia central de que a qualidade está presente em todo gerenciamento organizacional, e não apenas nas atividades da cadeia produtiva (Paladini et al., 2012).

A Gestão da Qualidade Total (GQT) é a implementação de um conceito de gestão, sendo que a qualidade total em uma organização deixa de ser um ferramenta de controle das linha produtivas e passa a ser uma ferramenta de gestão que busca o gerenciamento e máxima eficiência em todos os departamentos, além do pleno atendimento das expectativas dos seus clientes (Motta et al, 2018; António e Teixeira, 2009). Segundo Besterfield (2003), a GQT pode ser definida como “uma filosofia e um conjunto de princípios norteadores que representam o alicerce de uma organização em permanente aprimoramento. É a aplicação de métodos quantitativos e recursos humanos para melhorar todos os processos da organização e atender as necessidades dos clientes hoje e no futuro (Motta et al., 2018). Essa cadeia pela busca constante da Gestão da Qualidade Total resulta em maior retorno sobre o investimento, e é de extrema importância manter este ciclo de contínua melhoria.

A Gestão de Qualidade Total tem como característica conferir nova ênfase às atividades usuais de uma empresa. É um processo para o aperfeiçoamento contínuo da organização e que indica a necessidade de realizar constantes avaliações do que está sendo realizado nas atividades diárias. E para que isso ocorra, as organizações geralmente adotam e

implantam o sistema de Gestão Industrial, o qual envolve todos os processos internos em toda a organização, visando satisfazer a todos os seus públicos: clientes, fornecedores, funcionários, acionistas e a sociedade.

## **Gestão Industrial**

As indústrias geralmente operam em um cenário globalizado, caracterizado por intensa competitividade, com constante progresso tecnológico, novas exigências de mercado consumidor e escassos recursos naturais (Oliveira, 2013). Portanto, a sobrevivência da indústria depende do seu crescimento sustentável. O crescimento industrial sustentável é alcançado pela superação da concorrência, pois para vencer a concorrência, produtos ou serviços diferenciados dos seus concorrentes devem ser introduzidos no mercado continuamente (Maruta, 2014).

As indústrias dependem de sua capacidade de inovar para alcançar e sustentar a vantagem competitiva (Triguero et al., 2018). A inovação é reconhecida como um dos principais fatores de sucesso de uma organização (Bigliardi & Galati, 2013). Entretanto, o crescimento sustentável da indústria depende de uma Gestão Industrial sistêmica, com ações que controlem suas atividades e processos com qualidade, permitindo assim obter crescimento sustentável e a capacidade de inovar serviços e produtos.

Estudos sobre comportamento e as ações de empresas de sucesso têm sido analisados ativamente. Especialmente em 1980, devido ao desempenho superior da indústria japonesa, estudos comparativos sobre abordagens de Gestão entre empresas japonesas e o mundo ocidental buscaram fatores de sucesso significativos (Cole, 1979; Maruta, 2014). No entanto, as conclusões derivadas desses estudos não foram abrangentes o suficiente para serem aplicáveis em ambientes complexos (Maruta, 2014). Em 1990, um outro conceito é abordado sobre a diferenciação industrial, o qual pode ser alcançado pela eficácia da utilização do conhecimento e criação continuada do conhecimento, a nomeada Gestão do Conhecimento (Nonaka e Takeuchi, 1995; Maruta, 2014).

Atualmente, a criação e desenvolvimento de novos negócios em geral exige comprometimento, conhecimento de mercado e organização interna, os quais podem ser aprimorados pelo uso das práticas da Gestão do Conhecimento (Knowledge Management - KM). As práticas da Gestão do Conhecimento podem influenciar no desenvolvimento das

indústrias, sendo que os processos de aprendizagem e o seu gerenciamento são cruciais para superar fatores críticos e contribuir como modelo dentro do sistema de Gestão Industrial (Dalmarco et al., 2017). O uso das práticas da Gestão do Conhecimento podem auxiliar no desenvolvimento de uma organização, pois auxiliam na identificação e organização das suas rotinas, melhorando os conhecimentos internos e influenciando sua longevidade no mercado.

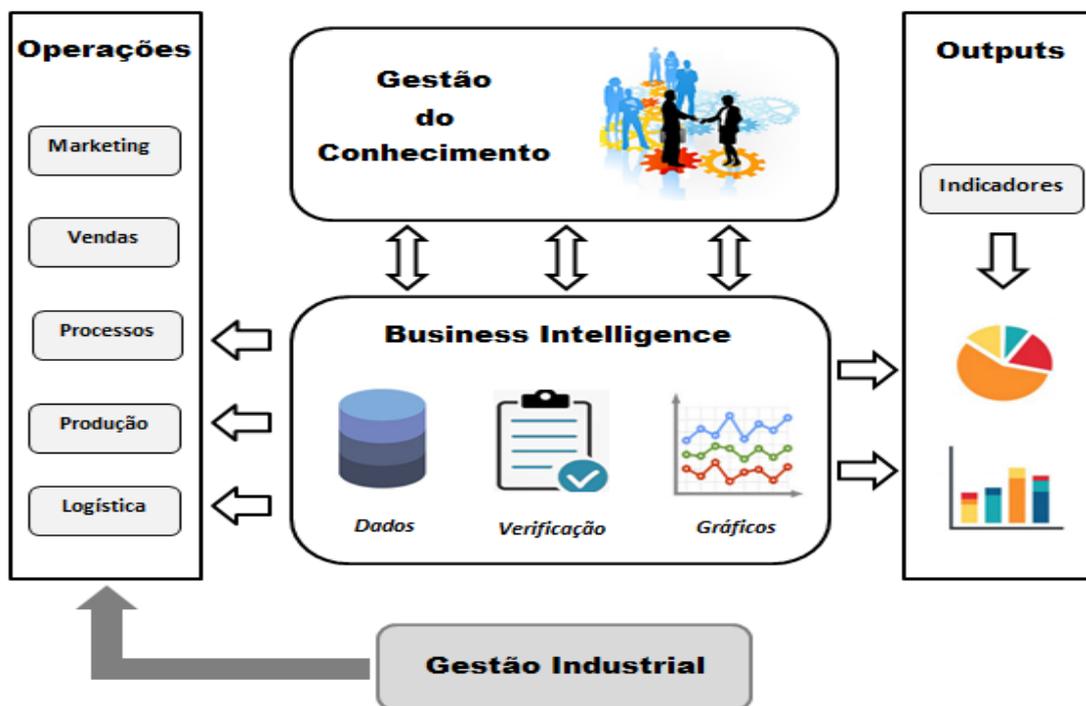
Nesse contexto organizacional, a Gestão Industrial tem como principal objetivo melhorar os processos de aquisição, integração e uso do conhecimento, sendo que esse objetivo é exatamente o que a Gestão do Conhecimento representa. A Gestão do Conhecimento é um processo que, ao criar, acumular, organizar e utilizar o conhecimento, ajuda a alcançar resultados e melhorar o desempenho organizacional (Rašula et al., 2012; Dalmarco et al., 2017). Além disso, a Gestão do Conhecimento também consiste em estratégia, valores culturais e fluxo de trabalho (Rašula et al., 2012).

A Gestão do Conhecimento desempenha papel vital nas tomadas de decisões estratégicas dentro da organização (Shehzad e Khan, 2013). Porém, um outro modelo além da Gestão do Conhecimento tem sido aplicado nas organizações devido aos avanços tecnológicos, esse modelo é Business Intelligence (BI). Business Intelligence é definido como a capacidade de uma organização de reunir todos os seus recursos e habilidades, e transformá-los em conhecimento (Shehzad e Khan, 2013). Business Intelligence combina as ferramentas analíticas de dados para reunir e usar eficazmente as informações da organização para melhorar o seu gerenciamento de negócios (Surbakti, 2015). Por isso, Business Intelligence tem alcançado importância significativa no mundo dos negócios, pois o seu modelo oferece uma ampla gama de soluções, como negócios de publicidade, melhoria da economia e suporte ao cliente (Shehzad e Khan, 2013).

Enquanto Business Intelligence foca na categorização de aplicações de processamento analítico de dados para a organização efetuar uma análise de previsão e gerar soluções; a Gestão do Conhecimento se concentra no processo de aquisição e criação do conhecimento, compartilhando e disseminando o conhecimento dentro da organização (Shehzad e Khan, 201; Surbakti, 2015). Apesar do Business Intelligence e Gestão do Conhecimento serem modelos com conceitos diferentes, ambos são usados para o conhecimento.

Shehzad e Khan (2013) afirmam a importância da integração de Business Intelligence e a Gestão do Conhecimento, e demonstram que esses modelos combinados são

mais útil em comparação com a sua utilização individual. A integração de Business Intelligence e a Gestão do Conhecimento tem demonstrado melhoria significativa no desempenho organizacional (Herschel e Jones, 2005; Shehzad e Khan, 2013; Surbakti, 2015). Portanto, o sistema de Gestão Industrial é mais aplicado atualmente nas organizações em conjunto com os modelos Business Intelligence e a Gestão do Conhecimento (**Figura 1**). A Gestão Industrial gerencia e controla todas as atividades e processos operacionais dentro de uma organização, enquanto os modelos aplicados permitem organizar a rotina e os conhecimentos internos, e analisar os dados armazenados pelas áreas industriais (marketing, vendas, processos, produção e logística).

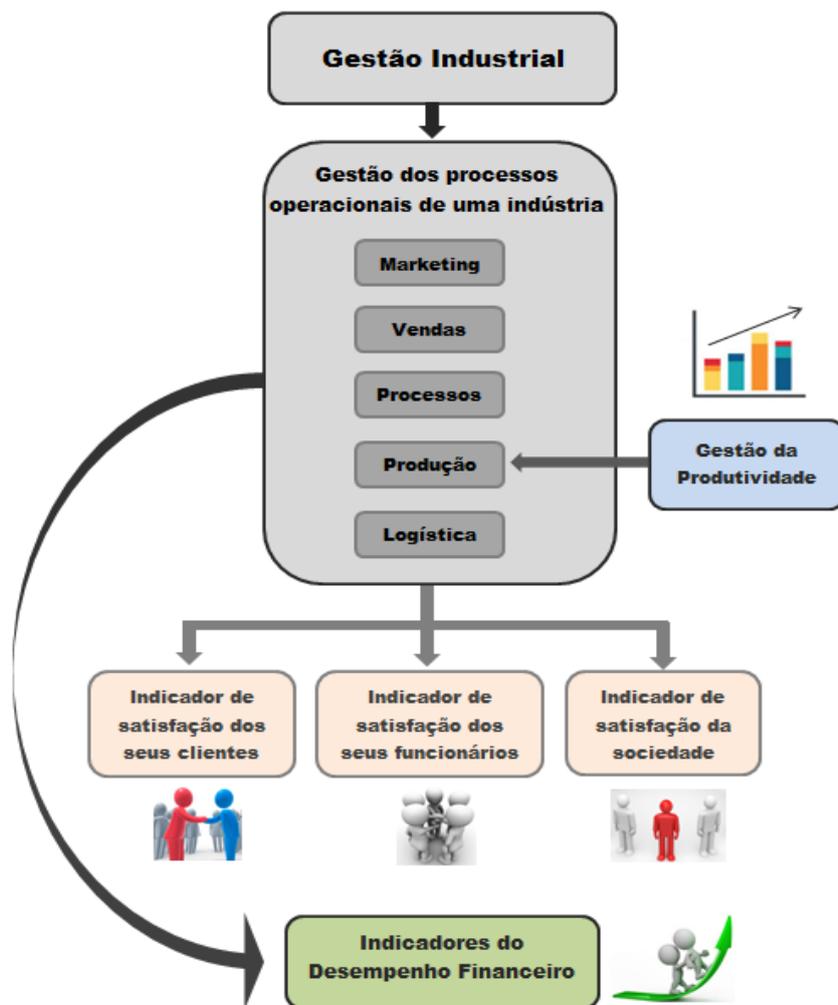


**Figura 1:** Gestão Industrial integrada com os modelos de Business Intelligence e a Gestão do Conhecimento. Fonte: Shehzad e Khan, 2013.

Os dados de gerenciamento das operações dentro de uma organização são abastecidos pela camada operacional; sendo que essas atividades e informações são extraídas e processadas de acordo com os requisitos definidos e padronizados pelo sistema de Gestão Industrial. O resultado final desses dados é fornecido como uma saída (outputs) para o time

industrial na forma de relatórios resumidos e gráficos analíticos, os quais permitem avaliar e comparar os indicadores de desempenho industrial e financeiro da organização (**Figura 1**).

A Gestão Industrial é por natureza focada na execução dos seus produtos e serviços, e principalmente na missão de qualquer organização, que é a satisfação das necessidades dos seus clientes, funcionários e sociedade (**Figura 2**). Os indicadores de desempenho industrial e financeiro são dependentes diretamente dos indicadores de satisfação (clientes, funcionários e sociedade). Nessa sistemática de Gestão, os indicadores financeiros nos permitem traduzir todos os outros objetivos da organização em uma única unidade de medida, o que nos fornece a oportunidade de compará-los, e além disso, identificar claramente as prioridades e as variáveis dos processos operacionais do sistema de Gestão Industrial (Falconi & Ishikawa, 2010). Esses indicadores de desempenho devem ser trabalhados continuamente dentro da organização.



**Figura 2:** Sistemática da Gestão Industrial. Fonte: Falconi & Ishikawa, 2010.

A Gestão da Produtividade gerencia a capacidade de produção de uma organização, sendo que essa capacidade produtiva depende do conhecimento atual, e incorporado nas rotinas dos maquinários de produção por parte dos seus funcionários (Davenport & Prusak, 1998; Maruta et al., 2014). Portanto, o conhecimento organizacional é uma coleção de conhecimento adquirido e criado por membros antigos e atuais da organização, assim se uma organização é tradicionalmente forte ou não, depende da quantidade total de conhecimento útil herdado dos membros anteriores (Maruta et al., 2014). Ou seja, o conhecimento emerge como o recurso estratégico mais importante de uma organização (António, 2002).

## **Gestão da Produtividade**

A Gestão da Produtividade têm o objetivo de controlar e gerenciar as atividades operacionais dentro do setor de produção. Em um conceito geral, a produtividade se refere à capacidade da empresa de gerar “produto” no seu processo produtivo, e a eficiência de produção é condição necessária dentro do processo produtivo da empresa. Nessa perspectiva metodológica, a produtividade passa a ter por base financeira o valor adicionado pelo processo produtivo da empresa. Esse valor é calculado pela diferença entre o valor das vendas da empresa e o valor das compras de bens e serviços intermediários que se faz junto aos seus fornecedores (Macedo, 2012).

Portanto, a produtividade é definida como a relação entre a produção de bens e serviços, e os insumos utilizados nos processos produtivos (como o capital, mão de obra, insumos intermediários, matéria-prima, combustível e energia elétrica), ou seja, é um conceito próximo ao da eficiência e reflete a capacidade de transformação e agregação de valor de uma economia (Rigitano *et al.*, 2013). De acordo com António e Teixeira (2009) a cadeia de reação relaciona a melhoria da qualidade com o aumento da produtividade, pois a melhoria da qualidade de execução leva a uma melhor utilização dos recursos disponíveis.

Segundo Suito (1998), a Gestão da Produtividade deve ter dois propósitos principais: integrar e sistematizar todas as técnicas e sistemas cujo objetivo é a melhoria contínua da produtividade da empresa; e construir um sistema que seja o suficientemente flexível e ágil para adaptar-se às frequentes inovações (processos e produtos) desenvolvidas na organização.

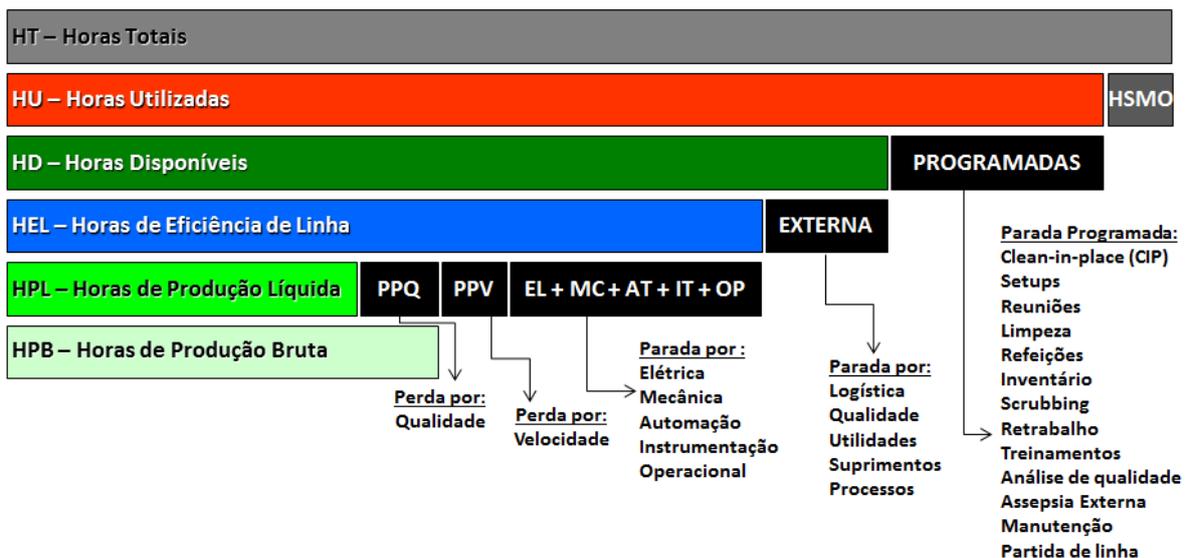
Singh, Motwani e Kumar (2000) destacam que para uma empresa permanecer competitiva é necessário ter um sistema de Gestão Industrial eficiente. A Gestão Industrial deve refletir a estratégia de operações adotadas e implementadas. Novamente verifica-se a

necessidade de uma Gestão da Produtividade, ou seja, a produtividade tem de ser gerenciada através de uma abordagem sistêmica e vinculada à estratégia de operações (King *et al.*, 2014).

