

UNICESUMAR - UNIVERSIDADE DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

**BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE LIMITES SUPERIORES E INFERIORES  
EM DADOS DE PRODUÇÃO E DASHBOARD NO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

**JEAN MARCOS ROSSI**

MARINGÁ – PR  
2021

Jean Marcos Rossi

**BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE LIMITES SUPERIORES E INFERIORES  
EM DADOS DE PRODUÇÃO E DASHBOARD NO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Produção da UNICESUMAR – Universidade de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Produção, sob a orientação do Prof. Me Fernando Pereira Calderaro.

MARINGÁ – PR

2021

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**JEAN MARCOS ROSSI**

### **BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE LIMITES SUPERIORES E INFERIORES EM DADOS DE PRODUÇÃO E DASHBOARD NO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Produção da UNICESUMAR – Universidade de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel (a) em Engenharia da Produção, sob a orientação do Prof. Me Fernando Pereira Calderaro.

Aprovado em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me Fernando Pereira Calderaro – Unicesumar

---

Prof. Me. Leandro Thiago Loureiro – Unicesumar

---

Prof. Samuel Splipack – Unicesumar

# BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE LIMITES SUPERIORES E INFERIORES EM DADOS DE PRODUÇÃO E DASHBOARD NO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Jean Marcos Rossi

Graduando em Engenharia da Produção

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo demonstrar os benefícios da implementação de limites superiores e inferiores em dados de produção e *dashboard* no setor sucroalcooleiro. A abordagem metodológica deste estudo consistiu em uma pesquisa quali-quantitativa. O estudo foi desenvolvido por meio da criação e utilização de números aproximados de perdas de AT (Teor de Açúcar Total) para uma indústria sucroalcooleira. Estes números foram aplicados em fórmulas do Controle Estatístico de Processo (CEP) para estimar parâmetros seguros para perdas. Os resultados obtidos demonstram a aplicação do Controle Estatístico de Processo (CEP) no setor sucroalcooleiro é uma ferramenta que contribui para monitorar, avaliar e auxiliar na melhoria dos processos. Foi demonstrado que com a utilização do CEP é possível determinar o quantitativo da produção, e se este esteve no limite superior ou inferior considerando o desvio padrão que abrange a produção de um determinado período estipulado. Quando não há controle estatístico não é possível estabelecer quais dos itens estiveram no limite superior ou inferior, portanto, há uma indeterminação na capacidade de analisar quantitativamente um resultado no processo. Após a realização do estudo concluiu-se que o controle e monitoramento estatísticos de dados no setor sucroalcooleiro é uma ação estratégica para otimizar processos produtivos partindo da minimização da ocorrência de variabilidade e da estimativa de parâmetros seguros para perdas, sendo uma ferramenta para obter eficiência e qualidade nos resultados.

**Palavras-chave:** Gestão da informação. Controle estatístico do processo. Qualidade.

## **BENEFITS OF IMPLEMENTING UPPER AND LOWER LIMITS ON PRODUCTION DATA AND DASHBOARD IN THE SUGAR AND ALCOHOL SECTOR**

### **ABSTRACT**

This study aims to demonstrate the benefits of implementing upper and lower limits in production data and dashboards in the sugar and alcohol sector. The methodological approach of this study consisted of qualitative and quantitative research. The study was developed through the creation and use of hypothetical numbers of TS losses (Total Sugar Content) in a sugar and alcohol industry. These numbers were applied in Statistical Process Control (SPC) formulas to estimate safe parameters for losses. The results obtained demonstrate the application of Statistical Process Control (SPC) in the sugar and alcohol sector, which is a tool that helps to monitor, evaluate, and assist in improving processes. It was shown that when using the SPC, it is possible to determine the quantity of production and whether it was in the upper or lower limit considering the standard deviation that covers the production of a certain stipulated period. When there is no statistical control, it is not possible to establish which of the items were in the upper or lower limit, therefore, there is an indeterminacy in the capability to quantitatively analyze a result in the process. After accomplishing the study, it is concluded that the statistical control and monitoring of data in the sugar and alcohol sector is a strategic action for the optimization of production processes, starting from the minimization of the variability occurrence and the estimation of safe parameters for losses, being a tool to obtain efficiency and quality of results.

**Keywords:** Information Management. Statistical Process Control. Quality.

## **1 INTRODUÇÃO**

A discussão deste tema é feita no campo da Engenharia da Produção que abrange a aplicabilidade de ferramentas para promover melhorias de qualidade no processo produtivo em indústrias.

No meio industrial a busca pela melhoria da qualidade do produto final envolve o monitoramento e controle de processos de produção para reduzir custos de desperdícios, otimização das tarefas, evitar retrabalho, dentre outros. Como estas variáveis da qualidade exercem impactos diretos e imediatos nos resultados financeiros dos negócios, as empresas do setor industrial têm buscado projetar e implantar soluções de gerenciamento de qualidade (SANTOS; TEIXEIRA, 2020).

O controle de qualidade ganhou maior visibilidade a partir da criação do programa de certificação nas normas ISO 9000 em 1946 e disseminou-se no mundo todo a partir da sua publicação inicial em 1987, tornando-se um meio para as

empresas obterem produtos de qualidade, reduzir custos e ampliar a competitividade. (OLIVEIRA; LIMA, 2010). Uma das ferramentas para a implementação de sistemas da qualidade é o Controle Estatístico de Processos (CEP) que combate a variação do processo permitindo que as empresas monitorem a produção em tempo real e garantindo que estejam operando com potencial máximo e minimizando os desperdícios.

O setor sucroalcooleiro tem buscado assegurar a gestão da qualidade do processo de produção tendo em vista obter ganhos com redução de custos, minimizar a variação no processo produtivo e ampliar a competitividade no mercado. Uma das ferramentas para obter estes benefícios nas usinas de cana-de-açúcar é a aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP)

Em face do exposto esta pesquisa investiga o tema a partir da seguinte pergunta: quais os benefícios da implementação de limites superiores e inferiores em dados de produção e *dashboard* no setor sucroalcooleiro?

A justificativa para a investigação deste tema é que possibilita demonstrar que o engenheiro de produção ao atuar no setor sucroalcooleiro poderá utilizar ferramentas da gestão da qualidade, incluindo o CEP, como meio de monitorar o processo produtivo e obter eficiência e qualidade nos resultados.

O presente estudo objetivo demonstrar os benefícios da implementação de limites superiores e inferiores em dados de produção e *dashboard* no setor sucroalcooleiro.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 GESTÃO DA QUALIDADE**

A gestão da qualidade é um dos elementos fundamentais para que as empresas participem do mundo dos negócios. Para que as organizações obtenham uma melhoria contínua é necessário que implementem um sistema de gestão de qualidade total, pois, por meio dele pode-se mensurar os resultados e realizar um planejamento (CARNEIRO, 2020).