A medição da produtividade é feita principalmente por indicadores de natureza físico-operacional, por exemplo: X unidades de bens e serviços por unidade de tempo; produção física por número de horas trabalhadas; etc. Quando os bens e serviços produzidos pela empresa não são fisicamente homogêneos, esse método de medição possui limitações, pois nessas condições, é impossível a agregação desses bens e serviços em uma única quantidade física total de bens e serviços produzidos pela empresa (Macedo, 2012).

O estudo da Gestão da Produtividade na cervejaria busca estabelecer uma integração entre o modelo do processo da produtividade sistêmica e a sua “operacionalização” via abordagem por processos contabilizados diariamente. A linha de desenvolvimento do estudo define o conceito da Gestão da Produtividade, a qual é descrita na **Figura 3**, descrevendo seus principais indicadores.

### Gestão da Produtividade



**Figura 3:** Sistemática da Gestão da Produtividade na Cervejaria.

### *Horas Totais (HT)*

Horas Totais são definidas como o período total avaliado da respectiva linha de produção. Considerando que um dia possui 24 horas, portanto as Horas Totais de produção de uma linha são 24 horas diárias.

***Horas Utilizadas (HU)***

Horas Utilizadas são calculadas pela diferença entre Horas Totais (HT) e as Horas que não possuem Mão-de-Obra (HSMO) para operacionalizar as linhas de produção. Nesse caso, a HSMO representam as linhas que não operam no regime de 24 horas e/ou no período de sete dias por semana.

***Horas Disponíveis (HD)***

As Horas Disponíveis são definidas pela diferença entre as Horas Utilizadas (HU) e todas as Horas investidas nos eventos programados para aquela respectiva linha de produção. São considerados eventos programados: *Clean-in-place* (CIP); setups; reuniões; limpeza geral; refeições; inventário; *scrubbing*; retrabalho; treinamentos; análise de qualidade; assepsia externa; manutenção e partida de linha.

***Horas de Eficiência de Linha (HEL)***

As Horas de Eficiência de Linha são calculadas pela diferença entre as Horas Disponíveis (HD) e todas as horas perdidas de produção por parada externa. São classificadas como parada externa a interrupção das linhas pelas áreas externas: Logística (falta de insumo, garrafas, latas, tampas, rótulos, filmes de revestimento, entre outros); Qualidade (erro de análise, falta de qualidade das matérias primas, falha de equipamentos de medição das análises de qualidade e avaliação incorreta do processo de qualidade); Utilidades (falta de energia elétrica, gás carbônico, ar comprimido, refrigeração, e falha no abastecimento de água, etc); Suprimentos (falta de peça para manutenção, falha de qualidade da peça para manutenção, atraso na execução de fluxo de compra de peças); Processos (paradas ocorridas por falta de produto a ser envasado nas linhas de produção originado do departamento de processos) .

***Horas de Produção Líquida (HPL)***

As Horas de Produção Líquida são calculadas pela diferença entre as Horas Disponíveis e todas as Horas perdidas de produção por paradas de quebra de equipamentos. Essas horas paradas são classificadas de acordo com as suas especialidades (parada mecânica,

parada elétrica, parada por falha na automação, falha nos instrumentos de medição de produção, falha operacional, perda de velocidade da linha de produção e perda de qualidade do produto).

### ***Horas de Produção Bruta (HPB)***

As Horas de Produção Bruta são as horas nas quais se produziram os produtos dentro das embalagens nas linhas de produção, sendo esses produtos sem defeito ou com defeito de processo e qualidade, representando assim as horas totais de produção da linha, eliminando todas as horas perdidas por anomalias internas e externas.

## **Lean Six Sigma**

O Gerenciamento de Continuidade é uma das práticas da Gestão do Conhecimento mais frequente nas organizações. Pois, o Gerenciamento de Continuidade está alinhado com a continuidade dos processos de desenvolvimento dos produtos e serviços, enfatizando a necessidade de preservar e aprimorar constantemente o conhecimento na empresa (Dalmarco et al., 2017).

As empresas e as organizações são sempre forçadas à investir em estratégias para superar as expectativas dos seus clientes. Neste contexto, uma das estratégias mais aplicada nas indústrias têm sido a melhoria contínua da qualidade de seus produtos e processos, retendo clientes e aumentando a participação no mercado. A melhoria contínua dos processos é um conceito-chave da Gestão de Qualidade Total (GQT), mas não é a única estratégia de melhoria contínua utilizada (Chen *et al.*, 2015; Roriz *et al.*, 2017).

Para melhorar a qualidade das operações, muitas empresas em todo o mundo têm implementado várias ferramentas e técnicas inovadoras, e neste ambiente predominante, as empresas estão implementando o Lean Six Sigma (LSS) como a estratégia mais amplamente aceita para a melhoria contínua (Mahato *et al.*, 2017).

O programa Lean Six Sigma foi desenvolvida pela MOTOROLA na década de 80, com o objetivo de reduzir a taxa de falhas em seus produtos, o qual inicialmente consistia na contagem de defeitos nos produtos, gestão da variação e a melhoria sistemática de todos os processos (Coronado, 2002; Shah *et al.*, 2008). Conforme Rodrigues (2006), *Six Sigma* (Seis

Sigma) é “um processo que apresenta uma probabilidade de 3,4 defeitos (falhas) por milhão de itens produzidos, ou seja, uma probabilidade de 99,99966 % de perfeição”.

O programa Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio da melhoria contínua da qualidade de produtos e processos, e do aumento da satisfação dos clientes e consumidores, levando em conta todos os aspectos importantes de um negócio (Werkema, 2004).

O programa Seis Sigma analisa as causas originais dos problemas no processo e soluciona esses problemas através da ligação das saídas dos processos às necessidades do mercado. Torna-se uma estratégia para o aumento da competitividade através da melhoria dos processos, com ênfase na aplicação de ferramentas estatísticas para a eliminação dos defeitos (Salah *et al.*, 2010; Freitas *et al.*, 2017). Este programa tem foco em processos, não especificamente em produtos; sendo que a qualidade do produto é melhorada por meio da melhoria dos processos, nenhuma mudança é feita no produto (Rechulski & Carvalho, 2004).

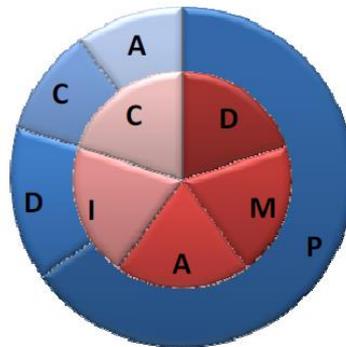
A terminologia Seis Sigma vem da representação estatística de nível de variabilidade de um processo, ou adequação do processo a uma especificação. O Sigma ( $\sigma$ ) é a letra utilizada para representar o desvio padrão de uma distribuição, e quanto menor for o desvio padrão de um processo, mais desvios padrões passam a ser aceitos dentro da especificação (Donadel, 2008). Segundo Harry & Schroeder (2000), é difícil manter um processo sempre centralizado, já que no longo prazo vários fatores provocam o seu deslocamento, para cima ou para baixo do valor alvo da especificação definida, geralmente, não superior a 1,5 de desvio-padrão.

As duas metodologias, de soluções de problemas e gerenciamento, mais utilizadas no programa Lean Six Sigma são o PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) e o DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*). O PDCA é um método mundialmente conhecido e utilizado para manutenção, melhoria e inovação de produtos, serviços e processos; e o DMAIC é uma metodologia de solução de problemas utilizada pela maioria das empresas americanas que empregam o Programa Seis Sigma com o objetivo de realizar melhorias em produtos, serviços e processos (Werkema, 2004).

O ciclo PDCA foi inicialmente empregado como uma ferramenta para o controle de qualidade do produto e, em seguida, foi reconhecido como uma ferramenta para melhoria do

processo de produção (Deming, 1986). Ao longo desta evolução, o PDCA permaneceu como uma ferramenta para gerenciar o trabalho realizado em conjunto por uma equipe (Maruta, 2012).

O DMAIC e outras metodologias de resolução de problemas são baseadas na mesma lógica do ciclo PDCA, introduzido por W. Edwards Deming (1986). A **Figura 4** relata como ambos estão relacionados e como, de certa forma, o DMAIC refina o PDCA, organizando melhor as etapas. Além disso, o uso do DMAIC é semelhante em função, mas muito mais abrangente na resolução de problemas, do que o ciclo PDCA (Cunha e Dominguez, 2015).

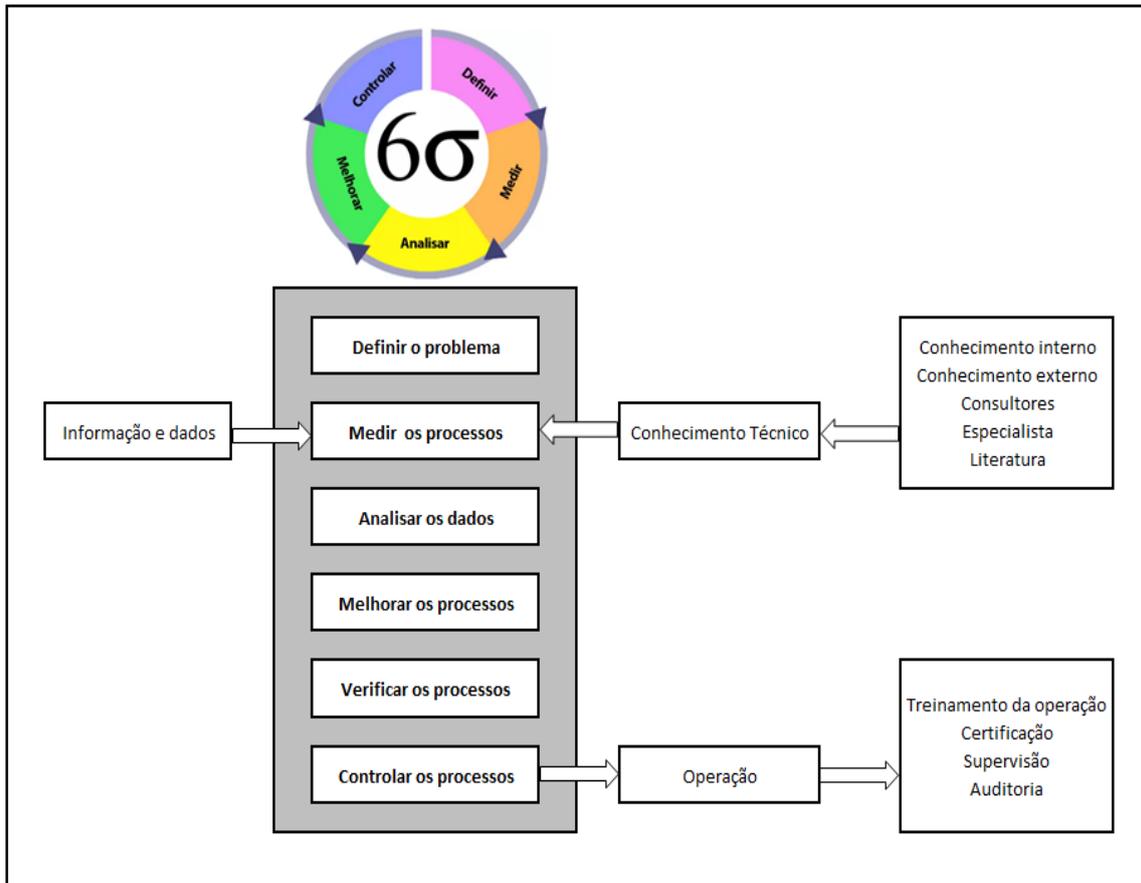


**Figura 4:** Relação PDCA e DMAIC. Fonte: Werkema (2004); Donadel (2008).

## Método DMAIC

O ciclo DMAIC (*define*, definir; *measure*, medir; *analyse*, analisar; *improve*, melhorar; *control*, controlar) é uma ferramenta de desenvolvimento de projetos de melhoria, utilizada inicialmente no programa Seis Sigma (**Figura 5**). Originalmente focado em projetos direcionados à qualidade, o DMAIC não é efetivo somente na redução de defeitos, sendo aplicado em projetos de aumento de produtividade, redução de custos e melhoria de processos administrativos (Schneppendahl *et al.*, 2011).

O DMAIC guia as atividades necessárias e empregadas no programa Seis Sigma para a melhoria dos processos, e que tem como objetivo estruturado, a definição dos problemas e situações que serão melhoradas, a medição para obtenção das informações e dados, a análise da informação coletada, a obtenção de melhorias nos processos e o controle dos mesmos (Santos & Martins, 2003).



**Figura 5:** Método DMAIC. Fonte: Cunha e Dominguez, 2015.

A primeira etapa do DMAIC (D: *define*) consiste na definição do problema, devendo esta etapa ser a mais específica possível. Na etapa *Define* os problemas prioritários devem ser selecionados para serem trabalhados, de acordo com a formulação estratégica da empresa (onde se considera ambiente interno e externo da organização, ameaças e oportunidades) e os problemas crônicos provenientes da rotina da empresa (Moreira *et al.*, 2004).

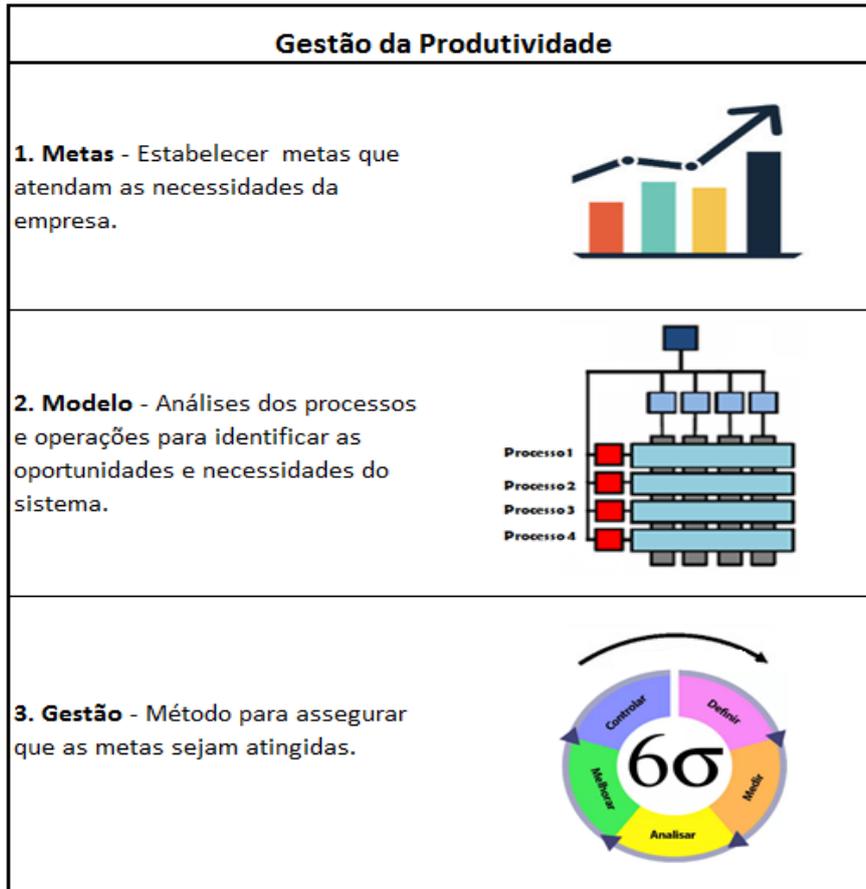
Na etapa (M: *measure*) é determinado o foco do problema. Os dados são coletados e validados, o problema deve ser desdobrado em problemas menores, de menor complexidade. Identificados os problemas prioritários, suas variações devem ser estudadas utilizando a análise de dados exploratória e descritiva com o objetivo de avaliar os dados. A avaliação tem a função de acompanhar e medir o andamento dos processos, permitindo que melhorias possam ser implementadas em conformidade com os resultados obtidos.

A etapa (A: *Analyze*) é direcionada ao entendimento da ocorrência do problema prioritário, ou seja, à descoberta de suas causas fundamentais e sua quantificação. Van Der Pol (2011) afirma que realizada essas atividades, parte-se para a identificação das prováveis causas do problema. O levantamento dessas causas pode ser realizado através de um *Brainstorming*, e os resultados podem ser organizados em um Diagrama de Causa-e-Efeito, por Estratificação e Diagrama de Pareto, com a finalidade de permitir melhor visualização e entendimento.

A Etapa (I: *Improve*) tem o objetivo de gerar idéias, desenhar programas de melhorias, realizar projetos pilotos de ajustes em processos e implementá-los. Portanto, é através da análise dos resultados obtidos nas fases de Definição, Medição e Análise que a fase de Melhoria possui subsídios para propor mudanças e estar constantemente pensando em melhorias, ou seja, melhoria contínua (Stamatis, 2004).

A etapa (C: *Control*) é a fase responsável por controlar os processos existentes, aplicar medições com o intuito de monitorar e verificar o andamento dos processos e antecipar ações corretivas e de prevenção de desvios. Devem-se institucionalizar melhorias através de modificações em sistemas, estruturas e processos, pois todos esses dados devem estar acompanhados por um plano de controle, onde ficam registrados os responsáveis, o que está sendo mensurado, os parâmetros de desempenho e medidas corretivas aplicadas (Stamatis, 2004).

Werkema (2004) relata que o início de uma nova etapa no processo de melhoria contínua se dá pela avaliação dos resultados obtidos com a implementação das soluções, por meio da comparação com os resultados apresentados anteriormente, e certificando-se do alcance da meta em larga escala (**Figura 6**).



**Figura 6:** Aplicação do método DMAIC na Gestão da Produtividade.

## Ferramentas Utilizadas no Lean Six Sigma

Durantes as fases do DMAIC, a utilização de algumas ferramentas básicas são de extrema importância para análise das possíveis ações de melhorias, e principalmente para auxiliar na formulação de métodos e processos, como objetivo da implementação da metodologia e planos de ação. As ferramentas para o gerenciamento dos dados são fundamentais para o planejamento e controle das variáveis internas e externas ligadas à uma empresa. As principais ferramentas utilizadas são: 5S, 5W2H, Diagrama de Pareto, Estratificação, Histograma, Diagrama de Dispersão, Coeficiente de Correlação, Gráfico de Controle, Índices de Capacidade do Processo, Regressão Linear e Análise de Variância.

O 5S (Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu, Shitsuke) é uma ferramenta simples para organizar o local de trabalho de maneira limpa, eficiente e segura para aumentar a produtividade, gestão e garantir a introdução de trabalhos padronizados (Nunhes et al., 2017).

A utilidade da ferramenta "5S" surgiu por volta de 1950, logo após a 2ª Guerra Mundial, com a necessidade de combater a sujeira das fábricas e desorganização estrutural sofrida pelo Japão. Devido ao sucesso alcançado pelo Japão com essa prática, outros países começaram a disseminá-la em diversas situações. No Brasil, a ferramenta 5S passou a ser aplicada em 1991, no setor empresarial com objetivo de otimizar custos com a redução de desperdícios, e assim aumentando a produtividade.

5W2H (O quê, Quando, Onde, Quem, Por que, Como e Quanto) é um modelo de gestão amplamente utilizado no negócio para organizar um conjunto de ações planejadas. Para cada problema identificado, analisado e priorizado, é necessário desenvolver um plano de ação específico para resolvê-lo (Nunhes et al., 2017). 5W2H são adotados nas organizações com a função de estruturar seus planos de ação, diagnosticar um problema e planejar soluções.

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta simples, usada para contar e exibir o número de vários tipos de defeitos ou problemas ao longo de um determinado período de tempo. Os resultados são exibidos em um gráfico em forma de barras verticais de tamanho variável, de forma a tornar evidente e visual a ordem de importância dos problemas (Moreira et al., 2004). Este gráfico decorre do estudo do economista italiano Pareto e do mestre de qualidade Juran que observou que “Poucas causas levam à maioria das perdas, ou seja, poucas são vitais, a maioria é trivial”. Juran (2002) inicialmente estabelece que um problema pode ser atribuído a um pequeno número de causas, separando as perdas em duas categorias: as pouco vitais, as quais representam um pequeno número de problemas, mas que resultam em elevadas perdas para a empresa, e as triviais, representando uma grande lista de problemas que, no entanto, se traduzem em perdas pouco significativas. São exatamente os problemas poucos vitais que primeiro devem ser solucionados, pois o diagrama de Pareto tem como objetivo classificar os problemas que causam os maiores efeitos em ordem decrescente e resolvê-los (Moreira et al., 2004).

A estratificação é a divisão de um determinado grupo de dados em subgrupos de acordo com os fatores desejados, os quais são conhecidos como fatores de estratificação (Werkema, 2006). A Estratificação é uma ferramenta utilizada para o desdobramento dos dados, sendo o seu principal objetivo auxiliar na análise dos mecanismos causais, nas variações do processo e na pesquisa para o desenvolvimento de oportunidades de melhoria, pois, possibilita a visualização da real composição dos dados estratificados (Rodrigues, 2006).

Geralmente, as causas que atuam nos processos produtivos e geram algum tipo de variação, constituem possíveis fatores de estratificação de um conjunto de dados. Fatores como turnos, máquinas, tempo, métodos, operadores, matéria-prima e etc, são fatores naturais para a estratificação dos dados; e além disso, pode-se subdividir um determinado indicador de desempenho por turno e por operador, o que permite a verificação de um determinado problema está concentrado em algum dos turnos.

O Histograma foi desenvolvido pelo matemático Karl Pearson (1891) e utilizado nos seus trabalhos estatísticos. De acordo com Tubino (2000), o Histograma se tornou uma ferramenta de grande importância para os trabalhos de Controle de Qualidade e de Planejamento e Controle da Produção. O auxílio na tomada de decisões por parte desta ferramenta é baseado na análise de dados para a obtenção do conhecimento da distribuição e centralização das características observadas, ou seja, o Histograma nos revela quanto de variação existe em um processo (Paladini, 1994). Histograma é constituído basicamente de um gráfico de barras, no qual os dados são distribuídos por classes, sendo que as barras de cada classe são caracterizadas pela frequência de ocorrências distribuídas. A grande vantagem do Histograma é que o mesmo, mostra uma fotografia da variável em um determinado instante (Marshall Júnior et al., 2007).

O Coeficiente de Correlação é a investigação da relação de duas variáveis, representando-se graficamente os dados como pontos no plano x, y, sendo que tal representação denominamos gráfico de dispersão. Por meio dele, pode-se prontamente verificar a existência de alguma relação pronunciada e, em caso positivo, se a relação pode ser tratada como aproximadamente linear. Segundo Triola (1999), podemos definir correlação como sendo alguma forma de relacionamento entre duas ou mais variáveis. Pode-se medir o grau em que as variáveis estão relacionadas, sendo que essa medida é chamada de coeficiente de correlação (r).

Os gráficos de Controle possuem a finalidade de visualizar a variabilidade a que um processo pode estar sujeito, e o comportamento que ele apresenta, os gráficos de controle são largamente utilizados. De acordo com Montgomery (2004), trata-se de uma representação gráfica da qualidade que foi mensurada a partir de uma amostra, relacionada com o tempo ou com o número da amostra. Os gráficos de Controle monitoram a variabilidade e avaliam a estabilidade do processo (Werkema, 2006). Os processos podem sofrer variações na qualidade decorrentes de causas de dois tipos, causas comuns e causas especiais. As causas comuns são

as causas naturais do processo, provocadas por causas triviais, sendo que essas causas são inerentes ao processo e estarão presentes, mesmo que todas as operações sejam executadas de acordo com o padrão operacional. Quando somente as causas comuns estão atuando no processo, a variabilidade se mantém em uma faixa estável, o que significa que o processo está sob controle estatístico. As causas especiais, ou assinaláveis, aparecem esporadicamente, decorrentes de algum evento particular que gera um comportamento diferente do usual, o que pode interferir negativamente na qualidade do produto ou processo, nesse caso, o processo está fora de controle estatístico, variando mais do que a sua variação natural. Portanto, as causas especiais devem ser identificadas e eliminadas, e sempre procurando tomar ações preventivas para que as mesmas não voltem a ocorrer.

Segundo Slack (2002), a capacidade do processo é a medida da aceitabilidade da variação do processo. Torminato (2004) afirma que a análise de capacidade é parte importante do Controle Estatístico do Processo, pois permite determinar a habilidade do processo em satisfazer as especificações e os limites de tolerância do processo, além de diagnosticar o estado de controle dos processos de produção, verificando se são ou não capazes de satisfazer as solicitações dos clientes.

A análise da capacidade (capacidade) do processo produtivo é um procedimento para avaliar a condição de um processo em atender as especificações de determinada característica da qualidade do produto. Assim, o estudo da capacidade do processo visa a determinação do comportamento (existente ou desejável) do processo, de modo que as tolerâncias do projeto do produto possam ser satisfeitas com os recursos disponíveis, ou de outra forma, na especificação de características de novos equipamentos produtivos ou na comparação de processos com diferentes equipamentos. A análise do processo é desenvolvida mediante a aplicação de técnicas estatísticas que permitem determinar o tipo e a forma da distribuição (modelo probabilístico) da saída do processo (valores medidos da característica da qualidade do produto), sua dispersão e localização, tendo como referência o campo de tolerância especificado em projeto (Bayeux, 2001).

Os índices de capacidade do processo são valores adimensionais, que possibilitam qualificar o desempenho do processo. A utilização dos mesmos está vinculada à existência do controle estatísticos do processo e à normalidade da distribuição da variável analisada. Os índices de capacidade do processo comumente utilizados são  $C_p$  e  $C_{pk}$  (Montgomery, 2004;

Torminato, 2004). Por meio desses índices é possível comparar processos distintos e, a partir daí, classificá-los quanto as suas capacidades.

O Índice de capacidade ( $C_p$ ) mede a capacidade potencial do processo, ou seja, sua capacidade de atender as especificações se o mesmo estiver ajustado, sendo definido como o intervalo de tolerância dividido pela amplitude do processo, ou seja, 6 vezes o desvio padrão estimado, considerando a ausência de causas especiais. O Índice de capacidade ( $C_{pk}$ ) mede a capacidade efetiva do processo, e considera simultaneamente se o processo possui uma dada dispersão, e se a média atende as especificações, levando em conta a centralização do processo, sendo definido como o mínimo entre o limite superior e o inferior de capacidade. Os índices de capacidade vêm ganhando grande aceitação por representarem o comportamento complexo de um processo em um único e simples número. O emprego desses índices tem se tornado atraente como solução prática na demonstração da capacidade dos processos aos clientes (Bayeux, 2001).

A análise de regressão é uma técnica estatística utilizada para investigar e modelar a relação entre as variáveis. A análise de regressão é aplicada para compreender a dependência estatística de uma variável em relação as outras variáveis. As aplicações de Regressão são muitas e ocorrem em quase todas as áreas. Um modelo de Regressão Linear simples é definido por:  $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$ , em que Y é a variável dependente (variável resposta), X é a variável independente (variável regressora),  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são parâmetros do modelo, e o  $\varepsilon$  é o erro aleatório (Montgomery, 2004).

O processo de regressão significa, portanto, que os pontos plotados no gráfico são definidos, modelados ou regredidos, a uma reta que corresponde à menor distância possível entre cada ponto plotado e a reta. A reta de regressão que se obtém através do método dos mínimos quadrados é apenas uma aproximação da realidade, ela é um modo útil para indicar a tendência dos dados. A principal técnica para resolução deste problema é a Análise de Variância (ANOVA), um método para identificar diferenças entre as médias populacionais, havendo uma ou mais causas ou fontes de variação (Costa Neto, 2002). As ferramentas básicas utilizadas no método DMAIC permitem de forma efetiva gerenciar, monitorar e melhorar o desempenho organizacional, reduzindo os custos dos processos e do produto final.

## QUADRO DE REFERÊNCIA

Temática Revisão Literatura	Questão-Chave	Relevância para o projeto
<b>A Cerveja</b>	A cerveja contém nutrientes que estão associados aos efeitos positivos na saúde, tais como os compostos fenólicos, minerais e vitaminas. Provavelmente a indústria cervejeira não precisa melhorar a composição nutricional e sensorial da cerveja, mas precisa reduzir as perdas no processamento e no sistema de envase para obter uma cerveja padrão de qualidade e com baixo custo produtivo, e assim posicionar melhor o seu produto no mercado consumidor.	É fundamental para indústria cervejeira enquanto líder na categoria, implementar um projeto que busque reduzir o custo final do produto.
<b>Gestão Qualidade Total</b>	A Gestão da Qualidade Total (GQT) é a implementação de um conceito de gestão, sendo que a qualidade total em uma organização deixa de ser um instrumento de controle das linhas produtivas e passa a ser uma ferramenta de gestão, que busca o gerenciamento e máxima eficiência em todos os departamentos, além do pleno atendimento das expectativas dos seus clientes	A Gestão de Qualidade Total tem como característica conferir nova ênfase às atividades usuais de uma empresa. É um processo para o aperfeiçoamento contínuo da organização, e para que isso ocorra, as organizações geralmente adotam e implantam o sistema de Gestão Industrial.
<b>Gestão Industrial</b>	A gestão industrial gerencia e controla todas as atividades e processos operacionais dentro da indústria cervejeira, enquanto os modelos BI (Business Intelligence) e Gestão do Conhecimento (Knowledge Management) permitem organizar a rotina e os conhecimentos internos, e analisar os dados armazenados pelas áreas industriais (marketing, vendas, processos, produção e logística).	As atividades e os processos gerenciados pela Gestão Industrial fornecem como saída (outputs) relatórios e gráficos analíticos, os quais permitem avaliar e comparar os indicadores de desempenho industrial e financeiro da indústria cervejeira.
<b>Gestão da Produtividade</b>	A gestão de produtividade controla e gerencia as atividades operacionais dentro do setor de produção da indústria cervejeira. A produtividade se refere à capacidade da indústria de gerar "produto" no seu processo produtivo; e a eficiência de produção é condição necessária dentro do processo produtivo da indústria.	A gestão da produtividade integra e sistematiza todas as técnicas e sistemas, cujo objetivo é a melhoria contínua da produtividade da indústria; e constrói um sistema que seja suficientemente flexível e ágil para adaptar-se às freqüentes inovações do mercado.
<b>Lean Six Sigma - LSS</b>	O Lean Six Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade da indústria cervejeira, por meio da melhoria contínua da qualidade de produtos e processos, e do aumento da satisfação dos clientes e consumidores.	O Lean Six Sigma analisa as causas originais dos problemas no processo produtivo e soluciona esses problemas. Torna-se uma estratégia para o aumento da competitividade através da melhoria dos processos, com ênfase na aplicação de ferramentas estatísticas para a eliminação das falhas no processo produtivo.
<b>Método DMAIC</b>	O método DMAIC guia as atividades necessárias e empregadas no programa Lean Six Sigma para a melhoria dos processos na indústria cervejeira, e que tem como objetivo estruturado, a definição dos problemas e situações que serão melhoradas.	O método DMAIC mede as variáveis dos processos para obtenção das informações e dados; analisa essas informações coletadas utilizando as ferramentas estatísticas para a obtenção de melhorias nos processos e controle dos mesmos.
<b>Ferramentas Utilizadas no LSS</b>	Durante as fases do método DMAIC, a utilização de algumas ferramentas básicas são de extrema importância para análise das possíveis ações de melhorias, e principalmente para auxiliar na formulação dos processos, com o objetivo de implementação da metodologia e dos planos de ação.	As ferramentas básicas utilizadas no Lean Six Sigma permitem de forma efetiva gerenciar, monitorar e melhorar o desempenho da indústria cervejeira, reduzindo os custos dos processos e do produto final (cerveja).

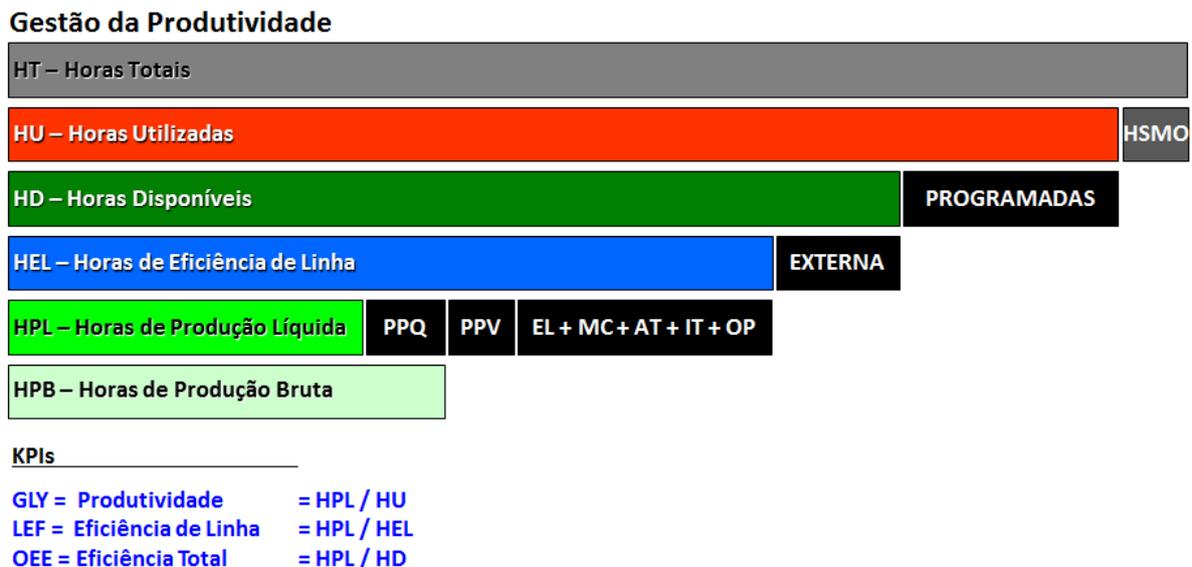
**Figura 7:** Sistemática da Gestão da Produtividade na cervejaria.