Na perspectiva de Gobis e Campnatti (2012, p.27):

O objetivo principal da gestão de qualidade é promover melhorias contínuas no processo produtivo para melhor atender ao cliente. Uma gestão de qualidade eficiente necessita da criação de um conjunto de estratégias e planos de ação com o intuito de acompanhar o desenvolvimento da produção, onde o processo evolutivo da gestão da é obtido através da interação de toda a empresa por um longo período, de forma contínua e progressiva.

O objetivo da gestão da qualidade é agregar valor à organização por meio da interligação de seus setores aplicando de técnicas e estratégias que possibilitem a identificação, organização, controle, direcionamento e gerenciamento de seus processos. A meta principal é a promoção da qualidade de produtos e serviços que atendam às necessidades dos clientes (LOPES; GLADAMEZ, 2013).

O uso de ferramentas de qualidade melhora o desempenho organizacional e representa progresso significativo na gestão da qualidade tem ocorrido nos últimos anos dentro das empresas (ALVES; PAULISTA, 2014).

As aplicações das ferramentas da qualidade no ambiente organizacional permitem reduzir problemas no processo de produção permitindo alavancar os negócios a partir de ações voltadas para a satisfação das necessidades dos clientes (FUJIMOTO, 2017).

De acordo com Salgado et al (2013, p.23) os objetivos das ferramentas da qualidade são:

- Facilitar a visualização e o entendimento dos problemas;
- Sintetizar o conhecimento e as conclusões;
- Desenvolver a criatividade;
- Permitir o conhecimento do processo;
- Fornecer elementos para o monitoramento dos processos;
- Permitir a melhoria dos processos.

As ferramentas da qualidade contribuem a potencialização de habilidades e de competências da equipe, pois, pode-se disponibilizar métodos que auxiliem para identificar quais são as razões dos problemas, bem como buscar soluções, ou seja, pode-se identificar e compreender a causa dos problemas e buscar a geração de soluções, inclusive otimizando os processos operacionais (ALVES; PAULISTA, 2014).

## 2.2 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)

O Controle Estatístico de Processos (CEP) já tem sido usado processos industriais desde a década de 1920. Sua aplicação é feita em vários setores da produção industrial para substituir a inspeção da qualidade do produto final a fim de reduzir a variabilidade do produto gerando aumento de produtividade, redução do consumo de energia e níveis de estoque (TOLEDO et al, 2017).

A variação do processo de produção aumenta os custos de produção e o risco de unidades defeituosas. Os métodos de Controle Estatístico de Processo (CEP) são sistemas de controle de qualidade que permitem o gerenciamento eficaz de todo o processo de fabricação, identificando problemas em tempo real e prevendo problemas antes que eles ocorram (GONÇALVES, 2010).

De acordo com Civardi (2017, p. 42):

O CEP surge como um instrumento importante para controlar e verificar a qualidade de produto, por meio de aplicação de métodos que possibilitam estabilizar e diminuir a variabilidade existente no processo produtivo. Esta ferramenta tem por finalidade estabilizar e tornar capazes os processos, sem ser refém apenas da inspeção para confirmar se o produto está de acordo com as especificações determinadas.

O Controle Estatístico de Processo (CEP) são ferramentas para realizar o monitoramento da qualidade (PALADINI, 2012). Quando o processo se encontra fora de controle, o CEP aponta a necessidade de realização de ações corretivas e de melhorias (COSTA et al., 2010).

Os engenheiros de produção podem usar tabelas e gráficos de controle para monitorar a estabilidade, capacidade e processo desempenho e, ao mesmo tempo, os responsáveis pela qualidade, podem dar continuidade, caso o processo esteja dentro padrões de qualidade (TOLEDO et al, 2017).

## 2.3 APLICAÇÃO DO CEP NO SETOR SUCROALCOOLEIRO: ANÁLISE DE ALGUNS ESTUDOS

A pesquisa desenvolvida por Oliveira et al (2010) utilizou do CEP para identificar e monitorar fatores que ocasionam a variabilidade no processo de produção do álcool em uma usina sucroalcooleira no Paraná. Após a coleta e análise dos dados demonstrou que o ao aplicar a ferramenta CEP foi possível



detectar causas especiais no processo, pois, através do monitoramento estatístico pode-se observar que a redução das perdas foi causada pela redução de perdas de graduação do álcool hidratado na vinhaça.

Oliveira e Lima (2010) investigaram a aplicação do Controle Estatístico de Processos na produção de etanol em uma usina localizada no Brasil. A partir da aplicação de gráficos de controle e cálculo da capacidade do processo os autores conseguiram identificar as variáveis que mais afetam a produtividade da usina. Ao concluir este estudo demonstraram ser este um método eficiente para obter dados estatísticos da produção que permitem a análise do modo como obter melhores limites de controle.

Torres(2014) realizou um estudo em uma usina de cana-de-açúcar no estado de São Paulo com intuito de avaliar o potencial do CEP para a gestão dos dados de velocidade e perdas na colheita mecanizada. Ao final do estudo a autora concluiu que CEP pode obter o coeficiente da variação no processo produtivo. A partir da análise estatística dos dados pode-se manter a variabilidade do processo dentro dos limites considerados aceitáveis.

No estudo de Roso et al (2017) constatou-se que com a utilização do CEP em uma usina de etanol foi possível coletar variáveis existentes no processo e obter o controle sobre estas variáveis que influenciaram qualidade do produto final.

## 2.4 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido por meio da criação e utilização de números aproximados de perdas de AT (Teor de Açúcar Total) em uma indústria sucroalcooleira. Estes números aproximados foram criados a partir de um estágio em uma usina de cana -de-açúcar realizado no ano anterior ao desenvolvimento deste estudo. Em razão da empresa não disponibilizar os dados, decidiu-se por aplicar números aproximados aos cálculos. Portanto, os números aproximados, de certa forma, ilustram a realidade de perdas de AT (Teor de Açúcar Total) nesta indústria. O estágio supervisionado é componente curricular obrigatório do 9º semestre do curso de Engenharia da Produção da Unicesumar.

Estes números foram aplicados em fórmulas do Controle Estatístico de Processo (CEP) para estimar parâmetros seguros para perdas.

Os dados numéricos aproximados criados e aqueles obtidos através de fórmulas foram compilados em gráficos e tabelas.

Os cálculos foram utilizados para analisar variáveis contínuas, sendo o gráfico da média ( $\bar{X}$ ) aplicado à análise da centralidade dos dados e o gráfico da amplitude amostral (R) aplicado à análise da dispersão dos dados. Ambos os gráficos foram gerados aos moldes da Carta de Controle de *Shewhart*, em que se estabelece uma linha central para a média (linha média – LM) uma linha superior (limite superior de controle – LSC) e uma linha inferior (limite inferior de controle – LIC).

Equação:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + 3 \frac{s_0}{\sqrt{n}}$$

$$LM_{\bar{X}} = \bar{X}$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - 3 \frac{s_0}{\sqrt{n}}$$

Onde,

LSC= (Média Geral dos dados) + (3 x Desvio Padrão dos intervalos)

LM= Média dos intervalos

LIC= (Média Geral dos dados) - (3 x Desvio Padrão dos intervalos)

Os dados amostrais do processo foram inseridos em um gráfico e seu comportamento foi analisado, verificando-se o aparecimento de pontos acima ou abaixo dos limites estabelecidos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 TEOR DE AÇÚCAR TOTAL (%AT)

O Teor de Açúcar Total (%AT) é estabelecido pelo somatório de açúcares redutores (capazes de se oxidar na presença de agentes oxidantes, em soluções alcalinas) com não redutores (açúcares que precisam sofrer hidrólise da ligação

glicosídica para oxidar). A Tabela 01 mostra uma representatividade de um balanço geral comum utilizado em usinas.

| Boletim Geral de Produção  |         |               |            |            |             |                |
|----------------------------|---------|---------------|------------|------------|-------------|----------------|
| Discriminação              | Unidade | Balanço de AT |            |            |             |                |
|                            |         | Dia           | Semana     | Mês        | Safra Atual | Safra Anterior |
| AT Moído                   | ton     | 1.949,1322    | 6.178,2442 | 1.949,1322 | 30.304,4691 | 19.729,2893    |
| AT Recuperado              | ton     | 1.679,5769    | 5.360,0474 | 1.679,5769 | 26.194,8242 | 16.781,3993    |
| Aproveit%Cana              | %       | 86,1705       | 86,7568    | 86,1705    | 86,4388     | 85,0583        |
| AT Perdido Bagaço          | ton     | 69,5159       | 224,6243   | 69,5159    | 1.113,0211  | 707,0960       |
| Perda%Cana                 | %       | 3,5665        | 3,6357     | 3,5665     | 3,6728      | 3,5840         |
| Perda AT Água de Lavagem   | %       | 0,0000        | 0,0030     | 0,0000     | 0,0015      | 0,1207         |
| Perda AT Águas Industriais | %       | 0,1384        | 0,1474     | 0,1384     | 0,2177      | 0,6105         |
| Perda AT Torta             | %       | 0,3490        | 0,3816     | 0,3490     | 0,4036      | 0,2475         |
| Perda AT Multijato         | %       | 0,0000        | 0,0000     | 0,0000     | 0,0000      | 0,0000         |
| Perda AT Destilaria        | %       | 5,7211        | 6,7221     | 5,7211     | 8,6936      | 9,1710         |
| AT Perd. Total Determ      | ton     | 190,5277      | 672,6131   | 190,5277   | 3.935,9748  | 2.685,7482     |
| Perda Tot Determ%AT Cana   | %       | 9,7750        | 10,8868    | 9,7750     | 12,9881     | 13,6130        |
| Perda Indeterminada        | ton     | 79,0276       | 145,5837   | 79,0276    | 173,6701    | 262,1418       |
| Perda Indeterm%AT Cana     | %       | 4,0545        | 2,3564     | 4,0545     | 0,5731      | 1,3287         |
| AT Perdido Total           | ton     | 269,5553      | 818,1968   | 269,5553   | 4.109,6449  | 2.947,8900     |
| Perda Total%Cana           | %       | 13,8295       | 13,2432    | 13,8295    | 13,5612     | 14,9417        |

**Tabela 1-** Boletim geral de produção de uma usina de cana-de- açúcar

**Fonte:** O autor (2021)

Na análise dos dados da Tabela 1 verifica-se o Boletim Geral de produção constam dados sobre a quantidade produzida e o total de perdas em percentual (%). Existe um controle diário, semanal e mensal para calcular o quantitativo da perda total de cana. Para a obtenção dos dados da Tabela 1 não foi aplicado o CEP.

Na perspectiva de Oliveira e Lima (2010) o processo de produção de etanol é complexo e apresenta muitas variáveis. Neste sentido, existem dificuldades no monitoramento destas variáveis. De acordo com estes autores, o uso do CEP pode apresentar benefícios como custos baixos de implantação e ganhos na redução de variações na produção.

Ao realizar a junção dos boletins mensais entre os meses de março a outubro, aplicando-se sobre os dados obtidos o cálculo do CEP, foram determinados os limites superior e inferior da produção para cada setor, conforme se demonstra na Tabela 2.