## METODOLOGIA

### Gestão da Produtividade e Conceitos

Tradicionalmente, a produtividade é definida mais como uma medida de eficiência do processo de produção, do que realmente do processo produtivo de uma empresa. Nota-se que ainda é comum a visão de que o processo produtivo de uma cervejaria se restringe ao seu processo de eficiência de linha. Essa visão não capta a realidade, uma vez que esse processo de eficiência de linha é apenas uma das etapas do processo produtivo. Além do processo de eficiência de linha, a produtividade contempla a disponibilidade de linha, a indisponibilidade externa, a perda por qualidade e a perda por velocidade de produção.

A Gestão da Produtividade da cervejaria estudada incorpora basicamente uma sistemática de cálculo que envolve cinco indicadores para determinação das horas de produção bruta (HPB): Horas Totais (HT); Horas Utilizadas (HU); Horas Disponíveis (HD); Horas de Eficiência de Linha (HEL) e Horas de Produção Líquida (HPL), conforme apresentado na **Figura 8**.



**Figura 8:** Sistemática de Cálculo da Gestão da Produtividade na cervejaria.

A Produtividade (GLY) é calculada pela Horas de Produção Líquida (HPL) dividida pela Horas Totais Utilizadas (HU). A Eficiência de Linha (LEF) é determinada pelas Horas de Produção Líquida (HPL) dividida pelas Horas de Eficiência de Linha (HEL). A Eficiência Total (OEE) é expressa pela Horas de Produção Líquida (HPL) dividida pela Horas Disponíveis (HD), de acordo com a **Figura 8**.

## **Coleta dos Dados**

Os dados da zona Brasil (HT, HU, HD, HEL, HPL, HPB, GLY, LEF e OEE) foram coletados nos últimos 5 anos e comparados com outras zonas fabris no cenário internacional, com objetivo de definição do problema e melhoria do seu desempenho organizacional.

## **Levantamento das Possíveis Falhas e Oportunidades**

As possíveis falhas na Gestão da Produtividade foram identificadas através de uma análise do seu histórico utilizado o programa Lean Seis Sigma, e a metodologia DMAIC, com objetivo de buscar dados que indicassem especificamente as perdas e as oportunidades de melhoria. O Lean Six Sigma segue de encontro com as necessidades impostas pelo mercado, sendo que seu foco é a melhoria dos processos existentes através das análises estatísticas, e seu objetivo final é proporcionar ganhos financeiros para indústria, seja esses ganhos através dos custos evitados ou do próprio aumento da eficiência produtiva. Os dados obtidos foram estratificados de acordo com o Diagrama de Pareto, o qual é uma ferramenta que foca nos problemas mais vitais, ou seja, aqueles que causam mais impacto no sistema, menosprezando os problemas que normalmente são triviais, e causam menor impacto.

## **Avaliação Estatística dos Dados**

Os dados foram avaliados estatisticamente pelo software MINITAB versão 15, utilizando a análise de variância (ANOVA- *one-way*) dos resultados. A ferramenta ANOVA foi utilizada, pois ela permite identificar estatisticamente se o efeito dos fatores é significativo nas variações de desempenho dos indicadores, isto é, da variável resposta. Essa ferramenta

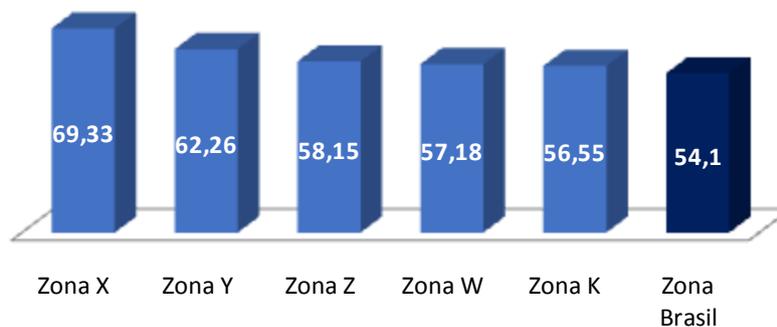
produz uma tabela com os graus de liberdade (DF) de cada fator, a diferença quadrática (SS), a média da diferença quadrática (MS), que é a razão entre SS e DF, e o F da distribuição na função de Snedecor, para um dado nível de significância, e a probabilidade de erro do fator não influenciar significativamente na variável resposta. O nível de significância adotado foi de 95%, sendo considerado significativo os fatores com p-valor  $\leq 0,05$  para análise de variância. O software estatístico MINITAB versão 15, forneceu os gráficos de análise de pareto, análise de series temporais, regressão linear e análise de variância (ANOVA).

## ANÁLISE DE INFORMAÇÃO - DADOS TRATADOS

### DMAIC – FASE DEFINIR

Na primeira fase do DMAIC (Definir) foi identificado primeiramente o posicionamento das cervejeiras X, Y, Z, W, K (zona internacional) e zona Brasil se encontravam no ranking Global em relação aos resultados do índice de Produtividade da Multinacional XY. A **Figura 9** apresenta o gráfico comparativo de barras dos valores do índice de Produtividade das zonas, de acordo com o fechamento acumulado do ano de 20X4, aberto em valores de cada uma das 6 zonas da cervejaria. A zona Brasil apresentou 54,10% de índice de Produtividade. Comparando a zona Brasil com as zonas internacionais, na mesma base de dados, identificou-se que existe uma diferença de 15,23 pontos percentuais em relação a Zona X (Benchmark). A zona X (69,33%) apresenta maior desempenho no índice comparado com as demais zonas, e portanto, observa-se que a zona Brasil tem a oportunidade de alcançar igualmente esse resultado. O estudo desse projeto tem como meta aumentar as horas produtivas, e desse modo reduzir os custos nos processos produtivos e alcançar igualmente nos próximos anos a performance da Zona X.

**Produtividade Global - Zonas - Ano 20X4**

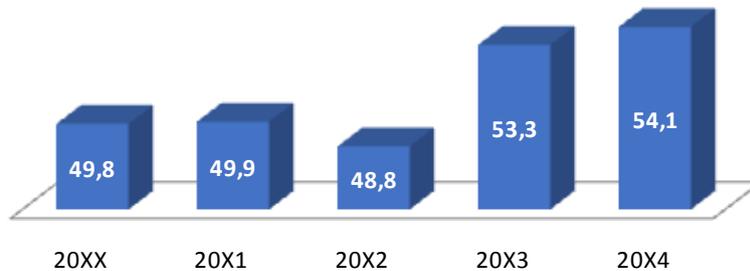


**Figura 9:** Produtividade Global (% GLY) por zonas. Fonte: Resultado - Multinacional XY.

Analisando o posicionamento da zona Brasil no ano de 20X4, traçou-se um histórico dos 4 anos anteriores referente aos índices de Produtividade (**Figura 10**). O histórico do índice de Produtividade da zona Brasil relata um cenário de baixo crescimento, com apenas

4,30 pontos percentuais do ano 20XX ao 20X4; e menos de 0,9 pontos percentuais do ano 20X3 em relação ao ano de 20X4.

### Histórico Produtividade - Zona Brasil



**Figura 10:** Produtividade (% GLY) zona Brasil. Fonte: Resultado - Multinacional XY.

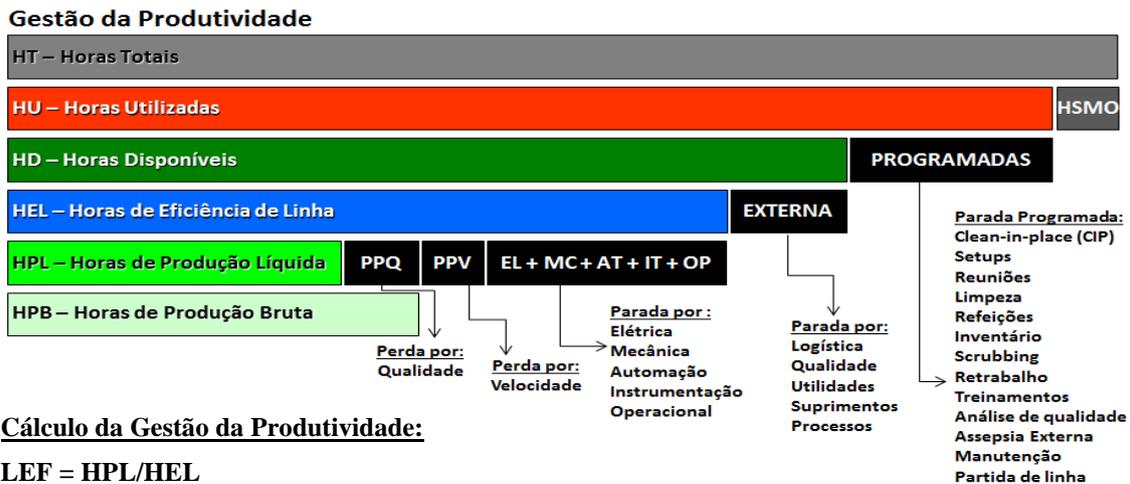
O índice de Produtividade da zona Brasil tem demonstrado um histórico de baixo desempenho de 20XX a 20X4, portanto é uma oportunidade de melhoria da sua performance. O aumento no desempenho de GLY impacta no menor custo do produto e no aumento do volume de produção em menor tempo, portanto nessa fase de definição do problema, o estudo do GLY foi definido como o alvo do negócio. O objetivo desse estudo é aumentar o crescimento do índice de Produtividade (GLY) em 7,5 pontos percentuais nos próximos 3 anos na zona Brasil.

### DMAIC – FASE MEDIR

Na fase DMAIC (Medir) foi realizado uma coleta de dados representativos e estruturados. A Gestão da Produtividade de cada zona é calculada pelo índice de Produtividade (GLY), sendo que GLY é igual ao índice de Eficiência de Linha (LEF), multiplicado por Disponibilidade de Linha (HD/HU) e multiplicado por Indisponibilidade Externa (HEL/HD). A **Figura 11** representa esses cálculos detalhadamente.

A Gestão da Produtividade permite calcular as horas que mais impactam no índice de produtividade (**Figura 12**). As horas perdidas na zona Brasil no ano de 20X4 foram separadas por horas programadas, horas externas, horas por qualidade (PPQ) e horas somadas por [EL(elétrica) + MC(mecânica) + AT(automação) + IT(instrumentação) + OP(operacional) +

PPV(velocidade)]. Essas horas representam o tempo em horas de paradas que as linhas das unidades poderiam estar produzindo, porém estavam paradas pelas respectivas falhas nos processos de abastecimentos e/ou de equipamentos. As paradas que mais impactaram o índice de Produtividade foram as horas perdidas por EL+MC+AT+IT+OP+PPV (156338 hs), sendo que essas horas representam 72,40% de impacto comparado com as demais paradas, conforme a análise de Pareto (**Figura 13**). O gráfico de Pareto priorizou os dados e identificou qual problema teve maior impacto na produtividade.



**Cálculo da Gestão da Produtividade:**

$LEF = HPL/HEL$

Disponibilidade de Linha =  $HD/HU$

Indisponibilidade Externa =  $HEL/HD$

$GLY \% = (LEF) \times (HD/HU) \times (HEL/HD)$

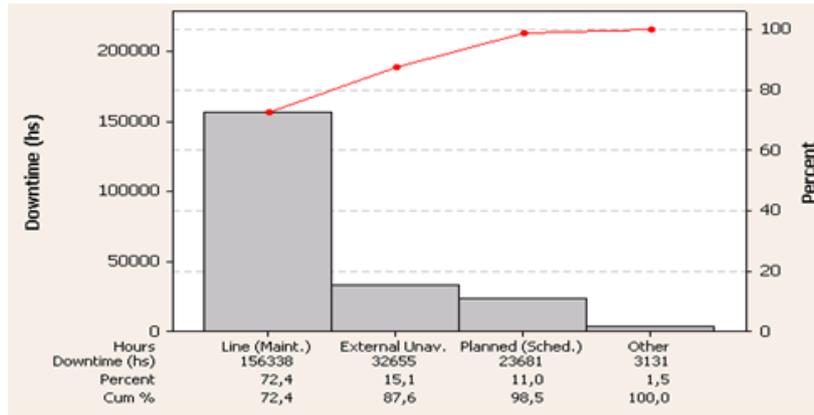
**Figura 11:** Cálculo do índice de Produtividade (% GLY).

**Zona Brasil – Ano 20X4**

Somatório das horas perdidas por:	Impacto na GLY
<b>PROGRAMADAS</b>	23681 hs
<b>EXTERNAS</b>	32654 hs
<b>EL+MC+AT+IT+OP+PPV</b>	<b>156338 hs</b>
<b>PPQ</b>	3131 hs

**Figura 12:** Horas perdidas que impactaram o índice de Produtividade (% GLY).

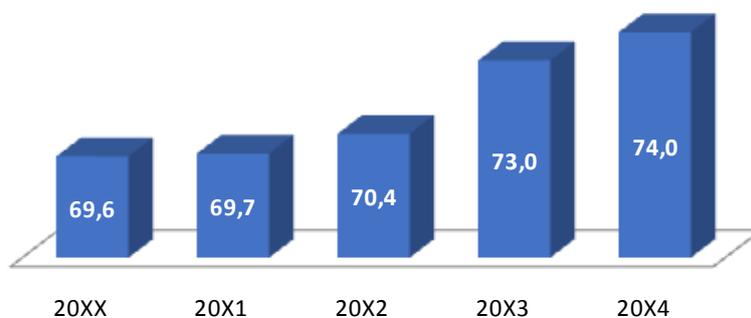
Fonte: Resultado - Multinacional XY.



**Figura 13:** Pareto das horas perdidas de produção (hs). Fonte: Resultado - Multinacional XY.

As paradas que compõem o cálculo de GLY foram analisadas através da estratificação dos principais tipos de paradas que apresentaram maior impacto no GLY da zona Brasil. O cálculo do índice de Produtividade é definido por  $GLY \% = (LEF) \times (HD/HU) \times (HEL/HD)$ . As horas de Eficiência de linha (LEF) são compostas por horas líquidas e pelo conjunto de paradas (PPQ+PPV+ EL+MC+AT+IT+OP+PPV). Conforme avaliação do gráfico de pareto (**Figura 13**), o conjunto de paradas (PPQ+PPV+ EL+MC+AT+IT+OP+PPV) representam 72,40% das perdas de produtividade, portanto a variável LEF tem impacto direto no índice de Produtividade. Desse modo, os resultados de LEF dos últimos 5 anos da zona Brasil foram projetados na **Figura 14** a fim de avaliar o histórico de desempenho do mesmo. No ano de 20X4 a zona Brasil obteve 74,0 % de Eficiência de Linha.

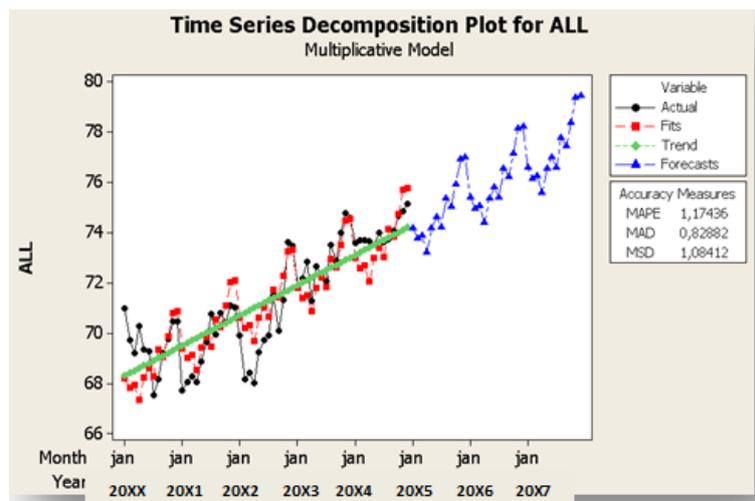
### Histórico Eficiência - Zona Brasil



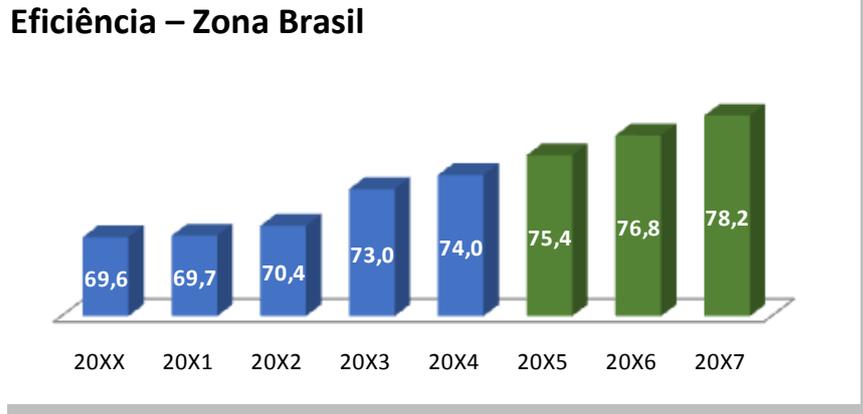
**Figura 14:** Eficiência de Linha (% LEF) zona Brasil. Fonte: Resultado - Multinacional XY.