| APLICAÇÃO DE CEP SOBRE AS ANÁLISES |         |            |            |           |             |             |             |             |             |             |              |               |               |
|------------------------------------|---------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| Sector                             | Unidade | mar        | abr        | mai       | jun         | jul         | ago         | set         | out         | Desv.Padrão | Limite Médio | Lim. Superior | Lim. Inferior |
| AT Moido                           | ton     | 1.949,1322 | 2.924,6006 | 997,4588  | 16.229,5847 | 14.214,4170 | 10.032,3367 | 25.718,6961 | 36.287,5367 | 12.479,2032 | 13.544,2204  | 50.981,8300   | -23.893,3893  |
| AT Recuperado                      | ton     | 1.679,5769 | 2.593,3143 | 902,6858  | 14.045,5182 | 12.578,0000 | 8.631,4996  | 22.508,6595 | 31.526,4236 | 10.859,0394 | 11.808,2097  | 44.385,3278   | -20.768,9083  |
| Aproveit%Caná                      | %       | 86,1705    | 88,6724    | 90,4986   | 86,5427     | 88,4876     | 86,0368     | 87,5187     | 86,8795     | 1,5339      | 87,6009      | 92,2026       | 82,9991       |
| AT Perdido Bagaço                  | ton     | 69,5159    | 102,7377   | 35,3129   | 578,7172    | 533,6206    | 388,8367    | 974,6981    | 1.359,7867  | 469,5119    | 505,4032     | 1.913,9389    | -903,1324     |
| Perda%Caná                         | %       | 3,5665     | 3,5129     | 3,5403    | 3,5658      | 3,7541      | 3,8758      | 3,7898      | 3,7473      | 0,1377      | 3,6691       | 4,0823        | 3,2558        |
| Perda AT Água de Lavagem           | %       | -          | 0,0660     | 0,0248    | -           | 0,0226      | 0,0037      | 0,0177      | 0,0061      | 0,0219      | 0,0176       | 0,0834        | 0,0482        |
| Perda AT Águas Industriais         | %       | 0,1384     | 0,7223     | 1,9550    | 0,5017      | 0,2934      | 0,3305      | 0,1494      | 0,1965      | 0,6063      | 0,5359       | 2,3548        | -1,2830       |
| Perda AT Torta                     | %       | 0,3490     | 0,2527     | 0,5188    | 0,3730      | 0,3467      | 0,3846      | 0,2977      | 0,3938      | 0,0781      | 0,3645       | 0,5987        | 0,1303        |
| Perda AT Multijato                 | %       | -          | -          | -         | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -            | -             | -             |
| Perda AT Destilaria                | %       | 5,7211     | 10,6485    | 18,7910   | 7,9929      | 8,8977      | 9,8581      | 7,2234      | 9,5068      | 3,9460      | 9,8299       | 21,6679       | -2,0081       |
| AT Perd. Total Determ              | ton     | 190,5277   | 442,9659   | 247,4207  | 2.017,8892  | 1.893,6588  | 1.449,8633  | 2.970,9209  | 5.027,3116  | 1.639,0200  | 1.780,0698   | 6.697,1299    | -3.136,9903   |
| Perda Tot Determ%AT Caná           | %       | 9,7750     | 15,1462    | 24,8051   | 12,4334     | 13,3221     | 14,4519     | 11,5516     | 13,8541     | 4,5301      | 14,4174      | 28,0078       | 0,8270        |
| Perda Indeterminada                | ton     | 79,0276    | -111,6796  | -152,6477 | 166,1773    | -257,2418   | -49,0262    | 239,1157    | -266,1985   | 189,2538    | -44,0592     | 523,7024      | -611,8207     |
| Perda Indeterm%AT Caná             | %       | 4,0545     | -3,8186    | -15,3037  | 1,0239      | -1,8097     | -0,4887     | 0,9297      | -0,7336     | 5,8383      | -2,0183      | 15,4967       | -19,5332      |
| AT Perdido Total                   | ton     | 269,5553   | 331,2863   | 94,7730   | 2.184,0665  | 1.636,4170  | 1.400,8371  | 3.210,0366  | 4.761,1131  | 1.624,1224  | 1.736,0106   | 6.608,3777    | -3.136,3565   |
| Perda Total%Caná                   | %       | 13,8295    | 11,3276    | 9,5014    | 13,4573     | 11,5124     | 13,9632     | 12,4813     | 13,1205     | 1,5339      | 12,3992      | 17,0009       | 7,7974        |

**Tabela 2-** Boletim geral de produção de uma usina de cana-de-açúcar aplicado do CEP

Fonte: O autor (2021)

Ao analisar os dados da Tabela 2 pode-se observar que com a utilização do CEP é possível demonstrar por meio de cálculo estatístico qual foi o quantitativo da produção e se este esteve no limite superior ou inferior considerando o desvio padrão que abrange a produção de um determinado período estipulado.

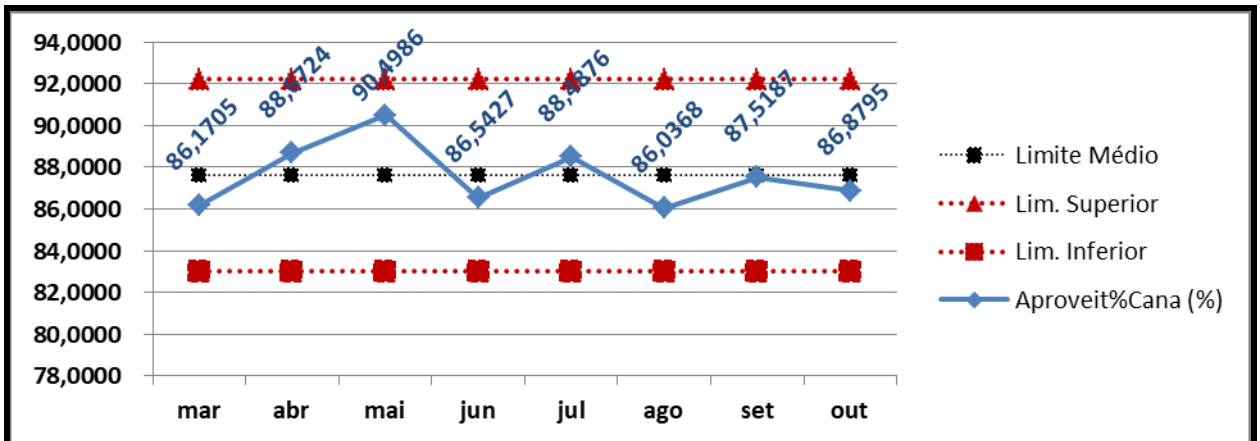
Os dados da Tabela 1 permitem uma comparação entre a produção de uma safra em relação à outra, contudo, não é possível estabelecer quais dos itens estiveram no limite superior ou inferior, portanto, há uma indeterminação na capacidade de analisar quantitativamente um resultado no processo.

Segundo Roso et al (2017) métodos estatísticos para controle de processos são vastamente usados em processos industriais com intuito de detectar problemas. Contudo, sua viabilização e eficácia estão associadas à praticidade de sua utilização.

A aplicação do CEP possibilita reduzir ao máximo essas variações, mantendo um padrão contínuo sendo possível determinar a capacidade de analisar quantitativamente os resultados no processo, promovendo o aperfeiçoamento da inspeção e da qualidade. Este método tem como base a identificação de problemas e suas causas, bem como proporcionar confiabilidade aceitável para o processo, dado que se sabe que as variações no processo é algo passível de ocorrer (JESUS; BRUNO, 2018).

### 3.2 APROVEITAMENTO DA CANA

Aproveitamento da cana é a quantidade determinada de rentabilidade que ela apresentou no processo. No Gráfico 1, mostra-se o comparativo da média mensal dos aproveitamentos, expressando também o cálculo de seus limites.



**Gráfico 1-** Comparativo da média mensal dos aproveitamentos, expressando também o cálculo de seus limites

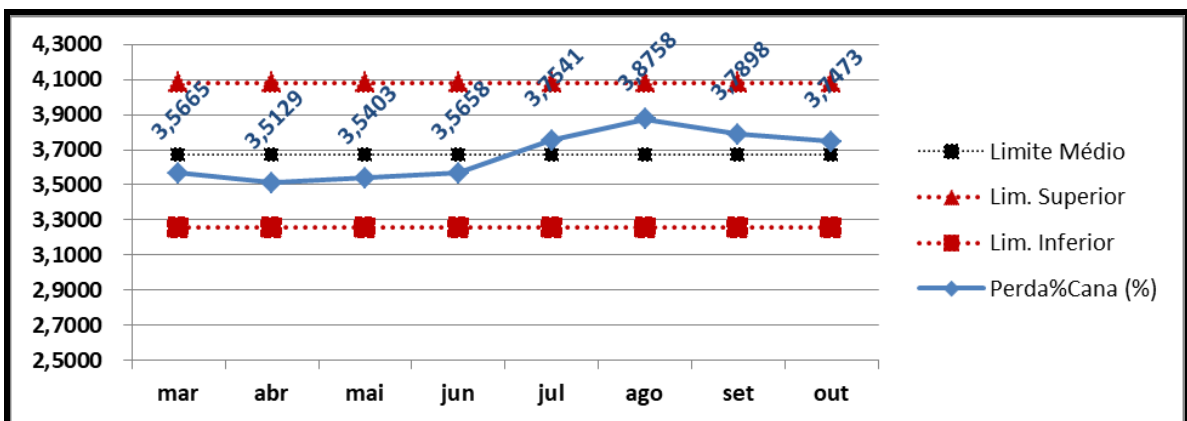
**Fonte:** O autor (2021)

Para o aproveitamento da cana o ideal é que seja sempre mais próximo a 100%. Neste caso, o acompanhamento se dá sobre o limite inferior. Onde não pode ser inferior a 82,9991%. Logo, conclui-se que não houve em nenhum mês média abaixo do limite calculado.

Os dados obtidos neste gráfico permitem verificar que com a aplicação do CEP pode-se obter excelência operacional e na qualidade, pois, caso seja identificado que o aproveitamento da cana esteve abaixo do limite calculado, pode-se tomar decisões para adequar o processo produtivo.

### 3.3. PERDA DA CANA

Perda da cana é a quantidade determinada ela deixou de ser rentável no processo, ou seja, é o oposto do aproveitamento da cana. No Gráfico 2, demonstre-se o comparativo da média mensal das perdas, calculando também seus limites.



**Gráfico 2-** Comparativo da média mensal das perdas de cana

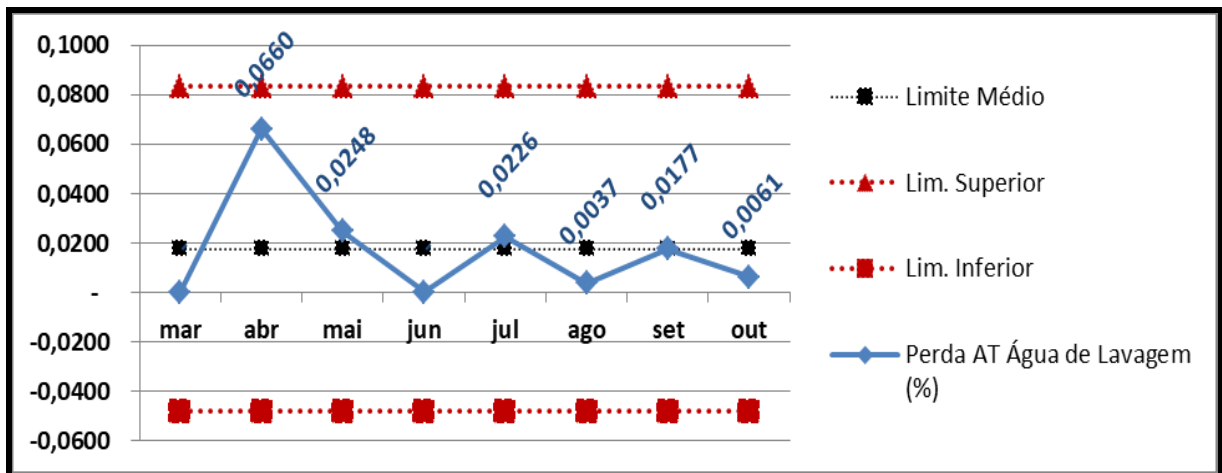
**Fonte:** O autor (2021)

Para as perdas da cana o ideal é que seja sempre mais próximo a 0%. Neste caso o acompanhamento se dá sobre o limite superior. Onde não pode ser superior a 4,0823%. Logo, conclui-se que não houve em nenhum mês média acima do limite calculado.

Conforme se observar a implantação do CEP em indústrias do setor sucroalcooleiro permite monitorar a perda de cana no processo produtivo garantindo a prevenção de variações que causem prejuízo ao processo produtivo e garantir qualidade do produto final (LEITE, 2019).

### 3.4 PERDA DE AT NA AGUA DE LAVAGEM

Durante a lavagem da cana também é determinada a perda de AT na água durante o processo. No Gráfico 3 mostra-se o comparativo da média mensal das perdas durante as lavagens calculado também seus limites.



**Gráfico 3-** Comparativo da média mensal das perdas durante as lavagens

Fonte: O autor (2021)

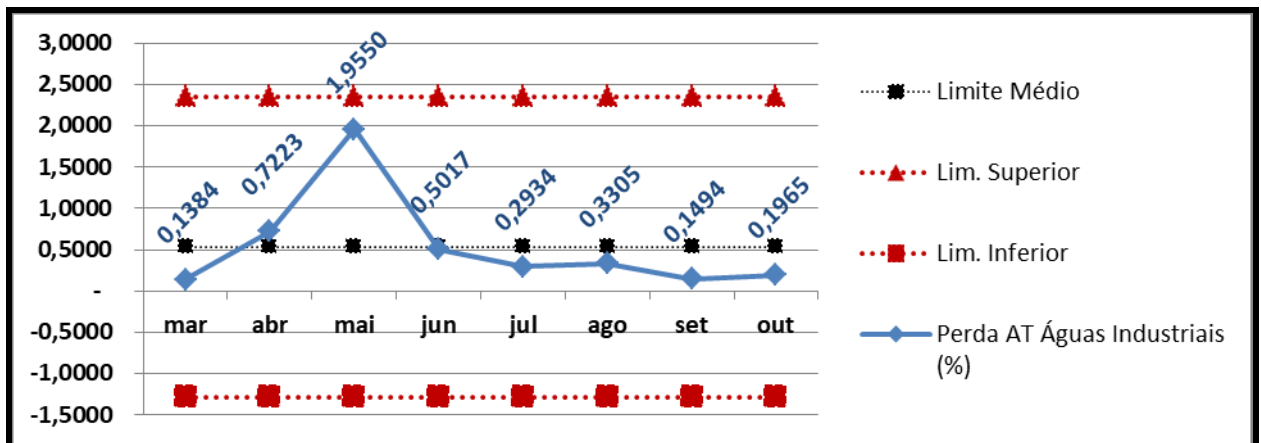
O ideal é que seja sempre mais próximo a 0%. Neste caso o acompanhamento se dá sobre o limite superior. Onde não pode ser superior a 0,0834%. Logo, conclui-se que não houve em nenhum mês média acima do limite calculado, porém, deve-se à atenção em abril onde houve um aumento significativo. O qual deve ser investigado e acompanhado no dia a dia.