De acordo com o histórico de Eficiência de Linha (LEF) da zona Brasil, observa-se uma relação direta com os resultados da GLY (crescimento 4,40% de 20XX a 20X4 – **Figura 10**), demonstrando similar crescimento, com apenas 4,40 pontos percentuais do ano 20XX ao ano 20X4. Portanto, conforme o plano definido na Fase Definir do DMAIC, a zona Brasil tem a meta de crescimento de 7,5 pontos percentuais no índice de Produtividade (GLY) nos próximos 3 anos. Diante do exposto, avaliamos os resultados dos últimos 5 anos da LEF utilizando a análise de séries temporais a fim de verificar a linha de tendência de crescimento da LEF da zona Brasil frente ao sistema de Gestão Industrial VPO atualmente implementado.

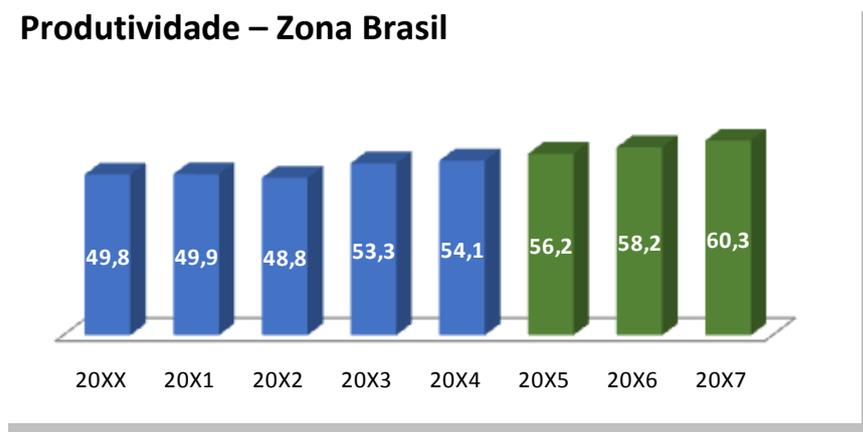
Os dados mensais de Eficiência de Linha dos anos 20XX a 20X4 foram avaliados utilizando análise de séries temporais (**Figura 15**). A análise de séries temporais decompõe os dados em seus componentes e estende as estimativas de crescimento da LEF, fornecendo previsões dos próximos 3 anos. O valor de MAPE (Média Percentual Absoluta do Erro) foi 1,17%, MAD (Desvio padrão absoluto da média) de 0,82 e MSD (Desvio padrão quadrático da média) de 1,08 %. De acordo com o valor de MAPE, o modelo apresenta bom ajuste e estimativas futuras adequadas para LEF nos anos 20X5, 20X6 e 20X7. Conforme a análise de séries temporais, a estimativa de crescimento da LEF é 1,4% para cada ano (**Figura 16**). De acordo com cálculo do índice de produtividade [GLY = (LEF) x (Disponibilidade) x (1-indisponibilidade externa)], os valores de GLY foram estimados em função dos valores estimados de LEF pela análise de séries temporais (**Figura 17**).



**Figura 15:** Análise de séries temporais da Eficiência de Linha (% LEF) zona Brasil. Fonte: Resultado - Multinacional XY.



**Figura 16:** Estimativa da Eficiência de Linha (% LEF) zona Brasil dos anos 20X5 a 20X7.  
Fonte: Resultado - Multinacional XY.

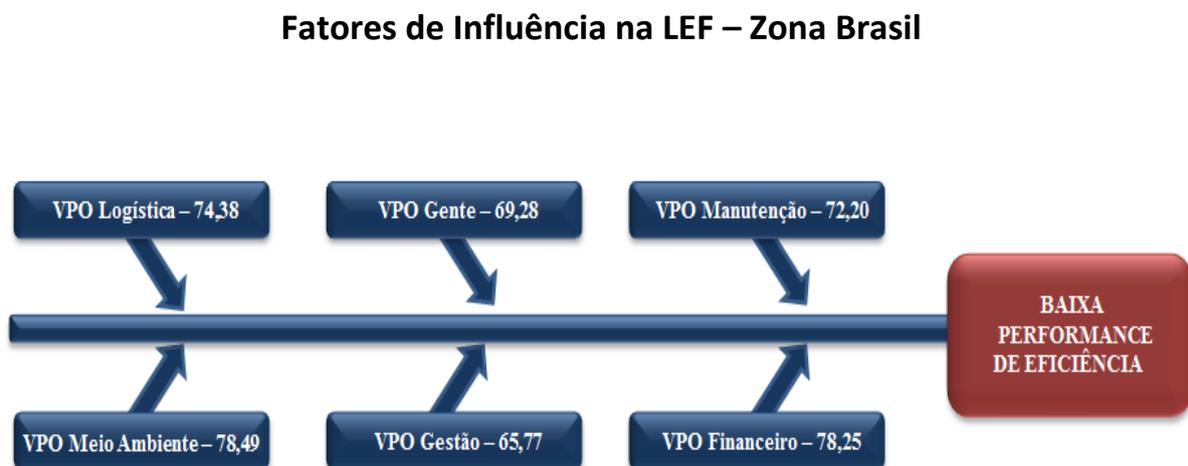


**Figura 17:** Estimativa da Produtividade (% GLY) zona Brasil dos anos 20X5 a 20X7.  
Fonte: Resultado - Multinacional XY.

## DMAIC – FASE ANALISAR

Na fase DMAIC (Analisar) foram estudados todos os fatores que compõem o sistema de Gestão Industrial (VPO) dos setores da cervejaria, os quais podem influenciar diretamente no resultado LEF. Avaliou-se inicialmente a relação de cada VPO com os resultados da LEF, através da análise de causa-e-efeito e pelo indicador dos pontos percentuais de aderência do

VPO dos setores industriais (VPO Gestão, VPO Gente, VPO Manutenção, VPO Logística e VPO Financeiro), conforme **Figura 18**. Na análise de causa-e-efeito identificamos que os VPO Gestão, VPO Gente e VPO Manutenção possuem menor aderência na zona Brasil, os quais apresentam oportunidades de melhoria das suas atividades que compõem a rotina industrial. A baixa da aderência (%) dos VPOs pode ser uma das variáveis que impacte diretamente no resultado da LEF (%).

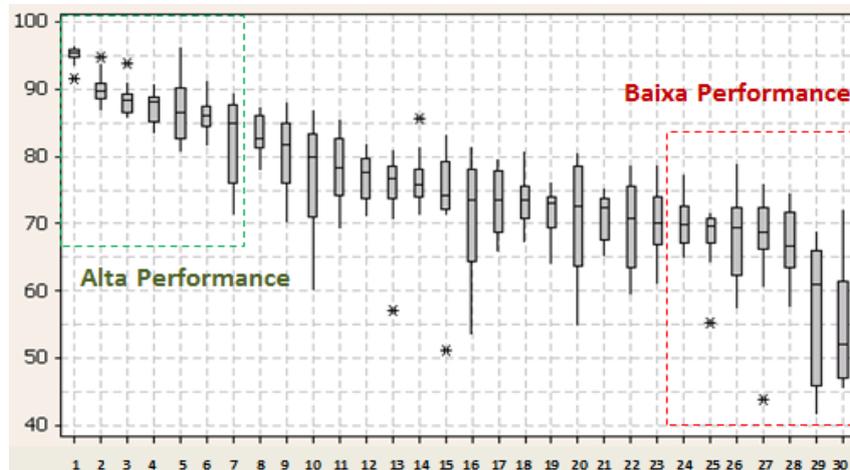


**Figura 18:** Fatores que influênciam na baixa performance da LEF zona Brasil.

Fonte: Resultado - Multinacional XY.

De acordo com os dados avaliados no diagrama de causa-e-efeito, as comparações dos resultados de LEF das unidades foram realizadas para avaliar as diferenças de aderência das mesmas no sistema de Gestão Industrial VPO. Utilizou-se a apresentação gráfica Boxplot, com objetivo de observar simultaneamente as características dos resultados da LEF entre as unidades da zona Brasil, tais como dispersão e simetria. Os resultados da LEF das unidades que compõem a zona Brasil da multinacional XY foram agrupados de acordo com os resultados de alta e baixa performance da LEF, ou seja, alta eficiência (LEF acima de 75% - área tracejada de verde) e baixa performance (LEF abaixo de 70% - área tracejada de vermelho), conforme apresentado na **Figura 19**.

### Comparação LEF das unidades de Alta x Baixa Performance

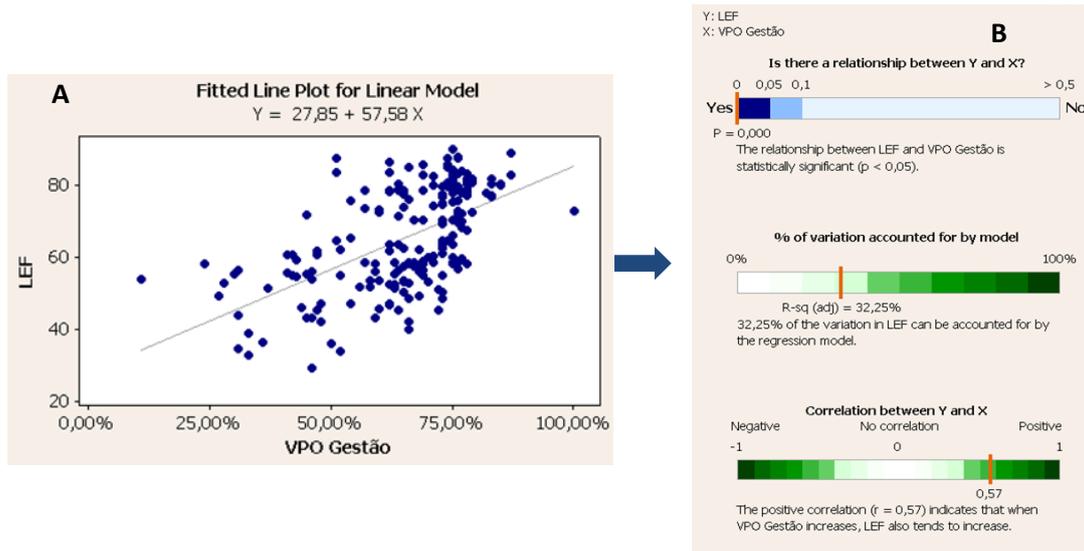


**Figura 19:** Gráfico Box Plot - % LEF das unidades zona Brasil do ano 20X4.

Fonte: Resultado - Multinacional XY.

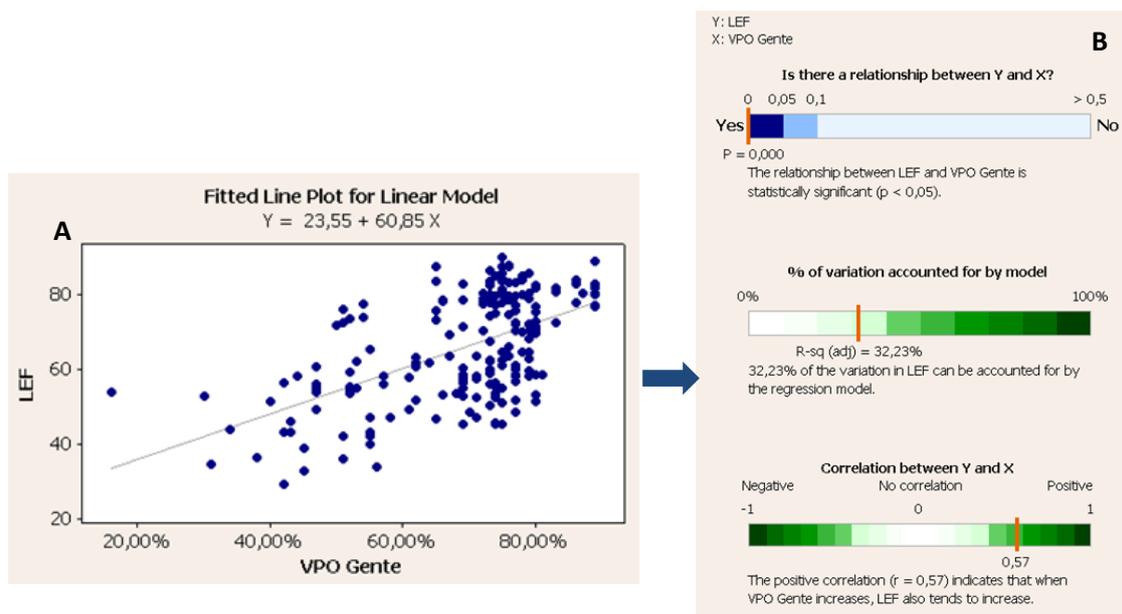
Os dados de LEF das unidades de alta e baixa performance foram avaliados quanto ao coeficiente de determinação com os respectivos VPOs (VPO Gestão, VPO Gente e VPO Manutenção) utilizando a análise de regressão linear. A análise de regressão linear investiga a relação entre duas variáveis. A verificação da relação da LEF e o VPO Gestão é ilustrada na **Figura 20**. Os resultados da regressão linear entre a LEF (variável Y) e VPO Gestão (variável X) apresentam uma relação direta e equacionada:  $Y = 27,85 + 57,58X$ ; e  $R^2 = 32,25\%$ .

A equação de regressão representa a reta que melhor ajusta aos dados; e esse critério se baseia na distância vertical entre os pontos que representam os dados originais e a reta de regressão. E o coeficiente de determinação é o valor da variação de Y que é explicado pela reta de regressão (TRIOLA,1999), e é dado por  $R^2 = [SSR \text{ (soma dos quadrados da regressão)}/SST \text{ (soma total dos quadrados)}]$ . O coeficiente de determinação é frequentemente usado para julgar a adequação de um modelo de regressão. Portanto, referimo-nos a  $R^2$  como a quantidade de variabilidade nos dados que é explicada ou considerada pelo modelo de regressão (MONTGOMERY, 2003).



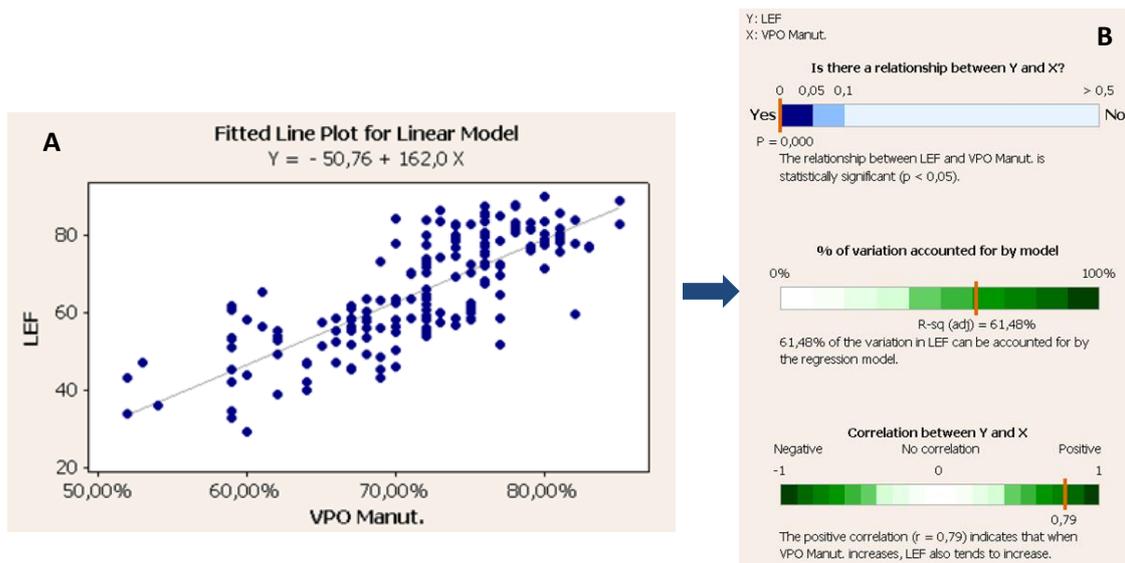
**Figura 20:** (A) Análise de Regressão Linear entre LEF e VPO Gestão. (B) Verificação da correlação entre LEF e VPO Gestão. Fonte: Resultado - Multinacional XY.