Com a aplicação do CEP pode-se introduzir a gestão do controle de qualidade no processo produtivo em usinas de cana-de-açúcar, sendo uma ferramenta que permite que a produção seja realizada com redução de tempo, acompanhamento e

interpretação dados essenciais na tomada de decisão eficiente (FEROLDI et al, 2014).

### 3.5 PERDA DE AT NA ÁGUA INDUSTRIAL

Além das perdas de AT na água de lavagem também há perdas determinadas de AT nas águas utilizadas durante o processo. No Gráfico 4 mostra-se o comparativo da média mensal das perdas durante o uso da água, calculando também seus limites. O ideal é que seja sempre mais próximo a 0%. Neste caso o acompanhamento se dá sobre o limite superior. Onde não pode ser superior a 2,3548%. Logo, conclui-se que não houve em nenhum mês média acima do limite calculado, porém, deve-se à atenção em maio, onde houve um aumento significativo. O qual deve ser investigado e acompanhado no dia a dia.



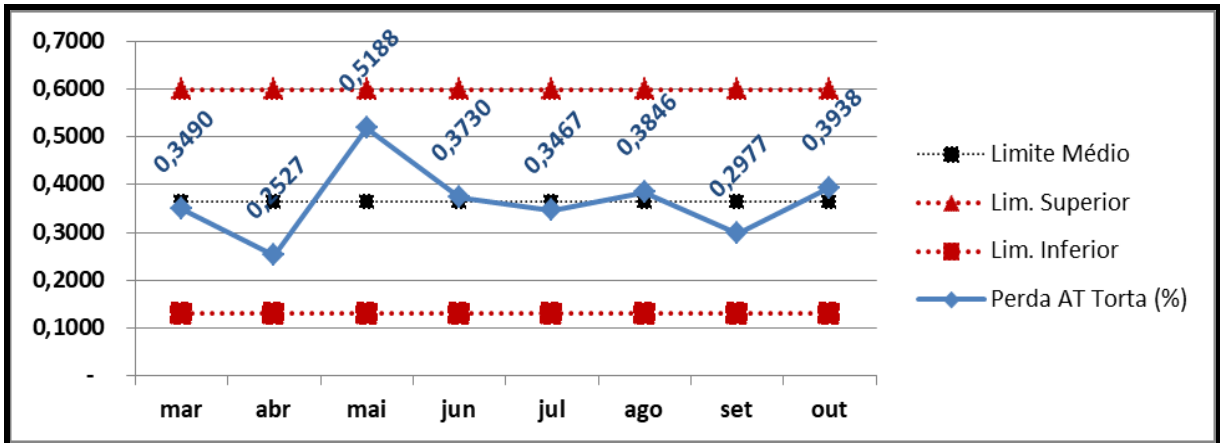
**Gráfico 4-** Comparativo da média mensal das perdas durante o uso da água

Fonte: O autor (2021)

### 3.6 PERDA DE AT NA TORTA

A TORTA é um resíduo extraído nos filtros do caldo durante o processo. Apesar de ser rica em nutrientes e usada para adubação, ela apresenta perdas determinadas de AT. No Gráfico 5 mostra-se o comparativo da média mensal das perdas durante a filtragem, calculando também seus limites. O ideal é que seja sempre mais próximo a 0%. Neste caso o acompanhamento se dá sobre o limite superior. Onde não pode ser superior a 0,5987%. Logo, conclui-se que não houve em nenhum mês média acima do limite calculado, porém, deve-se à atenção em

maio, onde houve um aumento significativo. O qual deve ser investigado e acompanhado no dia a dia.

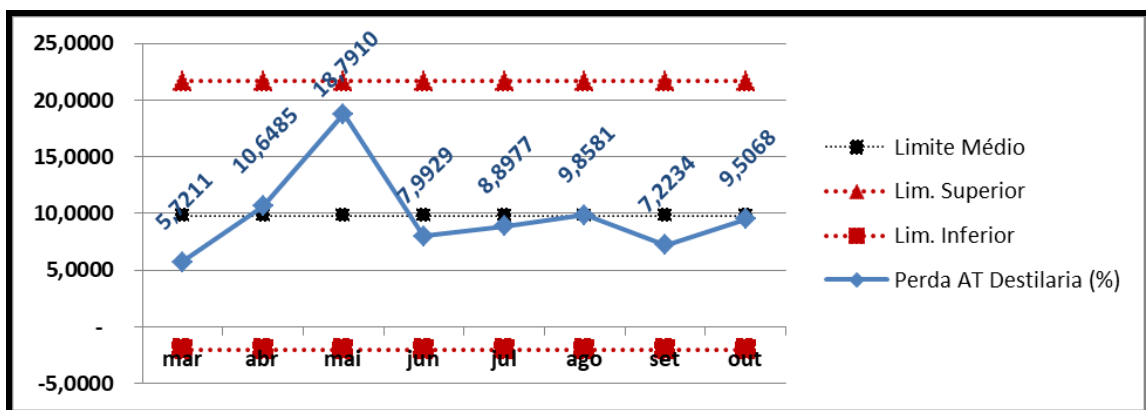


**Gráfico 5-** Comparativo da média mensal das perdas durante a filtragem

Fonte: O autor (2021)

### 3.7 PERDA DE AT NA DESTILARIA

Após a fermentação do melão, o mesmo passa para o processo de destilação, gerando no final desse processo 96% de etanol e 4% de água. Por conta do alto teor de AT é nesse processo onde se há maior perda dentre todos os processos. Neste caso, o acompanhamento se dá sobre o limite superior. Onde não pode ser superior a 21,6679%. Analisando o Gráfico 7, conclui-se que não houve em nenhum mês média acima do limite calculado, porém, deve-se à atenção em maio, onde houve um aumento significativo. O qual deve ser investigado e acompanhado no dia a dia.