A verificação da relação da LEF e o VPO Gente é ilustrada na **Figura 21**. Os resultados da regressão linear entre a LEF (variável Y) e VPO Gente (variável X) apresentam uma relação direta e equacionada:  $Y = 23,55 + 60,85X$ ; e  $R^2 = 32,23\%$ .



**Figura 21:** (A) Análise de Regressão Linear entre LEF e VPO Gente. (B) Verificação da correlação entre LEF e VPO Gente. Fonte: Resultado - Multinacional XY.

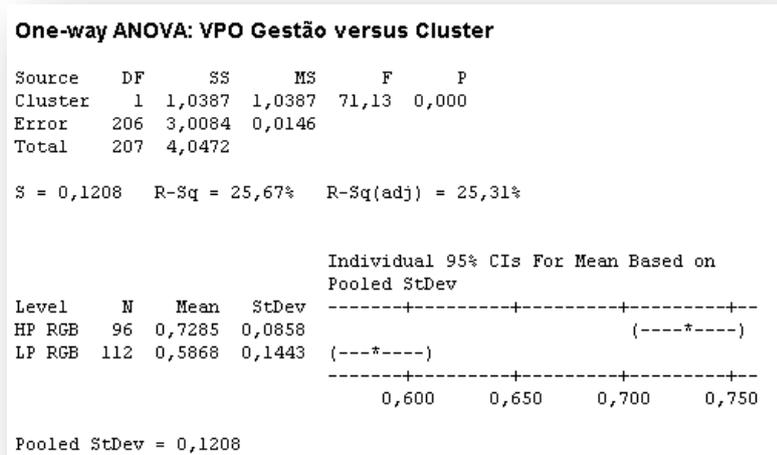
A verificação da relação da LEF e o VPO Manutenção é ilustrada na **Figura 22**. Os resultados da regressão linear entre a LEF (variável Y) e VPO Manutenção (variável X) apresentam uma relação direta e equacionada:  $Y = 50,76 + 162,0X$ ; e  $R^2 = 61,48\%$ .



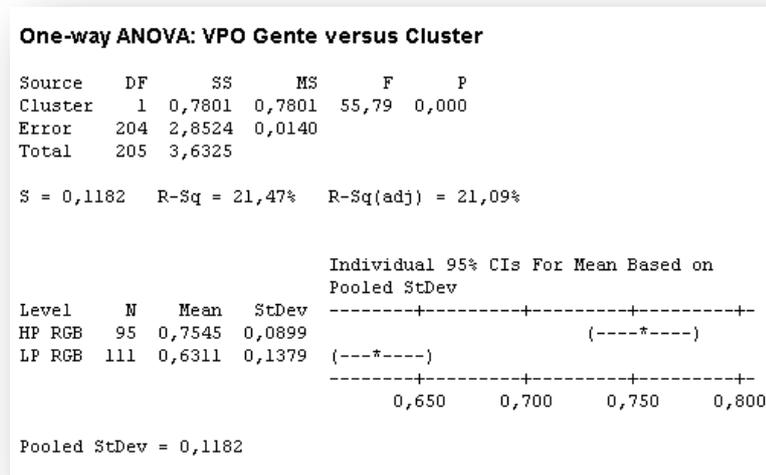
**Figura 22:** (A) Análise de Regressão Linear entre LEF e VPO Manutenção. (B) Verificação da correlação entre LEF e VPO Manutenção. Fonte: Resultado - Multinacional XY.

De acordo com a análise de regressão linear da LEF com os VPOs (Gestão, Gente e Manutenção), o VPO Manutenção apresenta maior coeficiente de determinação com a LEF (61,48%). O que significa que 61,48% da variável dependente (LEF) é explicada pelos regressores presentes no modelo com a variável independente (VPO Manutenção).

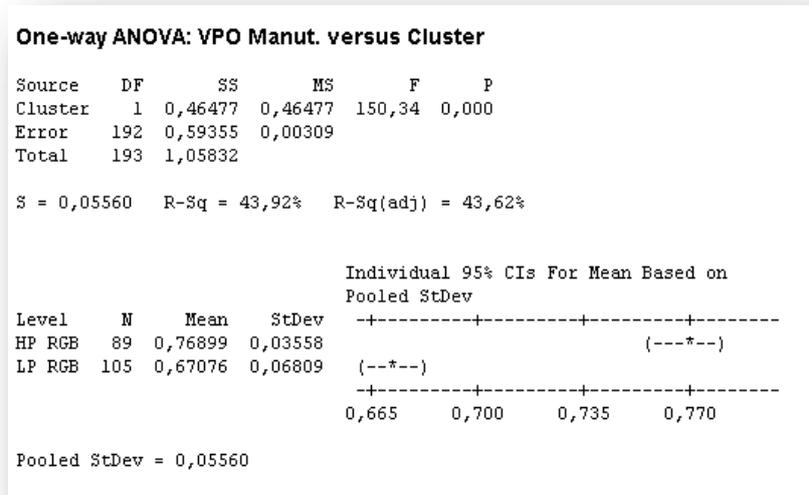
A análise de comparações das médias das unidades (cluster) de alta performance (HP) e baixa performance (LP) dos seus índices de aderência nos VPOs (Gestão, Gente e Manutenção) foram avaliados através da análise de variância (One-way Anova). As médias dos VPOs (Gestão, Gente e Manutenção) das unidades de alta e baixa performance da zona Brasil apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no teste de distribuição F (**Figuras 23, 24 e 25**). As unidades de alta performance apresentam média dos VOPs (Gestão (72,85%); Gente (75,45%) e Manutenção (76,89%) superiores e estatisticamente diferentes das unidades de baixa performance .



**Figura 23:** Análise de Variância do VPO Gestão (%) das unidades de Baixa Performance (BP) e Alta Performance (HP). Fonte: Resultado - Multinacional XY.

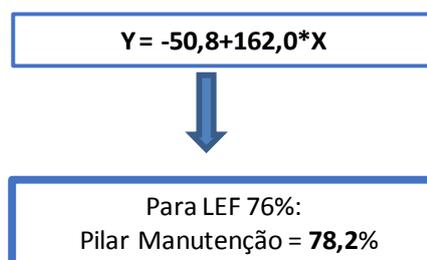


**Figura 24:** Análise de Variância do VPO Gente (%) das unidades de Baixa Performance (BP) e Alta Performance (HP). Fonte: Resultado - Multinacional XY.



**Figura 25:** Análise de Variância do VPO Manutenção (%) das unidades de Baixa Performance (BP) e Alta Performance (HP). Fonte: Resultado - Multinacional XY.

Analisando as unidades de alta performance verifica-se que o maior índice de LEF está diretamente relacionado à maior aderência no Sistema de Gestão Industrial VPOs (Gestão, Gente e Manutenção). De acordo com a análise de regressão linear dos dados das unidades da zona Brasil, observou-se que o VPO manutenção tem maior relação e explica mais a variável LEF. Portanto as unidades de baixa performance foram direcionadas para trabalharem no aumento da aderência dos itens do VPO manutenção. De acordo com a equação de LEF x VPO Manutenção, para atingir uma LEF de 76% em 20X5, o VPO Manutenção precisará atingir 78,2% de aderência.



**Figura 26:** Equação da reta de regressão LEF x VPO Manutenção.

**DMAIC – FASE MELHORAR**

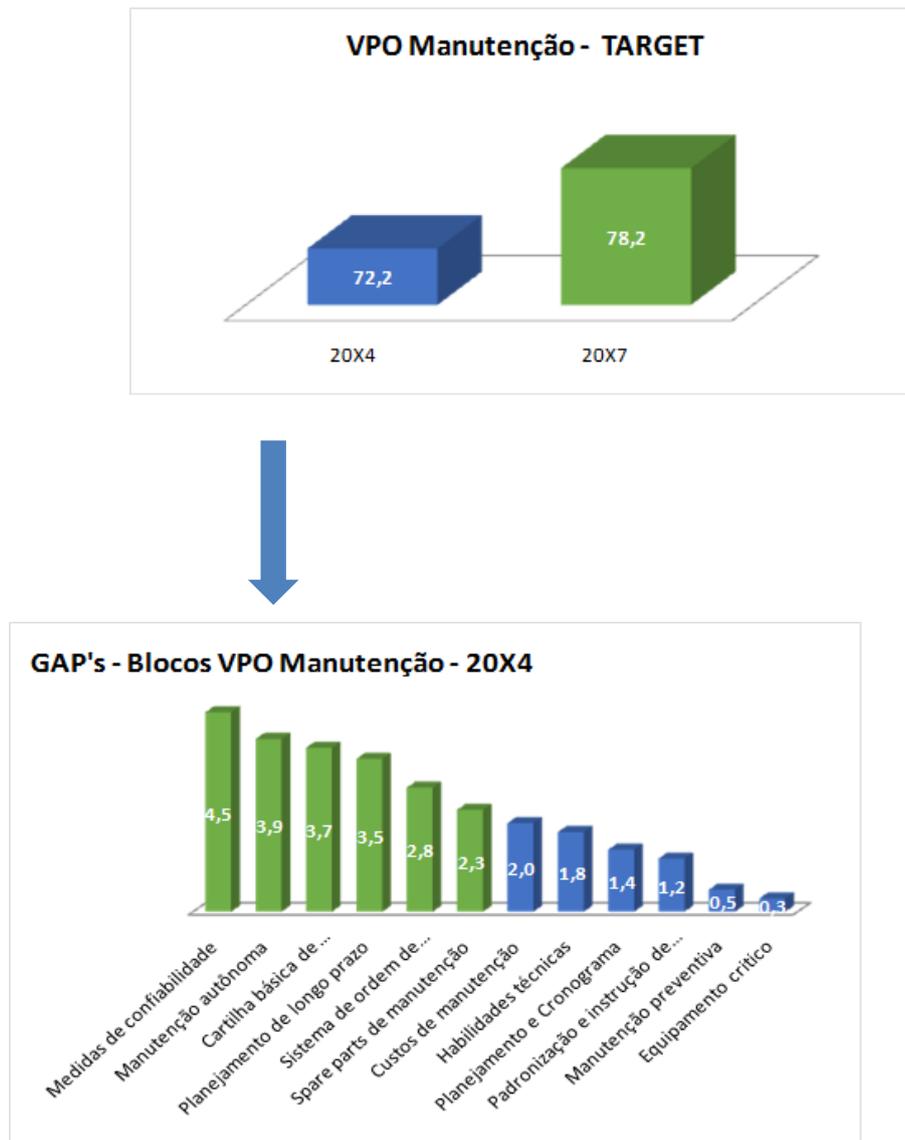
O VPO Manutenção foi selecionado conforme a análise de regressão linear na Fase Analisar do DMAIC, pois é a variável que apresenta maior coeficiente de correlação e coeficiente de determinação com a LEF em comparação ao VPO Gente e VPO Gestão. Nessa fase, os principais blocos que compõem os VPOs (Gente, Manutenção e Gestão) são apresentados na **Figura 27**.

VPO GENTE	VPO MANUTENÇÃO	VPO GESTÃO
Recrutamento e Seleção	Medidas de confiabilidade	Gestão do conhecimento
Engajamento	Manutenção autônoma	Criação e execução dos padrões
Treinamento e desenvolvimento	Cartilha básica de Manutenção(CBM)	Solução de problemas
<b>Ambiente de trabalho</b>	Planejamento a longo prazo	Processos de revisão da rotina
<b>Compensação e benefícios</b>	Sistema de ordem de manutenção	5S
	Spare parts de Manutenção	

**Figura 27:** Principais blocos do VPOs (Gente, Manutenção e Gestão)

Fonte: Resultado - Multinacional XY.

O VPO Manutenção foi estratificado destacando os principais blocos que impactaram o seu resultado de aderência na zona Brasil. As Medidas de confiabilidade (4,5%), Manutenção autônoma (3,9%) e Cartilha básica de manutenção (3,7%) foram os blocos que apresentaram baixa execução no ano 20X4 (**Figura 28**), e portanto foram selecionados para serem analisados e melhorados.



**Figura 28:** Blocos que compõe o VPO Manutenção (%) das unidades zona Brasil

Fonte: Resultado - Multinacional XY.

### *Medidas de Confiabilidade*

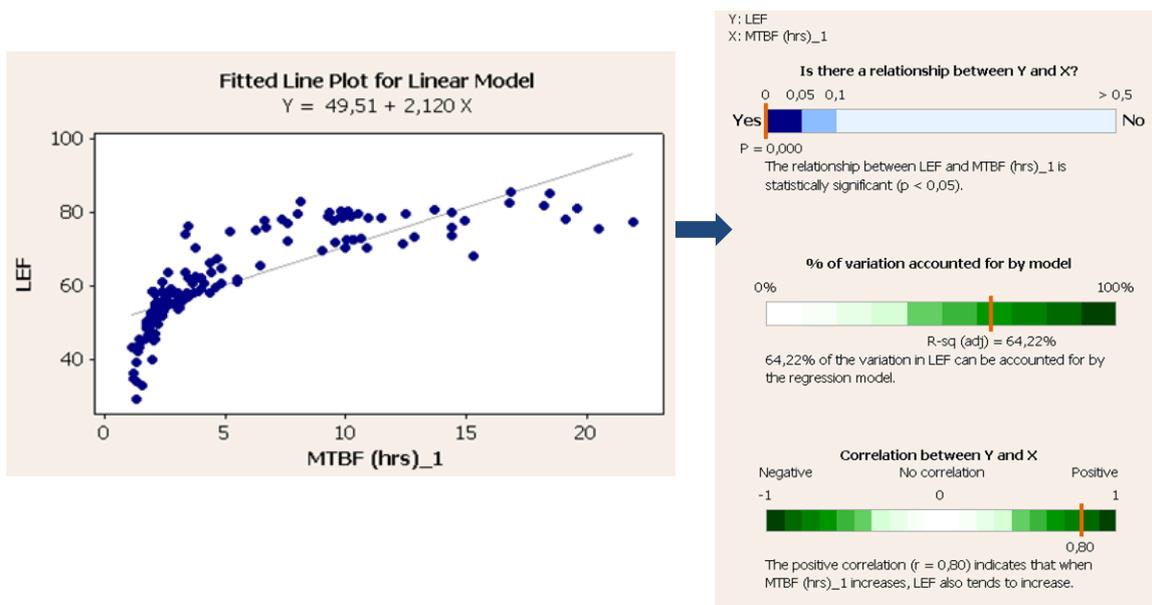
Analisando o bloco de Medidas de Confiabilidade do VPO Manutenção temos abaixo o check list aplicado em todas as unidades produtivas (linhas de produção). O MTBF é o tempo médio entre falhas, ou seja, é o tempo medido entre a ocorrência de uma interrupção (falha) em um ciclo produtivo. Nesse contexto, o MTTR trata-se do tempo médio de reparo, ou seja, o tempo gasto para que um equipamento volte a funcionar, e realizar o seu processo

de produção corretamente, após a ocorrência de uma falha. A **Figura 29** descreve os itens verificados e avaliados como atividades de controle da Medida de Confiabilidade.

Os resultados de MTBF e MTTR são analisados mensalmente para identificar as necessidades de treinamento, e essas necessidades estão sendo incluídas no plano de treinamento?
O tempo médio entre falhas aumentou?
A análise de desempenho do equipamento é realizado para modificar as rotinas de manutenção?
Cada incidente significativo de tempo de inatividade é registrado?
Os cálculos do MTBF e do MTTR estão totalmente alinhados com a política global?

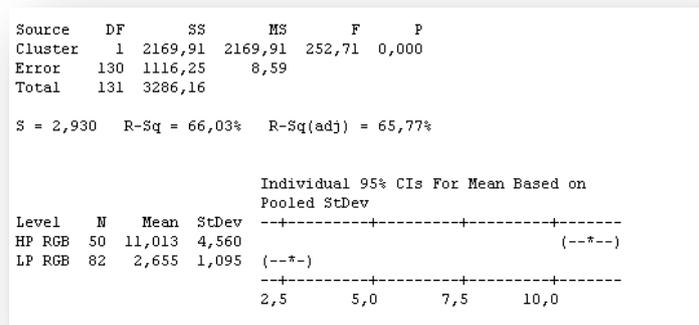
**Figura 29:** Avaliação do bloco Medida de Confiabilidade.  
 Fonte: Resultado - Multinacional XY.

O MTBF é calculado pela fórmula (Horas de LEF/quantidade de tempos de inatividade). Apenas os tempos de inatividade superiores a 10 minutos são contabilizados, sendo que o tempo de inatividade é classificado como Mecânico, Elétrico, Instrumentação e Automação.