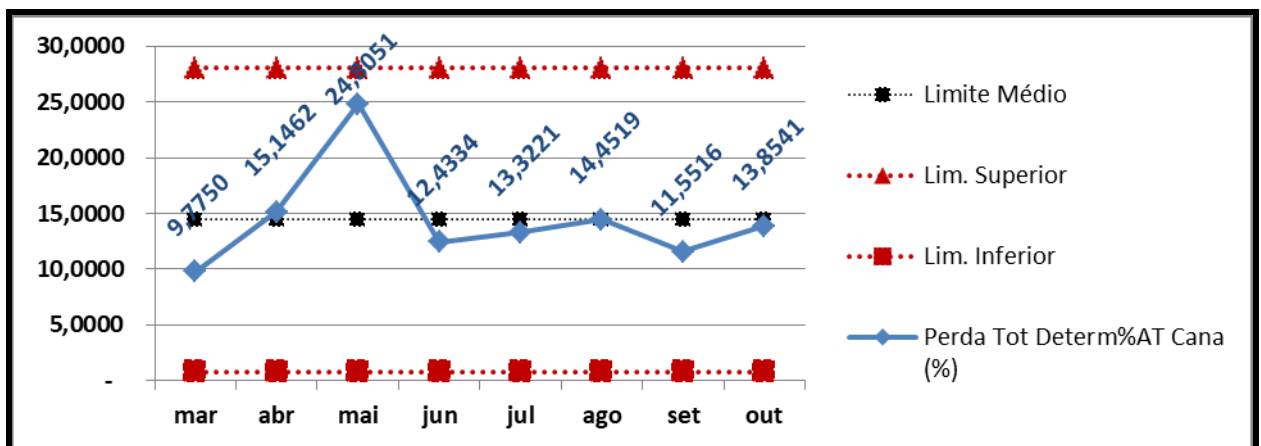
**Gráfico 7-** Perda de AT na destilaria

Fonte: O autor (2021)



### 3.8 PERDA TOTAL DETERMINADA DE AT

A perda total determinada de AT é a soma total de todas as perdas foram determinadas nas análises quantitativas realizadas em todo o processo. Por meio da aplicação do Controle Estatístico de Processo (CEP) foi determinado que o limite máximo de perda geral foi de 28,0078% (Gráfico 8).



**Gráfico 8-** perda total determinada de AT

Fonte: O autor (2021).

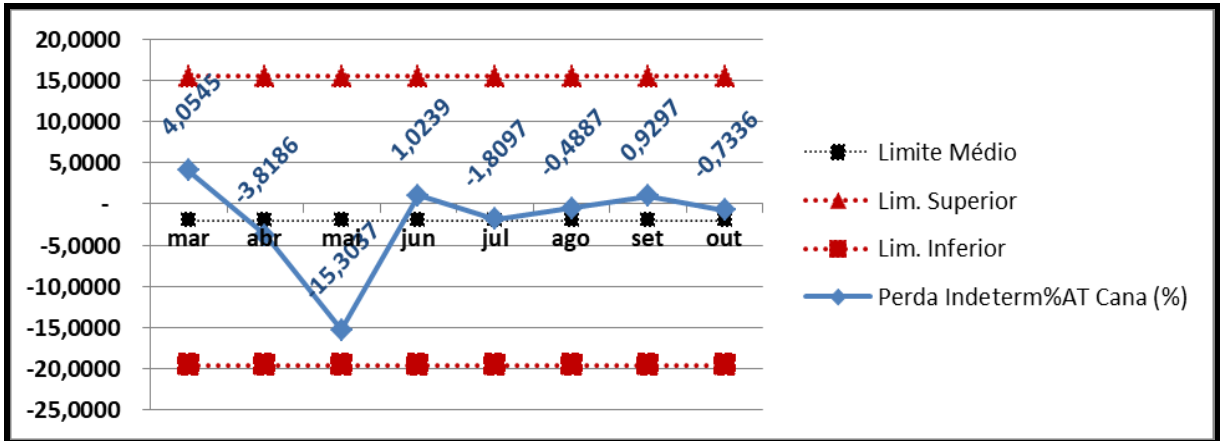
Analisando o gráfico acima, conclui-se que não houve em nenhum mês, média acima do limite calculado, porém, deve-se à atenção em maio, onde houve um aumento significativo. O qual deve ser investigado e acompanhado no dia a dia.

Os dados analisados neste gráfico permitem demonstrar e os princípios do controle estatístico de qualidade podem ser amplamente aplicados no processo de produção de etanol, dado que que fornecem dados para o monitoramento permanente dos processos. Possibilitam detectar a presença de perturbações no processo e suas causas servindo também como base para a tomada de decisões (SAGAWA; YAMADA, 2013).

### 3.9 PERDA TOTAL INDETERMINADA DE AT

A perda total indeterminada de AT é a soma total de todas as perdas indeterminadas nas análises quantitativas realizadas em todo o processo, ou seja, não foi possível levantar a quantidade e setor da perda. Através do Controle

Estatístico de Processo (CEP) foi determinado que o limite máximo de perda geral foi de 15,4967% (Gráfico 9).



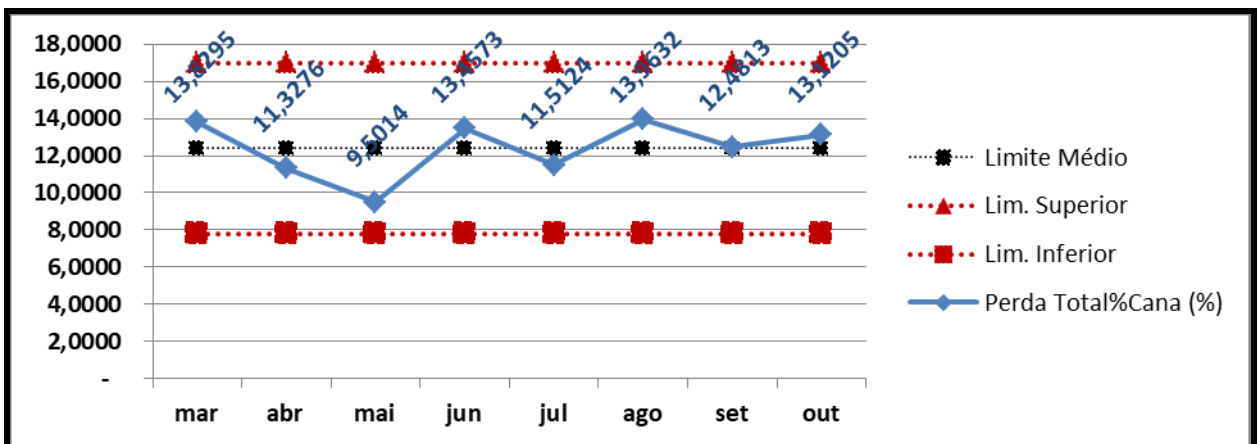
**Gráfico 9-** Perda total indeterminada de AT

Fonte: O autor (2021).