**Figura 30:** Análise de Regressão Linear da LEF e MTBF (horas).  
 Fonte: Resultado - Multinacional XY.

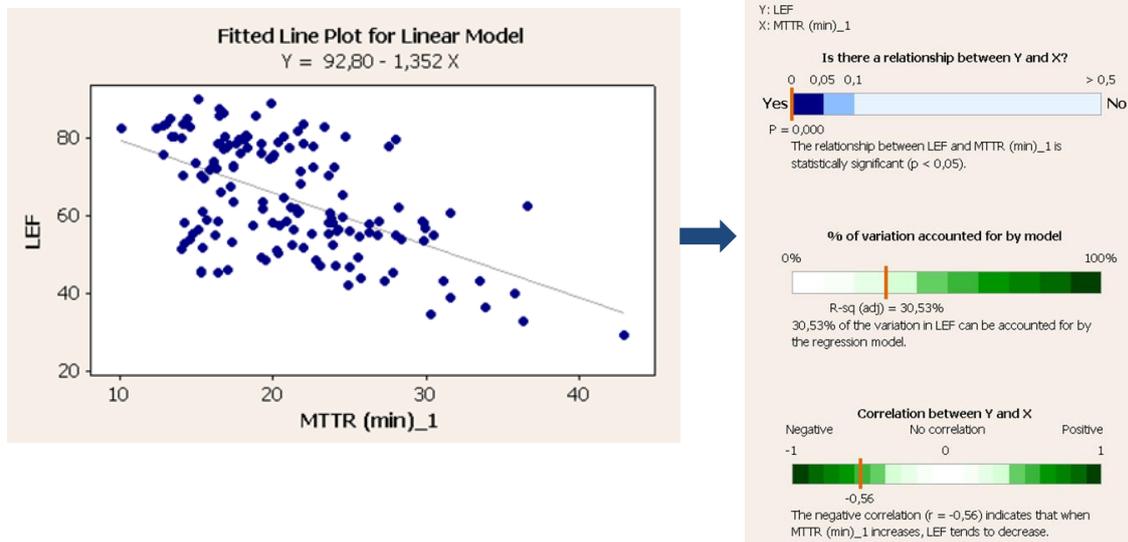
Identificamos através da análise da regressão linear que existe correlação entre a LEF e o indicador MTBF, pois se observa uma correlação de 0,80, e o  $R^2$  obtido foi de 64,22% (**Figura 30**). O coeficiente de correlação ( $r$ ) mede o grau em que as variáveis estão relacionadas linearmente e o coeficiente de determinação quanto a LEF é explicada pelo indicador MTBF. De acordo com a análise de variância dos resultados de MTBF para as unidades da Zona Brasil (**Figura 31**), as unidades com alta performance (HP) possuem média acima de 10hs de MTBF (11,01 hs), e são significativamente diferente das unidades LP. As unidades com baixa performance (LP) apresentaram baixo valor médio de MTBF (2,65 hs). Portanto, quanto maior o MTBF, menor é o número de falhas, e assim o menor impacto na LEF.



**Figura 31:** Análise de Variância do MTBF (horas) das unidades de Baixa Performance (BP) e Alta Performance (HP). Fonte: Resultado - Multinacional XY.

O MTTR é calculado pela fórmula (Tempo de Reparo da Linha/Quantidade de Falhas). Quando avaliamos o MTTR das linhas de alta performance (HP), conforme **Figura 32**, identificamos que há uma correlação negativa com a LEF, sendo que o  $R^2$  foi de 30,53% e a correlação foi de - 0,56. De acordo com os resultados analisados, verificou-se que 95% dos problemas são resolvidos em menos de 10 minutos. Observando os pontos no gráfico quando avaliamos as interrupções sem as paradas abaixo de 10 minutos, que as principais paradas ocorrem entre 15 a 25 minutos. As unidades com alta performance (HP) possuem média de 17,86 minutos, e são significativamente diferente das unidades LP que apresentam média de 23,51 minutos (**Figura 33**). Um ponto importante a ser citado, é que as paradas que possuem

tempo menor que 10 minutos são classificadas como paradas operacionais, ou seja não fazem parte do MTTR.



**Figura 32:** Análise de Regressão Linear da LEF e MTTR (minutos).  
 Fonte: Resultado - Multinacional XY.

Source	DF	SS	MS	F	P
Cluster	1	1157,8	1157,8	44,53	0,000
Error	145	3770,1	26,0		
Total	146	4927,9			

S = 5,099 R-Sq = 23,49% R-Sq(adj) = 22,97%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
HP RGB	66	17,867	3,573	(---*---)
LP RGB	81	23,510	6,062	(---*---)

17,5 20,0 22,5 25,0

**Figura 33:** Análise de Variância do MTTR (minutos) das unidades de Baixa Performance (BP) e Alta Performance (HP). Fonte: Resultado - Multinacional XY.

Os indicadores MTTR e MTBF nas unidades de baixa performance (LP) são significativos e seus resultados impactam diretamente na LEF. Além da referência para MTBF e MTTR, identificamos também outras oportunidades de ações, desde alteração do cadastro dos equipamentos no sistema, mudança de parametrização da coleta automática dos

dados e alteração do regulamento do VPO Manutenção no bloco Medições de confiabilidade. Foi realizado treinamento com os auditores do VPO Manutenção a fim de nivelar o correto tratamento e verificação dos indicadores de MTBF e MTTR mensal por unidade.

### ***Manutenção autônoma***

Analisando o bloco Manutenção autônoma temos abaixo o check-list aplicado em todas as unidades e linhas de produção (**Figura 34**).

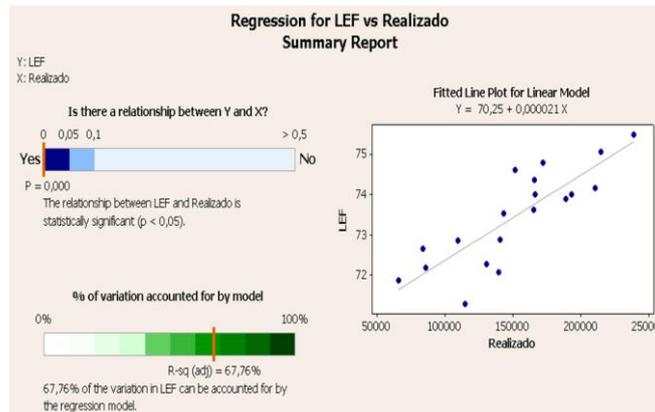
Os operadores estão criando notificações/ ordens de trabalho correctivas, e essas ordens de serviço são visíveis para os operadores quando concluídas?
As rotinas do operador são geradas e continuamente revisadas?
O desempenho do equipamento crítico de grau A e B onde o CIL (lubrificação, inspecção e reaperto) é executado, e o mesmo tem melhorado o desempenho da LEF?
Os operadores estão envolvidos ativamente nas atividades de revisão dos equipamentos?
Existe uma ligação clara entre o plano de manutenção autônoma e o plano de treinamento, incluindo a matriz de habilidades?
As listas de verificação do operador incluem atividades de inspecção, limpeza e lubrificação em vigor para os equipamentos críticos grau A e B?
As inspecções dos operadores estão incluídas na programação semanal nos departamentos?
As atividades de lubrificação são concluídas pelos operadores?
As conversões de troca de embalagem são realizadas pelos operadores?

**Figura 34:** Avaliação do bloco Manutenção Autônoma.

Fonte: Resultado - Multinacional XY.

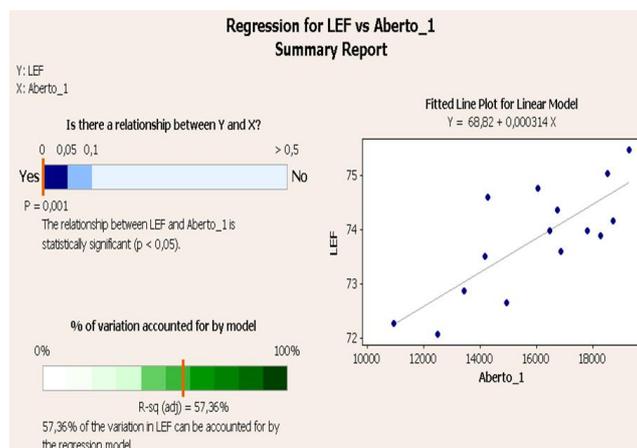
O check-list de manutenção autônoma é verificado e realizado pelo operador de cada equipamento. A manutenção que é identificada e realizada pelo próprio operador é denominada de Realizado, enquanto que a manutenção que é identificada e efetuada pela

equipe técnica de engenharia a pedido do operador é definida como Aberto. O índice Realizado trata-se da quantidade de ocorrências de intervenção de manutenção preventiva efetuada pelo operador para conservação do equipamento. Portanto, avaliou-se a relação direta do Realizado com a LEF. Conforme a **Figura 35**, as linhas de alta performance (HP) possuem relação entre a LEF e o indicador Realizado, pois apresenta um  $R^2$  de 67,76%.



**Figura 35:** Análise de Regressão Linear da LEF e Índice Realizado (ocorrências).  
Fonte: Resultado - Multinacional XY.

O índice Aberto refere-se a quantidade de ocorrências apontadas pela operação e realizada pela equipe técnica de engenharia. Observa-se através da análise da regressão linear que existe relação entre a LEF e o indicador Aberto, pois o  $R^2$  é 57,36% (**Figura 36**).



**Figura 36:** Análise de Regressão Linear da LEF e Índice Aberto (ocorrências).  
Fonte: Resultado - Multinacional XY.

A LEF é explicada 62,56% em média pelos índices Realizado e Aberto, e por isso avaliou-se as ações para melhoria dos índices Realizado e Aberto utilizando o estudo dos resultados das unidades que possuem alta performance na LEF (HP). Selecionou as três unidades com maior número de linhas de produção no grupo HP e com maior aderência no bloco Manutenção autônoma do VPO Manutenção. As três unidades com maior aderência no bloco Manutenção autônoma foram visitadas e acompanhadas quanto à rotina de execução dentro das linhas produtivas. Os itens verificados nas três unidades foram padronizados e definidos a fim de obter homogeneidade nas avaliações (**Figura 37**).

<b>Execução na Liderança</b>	<b>Atividades executadas pela operação.</b>	<b>Qualidade das atividades executadas pela operação.</b>
Modelo de gerenciamento e ferramentas aplicadas.	Fluxo das informações.	Fluxo de ocorrências (índice Aberto e índice Realizado).
Agenda e cronograma das atividades da operação.	Processo de integração e treinamento técnico.	

**Figura 37:** Itens verificados nas unidades de alta performance (HP) no bloco Manutenção autônoma do VPO Manutenção.

Nesse contexto de verificação, os itens avaliados nas unidades HP no bloco Manutenção autônoma foram definidos (**Figura 38**) e implementados nas unidades de baixa performance (LP). As unidades de baixa performance (LP) desenvolveram uma inspeção da rotina para o operador conforme o posto de trabalho, avaliando a execução das tarefas para cada operador. Foram definidos módulos de treinamento em Manutenção autônoma para os operadores a fim de realizar o nivelamento dos conceitos e das atividades. Padronizou-se a verificação das ocorrências dos índices Aberto e Realizado nas reuniões matinais de produtividade. Implementou o treinamento básico no bloco de Manutenção autônoma para todos os funcionários da área industrial com objetivo de disseminar a cultura de Manutenção autônoma desde do primeiro dia de trabalho. Estabeleceu-se uma meta para prazo de execução das ocorrências dos índices Aberto e Realizado, a qual passou a ser controlada nas reuniões matinais de produtividade. Os equipamentos foram separados por células, os quais

passaram a ter ferramentas apropriadas para execução da rotina de Manutenção autônoma. Implementou-se treinamento técnico respectivo para operação, fornecendo conhecimento profissionalizante para os mesmos, e assim o capacitando tecnicamente para efetuar com melhor conhecimento as suas atividades operacionais e de manutenção. Foram incluídos na avaliação de desempenho da operação itens relacionados à Manutenção autônoma como requisito para mudança de função e crescimento profissional na Cervejaria.

1	Criar inspeção de rotina para operador conforme posto de trabalho.
2	Modulo de treinamento especial em Manutenção autônoma para todos os níveis.
3	Padronizar e incluir nos termos de referência das reuniões matinais de rotina follow das ocorrências Realizado e Aberto.
4	Revisar e incluir na rotina de atividades a gestão da reunião mensal com as elites em Manutenção autônoma.
5	Revisar matrix de integração para o bloco de Manutenção autônoma.
6	Redefinir a meta para prazo de execução de Aberto e Realizado.
7	Criar estrutura de gestão padronizada das ferramentas por células de operação.
8	Implementar módulo de formação técnica junto às escolas profissionalizantes na integração.
9	Incluir no processo de avaliação formação técnica e resultados associados à Manutenção autônoma.

**Figura 38:** Itens implementandos nas unidades de baixa performance (LP) no bloco Manutenção autônoma do VPO Manutenção.

### ***Cartilha Básica de Manutenção - CBM***

O bloco de Cartilha básica de Manutenção possui um o check list aplicado em todas as unidades (linhas produtivas). Entretanto, esse bloco passou por uma revisão de forma a centralizar e realizar a gestão corporativa dos dados de manutenção preditiva via central de engenharia. As unidades com baixa (LP) e alta performance (HP) receberam o kit para implementar o sistema de gerenciamento preditivo remoto. Na rotina das atividades desse bloco, o foco foi definido na correlação dos resultados com os outros blocos do VPO

Manutenção. As alterações no sistema de centralização das informações e melhoria na gestão da Cartilha Básica de Manutenção foram efetuadas com o objetivo de alcançar as metas estabelecidas nesse projeto e melhorar a rotina de execução da mesma. O novo check-list de cartilha básica de Manutenção foi implementado (**Figura 39**).

---

O operador está usando a detecção ultra-sônica para identificar vazamentos de ar comprimido?

As rotinas de manutenção preditiva permitem a melhoria do tempo médio antes da falha?

As ações estão sendo tomadas com base nas informações resultantes das rotinas de manutenção preditiva?

A execução da manutenção básica evitou os custos de manutenção através da identificação de uma possível falha?

As 3 principais técnicas de manutenção baseadas em condições estão sendo usadas na unidade? Análise de óleo infravermelho e detecção de vazamentos ultra-sônico estão sendo efetuadas?

---

**Figura 39:** Check-list do bloco Cartilha básica de Manutenção nas unidades de baixa performance (LP) do VPO Manutenção.

## DMAIC – FASE CONTROLAR

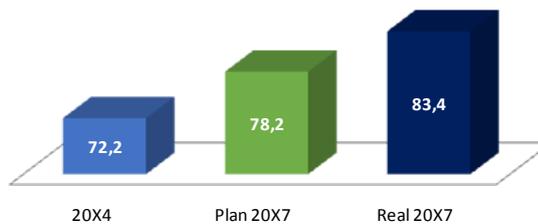
Na fase controlar do DMAIC, o VPO Manutenção foi controlado e monitorado através do sistema de auditorias internas e externas, de forma a mensurar a aderência (% de execução) dos blocos do VPO Manutenção nas linhas produtivas das unidades da zona Brasil mensalmente. Os resultados das auditorias foram avaliados e acompanhados nas reuniões de rotina gerencial das unidades com seus respectivos supervisores, gerentes e diretores, e desse modo foi elaborado um plano de ação para atingimento das metas estabelecidas por cada unidade produtiva na zona Brasil.

A verificação desses planos de ações das unidades e a evolução dos indicadores foram avaliados nas reuniões com o time DMAIC. O projeto teve ênfase no gerenciamento da melhoria do indicador Eficiência de Linha (LEF) e por consequência aumentou a performance

da Produtividade (GLY) no período desse estudo (20X4 a 20X7) na zona Brasil. O projeto teve o foco de atuação nas oportunidades de melhorias identificadas no próprio sistema de Gestão Industrial e, por isso o método DMAIC foi selecionado como ferramenta de melhoria contínua.

A revisão contínua do VPO Manutenção e o aumento da aderência dos blocos do VPO Manutenção pela implementação do método DMAIC, resultou no crescimento 11,2 pontos percentuais na aderência média do VPO Manutenção nas unidades da zona Brasil com crescimento sustentável dos indicadores LEF e GLY acima do projetado (7,5%) para o período (**Figura 40**). O indicador de Eficiência de linha (LEF) apresentou um crescimento 7,9 pontos percentuais no período 20X5 a 20X7, enquanto o indicador de Produtividade (GLY) obteve um crescimento de 9,3 pontos percentuais na Zona Brasil (**Figura 41 e Figura 42**).

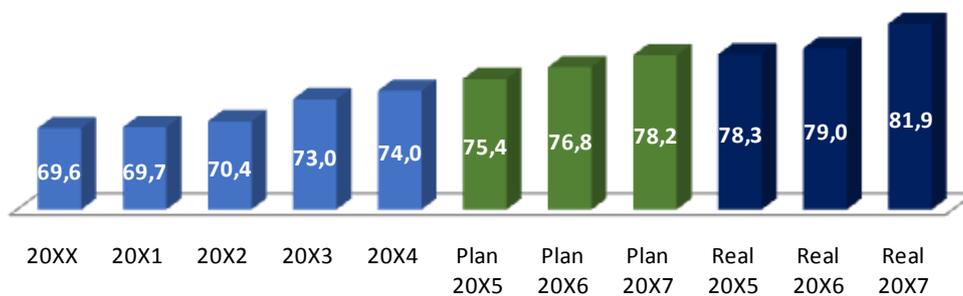
**VPO Manutenção**



**Figura 40:** Resultado alcançado no VPO Manutenção (% aderência) em 20X7.

Fonte: Resultado - Multinacional XY.

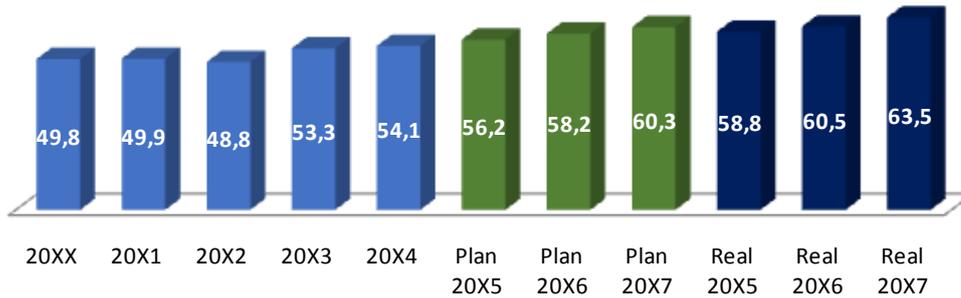
**Eficiência – Zona Brasil**



**Figura 41:** Resultados da Eficiência de Linha (% LEF) zona Brasil.

Fonte: Resultado - Multinacional XY.

### Produtividade – Zona Brasil



**Figura 42:** Resultados da Produtividade (% GLY) zona Brasil.  
Fonte: Resultado - Multinacional XY.

O projeto de melhoria da Gestão da Produtividade das unidades cervejeiras promoveu um constante aprendizado, demonstrando através da metodologia Lean Six Sigma que muito mais do que a execução de um investimento, ou troca de um equipamento, a importância de rever e reestruturar o próprio sistema de Gestão Industrial, o qual muitas vezes não é corretamente controlado e monitorado. A qualidade de execução dos processos e a produtividade são dois conceitos profundamente relacionados.

A Gestão Industrial é uma sistemática de atividades e execuções da rotina diária, que em muitas unidades apenas refletiam a execução de documentos, mas não uma rotina diária realizada na prática com qualidade. A aplicação do método DMAIC no sistema de Gestão da Produtividade permitiu controlar e analisar essas execuções da rotina diária, identificando os pontos que realmente refletiam diretamente no resultado. Portanto, por consequência desse estudo direcionado no VPO Manutenção e nos seus blocos de execução de maior impacto nos resultados, obteve-se a melhoria nos resultados do sistema de Gestão da Produtividade. O aumento na aderência do VPO Manutenção promoveu o atingimento, além do projetado, das metas e resultados das unidades de baixa performance da zona Brasil, transformando essas unidades de baixa performance em unidades de alta performance.

## CONCLUSÃO

A Gestão da Produtividade é um dos quesitos essenciais que compõem a gestão estratégica de competitividade das empresas. Dentro desse conceito de produtividade, os aspectos mais relevantes para o desempenho industrial tornam-se centrados nos processos de produção e eficiência, porém além do processo de eficiência de linha, a produtividade contempla a disponibilidade de linha, a indisponibilidade externa, a perda por qualidade e a perda por velocidade de produção. O projeto atuou nas oportunidades de melhorias identificadas no próprio sistema de Gestão Industrial, sendo que o método DMAIC foi selecionado como ferramenta de melhoria contínua. O VPO Manutenção foi identificado como a variável de maior impacto no sistema de Gestão da Produtividade. A melhoria contínua do VPO Manutenção e a aumento da aderência dos blocos do VPO Manutenção resultou no crescimento 11,2 pontos percentuais na aderência média do VPO Manutenção na zona Brasil, com crescimento sustentável dos indicadores de Eficiência de Linha (LEF) e Produtividade (GLY). O indicador de Eficiência de linha (LEF) apresentou um crescimento 7,9 pontos percentuais, enquanto o indicador de Produtividade (GLY) obteve um crescimento de 9,3 pontos percentuais. Concluiu-se que com as execuções das ações analisadas e implementadas pelo método DMAIC, obteve-se a melhoria na aderência do sistema de Gestão da Produtividade, promovendo desse modo o atingimento além do projetado das metas e resultados das unidades de baixa performance da zona Brasil.

## REFERÊNCIAS

- Amienyo, D., & Azapagic, A. (2016). Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(4), 492–509.
- António, N. S. (2002). Estratégia organizacional: Sua evolução nos últimos 50 anos. INDEG/ISCTE Instituto para o Desenvolvimento da Gestão Empresarial. *ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, Escola de Gestão*, 1-15.
- António, Nelson Santos e Teixeira, António (2009). *Gestão da Qualidade – De Deming ao modelo de excelência da EFQM*. Lisboa, Edições Sílabo.

- Bamforth, C. W. (2002). Nutritional aspects of beer—a review. *Nutrition Research*, 22, 227-237.
- Bayeux, C. (2001). Análise da capacidade de processos (parte 1). Banas Qualidade, Maio.
- Besterfield, D. H. (2003). *Total quality management*. Upper Saddle River: Pearson Education.
- Bigliardi, B., & Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: the case of functional foods. *Trends Food Sci. Tech.*, 31(2), 118–129.
- BRASIL. (2017). Brasil é o terceiro no ranking mundial de produção de cerveja. <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/08/brasil-e-o-terceiro-no-ranking-de-producaomundial-de-cerveja>.
- CERVBRASIL - Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (2018). Dados do setor [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/dados-do-setor/](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/).
- Chen, C.-K., Lu, I.-Y., Wang, K.-M., Jang, J.-Y., & Dahlgaard, J. J. (2015). Development of quality management in Taiwan the past, present and future. *Total Quality Management & Business Excellence*, 26(1/2), 3-13.
- Cole, R. E. (1979). Work, mobility, and participation: A comparative study of American and Japanese industry. *University of California Press*.
- Coronado, R. B., & Antony, J. (2002). Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in Organizations. *The TQM Magazine*, 14(2), 92-99.
- Costa Neto, P. L. O. (2002). Estatística. São Paulo, Editora Blücher: 262.
- Cunha, C., & Dominguez, C. (2015a). A DMAIC project to improve warranty billing's operations: a case study in a Portuguese car dealer. *Procedia Computer Science*, 64, 885 – 893.
- Cunha, C., & Dominguez, C. (2015b). A DMAIC project to improve warranty billing's operations: a case study in a Portuguese car dealer. *Procedia Computer Science*, 64, 885 – 893.
- D'Avila, R. F., Luvielmo, M. M., Mendonça, C. R. B., & Jantzen, M. M. (2012). Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, 8(2, jul/dez), 60-68.
- Dalmarco, G., Maehler, A. E., Trevisan, M., & Schiavini, J. M. (2017). The use of knowledge management practices by Brazilian startup companies. *Revista de Administração e Inovação*, 14, 226–234.

- Dalmarco, G., Maehler, A. E., Trevisan, M., & Schiavinid, J. M. (2017). The use of knowledge management practices by Brazilian startup companies. *Revista de Administração e Inovação, 14*, 226–234.
- Davenport, T., & Prusak, L. (1998). Working Knowledge: How organizations manage what they know. *Harvard Business School Press*.
- Deming, W. E. *Quality, productivity and competitive position*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1982.
- Deming, W. E. (1986). Out of the Crisis. *Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study*.
- Deming, W. E. (1989). Out of the Crisis. *MIT Press, MA*.
- Deming, W. E. (1990). *Qualidade a revolução da administração*, Marques Saraiva, Rio de Janeiro.
- Donadel, D. C. (2008). Aplicação da Metodologia DMAIC para Redução de Refugos em uma Indústria de Embalagens. *Dissertação (Graduação em Engenharia de Produção). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo*.
- Ernest & Young, Sotec. (1993). Total Quality Management - a administração estratégica através da eficiência e qualidade em serviços, Apostila.
- Falconi, V., & Ishikawa, K. (2010). True Power: Management Focus. *INDG - Instituto de Desenvolvimento Gerencial, 1ª ed.*
- Freitas, J. G., Costa, H. G., & Ferraz, F. T. (2017). Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability: a survey study. *Journal of Cleaner Production, 156*, 262-275.
- Grieco, P., Pinkse, J., & Slade, M. (2018). Brewed in North America: Mergers, marginal costs, and efficiency. *International Journal of Industrial Organization, 59*, 24–65.
- Gupta, M., Abu-Ghannam, N., & Gallagher, E. (2010). Barley for brewing: characteristic changes during malting, brewing and applications of its by products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9*, 318-328.
- Harry, D., & Schroeder, R. (2000). Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the World's Top Corporation. *New York: Doubleday*.
- Herschel, R. T., & Jones, N. E. (2005). Knowledge management and business intelligence: the importance of integration. *Journal of Knowledge Management, 9*(4), 45-55.
- Ishikawa, K. (1993). *Controle da qualidade total: à maneira japonesa*, Campus, Rio de Janeiro.

- Juran, J. M. (1980). *Quality control handbook*. New York: McGraw Hill Book Company, 1980.
- Juran, J.M. (1986). *Management of Quality*. Juran Institute Inc, Wilton, CT, USA.
- Juran, J.M. (1991). *Controle da qualidade handbook - Vol. I*, Makron Books, São Paulo.
- Juran, J.M. (1991). *Controle da qualidade handbook - Vol. II*, Makron Books, São Paulo.
- Juran, J. M. (2002). *A Qualidade Desde o Projeto - Os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços*. Pioneira, São Paulo.
- King, N. C. O., Lima, E. P., & Costa, S. E. G. P. (2014). Produtividade sistêmica: conceitos e Aplicações. *Production*, 24(1), 160-176.
- Lopes, P. R. M., Morales, E. M., & Montagnolli, R. N. (2017). Cerveja brasileira: do campo ao copo. *Revista Agronomia Brasileira*, 1( rab201711), 1-4.
- Macedo, M. M. (2012). Gestão da produtividade nas empresas. *Revista Organização Sistêmica*, 1(1, Jan/Jun).
- Mahato, S., Dixit, A. R., & Agrawal, R. (2017). Application of Lean Six Sigma for cost-optimised solution of a field quality problem: a case study. *J Engineering Manufacture*, 231(4), 713–729.
- MAPA - Ministério da Agricultura, P. e. A. (2018). A Cerveja no Brasil. <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/a-cerveja-no-brasil>.
- Mardegan, S. F., Andrade, T. M. B., Sousa Neto, E. R., Vasconcellos, E. B. C., Martins, L. F. B., Mendonça, T. G., & Martinelli, L. A. (2013). Stable carbon isotopic composition of Brazilian beers: a comparison between large- and small-scale breweries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29(1), 52-57.
- Marshall Júnior, I., Cierco, A. A., Rocha, A. V., Mota, E. B., & Leusin, S. (2007). Gestão da Qualidade. Rio de Janeiro. *Rio de Janeiro: editora FGV*, 196(8.ª Ed.).
- Maruta, R. (2012). Maximizing knowledge work productivity: A time constrained and activity visualized PDCA Cycle. *Knowledge and Process Management*, 19(4), 203–214.
- Maruta, R. (2014). The creation and management of organizational knowledge. *Knowledge-Based Systems*, 67, 26–34.
- Monteiro, A. C. (2017). Dia Internacional da Cerveja: os números da indústria cervejeira em Portugal e na Europa. <http://www.hipersuper.pt/2017/08/04/dia-internacional-da-cerveja-os-numeros-da-industria-cervejeira-portugal-na-europa/>.
- Montgomery, D. C. (2004). Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade. *Rio de Janeiro, LTC*, 513.

- Moreira, A. C. V. B., Daré, C. T., & Rodrigues, M. D. F. (2004). Green Belts Industrial. *Fundação de Desenvolvimento Gerencial.*, vol. 6.
- Motta, R. G, Lacerda, L. P., Santos, N. M. B. F. (2018). A case study with the motivations, implementation method and the impact of the total quality management sales program in a brazilian fast moving consumer goods industry. *Revista Gestão e Planejamento*, 19, 208-226.
- Moura-Nunes, N., Brito, T. C., Fonseca, N. D., Aguiar, P. F., Monteiro, M., Perrone, D., & Torres, A. G. (2016). Phenolic compounds of Brazilian beers from different types and styles and application of chemometrics for modeling antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 199, 105–113.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press, 1995. *Oxford University Press*.
- Nunhes, T. V., Barbosa, L. C. F. M., & Oliveira, O. J. (2017). Identification and analysis of the elements and functions integrable in integrated management systems. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3225-3235.
- Oliveira, O. J. (2013). Guidelines for the integration of certifiable management systems in industrial companies. *Journal of Cleaner Production* 57 (2013) 124e133, 57, 124-133.
- Paladini, E. P. (1994). *Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total*. São Paulo: Atlas.
- Pearson, K. (1891). *Geometry of Statistics*. University College London. Londres: Gresham Lecture.
- Rašula, J., Vukšić, V. B., & Štemberger, M. I. (2012). The impact of Knowledge Management on organisational performance. *Economic and Business Review*, 14(2), 147–168.
- Rechulski, D. K., & Carvalho, M. M. (2004). Programa de Qualidade Seis Sigma: Características Distintivas do Modelo DMAIC e DFSS. XI SIMPEP, Bauru,SP, Nov. *Bauru,SP, Nov*.
- Rigitano, A. O., Nascimento, S. P., & Camar, M. R. G. (2013). Diferenças na produção e produtividade da indústria entre as regiões e setores no estado do Paraná. . *R. Bras. Eco. de Emp.*, 13(2), 67-97.
- Rodrigues, M. C. (2006). Entendendo, aprendendo, desenvolvendo qualidade padrão Seis Sigma. *Rio de Janeiro: editora Qualitymark*.

- Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017). Application of Lean Production Principles and tools for quality improvement of production processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing, 1*, 1069 – 1076.
- Salah, S., Rahim, A., & Carretero, J. A. (2010). The integration of Six Sigma and lean management. *Int. J. Lean Six Sigma, 1*(3), 249-274.
- Santos, B. A., & Martins, F. M. (2003). A implementação dos projetos seis sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho. *Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, 1*, 1-14, dez.
- Schnependahl, G. K., Gonçalves, F. M., Reaes, P. A., Mikos, W. L., & Ferreira, J. C. E. (2011). Aplicação da metodologia DMAIC na otimização da durabilidade da tela gabarito de um processo serigráfico. *XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial, Belo Horizonte, Minas Gerais*.
- Shah, R., Chandrasekaran, A., & Linderman, K. (2008). In pursuit of implementation patterns: the context of Lean and Six Sigma. *Int. J. Prod. Res., 46*(23), 6679-6699.
- Shehzad, R., & Khan, M. N. A. (2013). Integrating Knowledge Management with Business Intelligence Processes for enhanced organizational learning. *International Journal of Software Engineering and Its Applications, 7*(2), 83-92.
- Shewhart, W. A. (1931). *Economic control of quality of manufactured product*. Nova York: D. Van Nostrand Company, Inc.
- Singh, H.; Motwani, J.; KUMAR, A (2000). A review and analysis of the state-of-the-art research on productivity measurement. *Industrial Management and Data Systems, v. 100*, n. 5, p. 234-241.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da Produção. 2a ed. São Paulo: Atlas*.
- Sleiman, M., & Venturini Filho, W. G. (2008). Relação entre percentual de malte e preço em cervejas tipo pilsen. *Revista Energia na Agricultura, 23*(1), 98–108.
- Stamatis, H. D. (2004). *Six Sigma Fundamentals: A complete guide to the system, methods and tools*. New York, Productivity Press.
- STATISTA. (2017). Global Beer Industry - Statistics & Facts. <https://www.statista.com/topics/1654/beer-production-and-distribution/>.
- Suito, K. (1998). Total productivity management. *Work Studies, 47*(4), 117-127.

- Surbakti, H. (2015). Integrating Knowledge Management and Business Intelligence Processes for empowering Government Business Organizations. *International Journal of Computer Applications*, 114(5), 36-43.
- Torminato, S. M. (2004). Análise da utilização da ferramenta CEP: um estudo de caso na manufatura de autopeças. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.*
- Triguero, A., Fernández, S., & Sáez-Martinez, F. J. (2018). Inbound open innovative strategies and eco-innovation in the Spanish food and beverage industry. *Sustainable Production and Consumption*, 15, 49–64.
- Triola, M. F. (1999). Introdução à Estatística. 7a. Ed. Rio de Janeiro: LTC.
- Tubino, D. F. (2000). Manual de planejamento e controle da produção. 2. ed. São Paulo: Atlas.
- Van Der Pol, R. B. (2011). Aplicação do método DMAIC para redução da ocorrência de acidentes ferroviários. *Juiz de Fora, 2011.*
- Venturini Filho, W. G. F. (2005). Tecnologia de Bebidas: Matéria-prima, Processamento, BPF/APPCC, Legislação, Mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 1ª ed., 550.
- Werkema, M. C. C. (2004). Criando a Cultura Seis Sigma. Nova Lima: Werkema Editora.
- Werkema, M. C. C. (2006). Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda., 57-60.