Analisando o Gráfico 9 conclui-se que não houve em nenhum mês média acima do limite calculado, porém, deve-se à atenção em maio, onde houve um aumento significativo. O qual deve ser investigado e acompanhado no dia a dia.

### 3.10 PERDA TOTAL DE CANA

A perda total de cana é a soma total de todas as perdas determinadas e indeterminadas em todo o processo. Através do Controle Estatístico de Processo (CEP) foi determinado que o limite máximo de perda de todo o processo foi de 17,0009% (Gráfico 10).



**Gráfico 10-** Perda total de cana

Fonte: O autor (2021).

Analisando o Gráfico 10, conclui-se que não houve em nenhum mês média acima do limite calculado mostrando que o processo está dentro das médias calculadas.

#### 4 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo demonstrou os benefícios da implementação de limites superiores e inferiores em dados de produção e *dashboard* no setor sucroalcooleiro.

Com a realização deste estudo constatou-se que a aplicação da ferramenta Controle Estatístico de Processo (CEP) em usinas de cana-de-açúcar permite monitorar o processo produtivo estabelecendo quais dos itens estiveram no limite superior ou inferior e determinar a capacidade de analisar quantitativamente um resultado no processo.

Assim, foi demonstrado que em usinas de fabricação de etanol deve-se conhecer o limite superior ou inferior da produção por meio do controle estatístico o a fim de obter o monitoramento do processo e a partir disto identificar oportunidades de melhorias, pois, permite verificar quais parâmetros estão saindo fora dos limites. Permite também identificar aqueles pontos que apresentam tendência a sair fora dos limites e aplicar a eles um tratamento com ferramenta mais adequada.

O presente estudo sugere que novas pesquisas sejam realizadas neste campo do conhecimento com intuito de promover discussões sobre possíveis melhorias e otimização nos processos produtivos em usina de cana- de- açúcar tendo em vista a minimização da variabilidade proporcionando melhores resultados em toda cadeia produtiva.

#### REFERÊNCIAS

ALVES, R.; PAULISTA, P. H. **Ferramentas da qualidade**: revisão bibliográfica e análise bibliométrica. IV Congresso brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2014.

CARNEIRO, Eduardo Mazini. A Importância da Gestão da Qualidade e de Suas Ferramentas na Atuação da Engenharia de Produção: Uma Revisão Bibliográfica. **Anais...** CONBREPO.X Congresso brasileiro de Engenharia da Produção. 02 a 04 de dezembro de 2020.

CIVARDI, Lucas Tronco. **Método de implementação do controle estatístico do processo (CEP): um estudo de caso em uma indústria alimentícia do Vale do Taquari/RS sob a ótica da metodologia DMAIC Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção)** 142 f. Universidade do Vale do Taquari –UNIVATES.Lajeado –SC, 2017.

FEROLDI, Michael et al. Gestão e Controle de Qualidade da Produção de Bioetanol. **Revista Monografias Ambientais - REMOA** v.14, n.3, mai-ago., p.3377-3387, 2014.

FUJIMOTO, Daniele Yoko. **A importância das ferramentas da qualidade nas indústrias.** Monografia. 51 f. Universidade Candido Mendes. Rio de Janeiro, 2017.

GOBIS, M. A.; CAMPANATTI, R. Os benefícios da aplicação de ferramentas de gestão de Qualidade dentro das indústrias do setor alimentício. **Revista Hórus.** v. 6, n. 1, (Jan-Mar), 2012.

GONÇALVES, Thiago Victor Araújo. **Controle estatístico do processo de usinagem de peças automotivas: um estudo de caso em uma empresa do centro oeste de Minas Gerais.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) 53 f. Centro Universitário de Formiga (Uniflor-MG) Formiga – MG 2010.

GOBIS, Marcelo Aparecido; CAMPANATTI, Reynaldo. OS benefícios da aplicação de ferramentas de gestão de qualidade dentro das indústrias do setor alimentício. **Revista Hórus**, volume 6, número 1 (Jan-Mar), 2012.

JESUS, Guilherme Augusto; BRUNO, Danver Messias. Melhoria de tempo na expedição de etanol em uma usina sucroalcooleira. **Anais...** Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, 22 a 24 de novembro de 2018.

LEITE, Lorena Marcele de Faria. **Implantação do controle estatístico no processo de caleação da fabricação de açúcar.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) 86 f. Universidade de Uberaba. Uberaba-MG, 2019.

LOPES, M. B.; GALDAMEZ, E. V. C. **Estruturação de um Sistema de Gestão da Qualidade para uma Empresa do Setor Metal Mecânico. Simpósio Maringaense de Engenharia de Produção (SIMEPRO).** Maringá, 2013.

OLIVEIRA, Claudilaine Caldas de et al. Utilização do controle estatístico do processo (CEP) para monitoramento da graduação alcoólica (°inpm) na produção de álcool. **Anais...** XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção- Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos-SP, 2010.

OLIVEIRA, Tiago Soares de; LIMA, Rafael Henrique Palma. Aplicação do controle estatístico de processo na mensuração da variabilidade em uma usina de etanol. **Anais...** XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção- Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos-SP, 2010.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

ROSO, Vinícius Rückert et al. Monitoramento do processo de destilação de etanol utilizando gráfico de controle. **Revista GEINTEC**. Aracaju/SE, vol.7, n.2, p.3774-3784, abr./maio/jun – 2017.

SAGAWA, Juliana Keiko; YAMADA, Ricardo Inoue. The application of statistical quality control tools to monitoring ethanol process production. **Anais...** XXXIII Encontro Nacional De Engenharia de Produção A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro de 2013.

SALGADO, Camila Cristina Rodrigues et al. Gestão por processos e ferramentas da qualidade: o caso da coordenação de um curso de graduação. **Tekhne e Logos**, Botucatu, SP, v.4, n.1, Abril, 2013.

SANTOS, Ana Gabriela Prais dos; TEIXEIRA, Tatiane. Utilização das ferramentas da qualidade na indústria: um estudo bibliométrico. **Anais...X CONBREPO-** Congresso nacional de engenharia da produção [online], 2020. Disponível em: [https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/10012020\\_201029\\_5f7665693c db4.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/10012020_201029_5f7665693c db4.pdf)Acesso em 12 de setembro de 2021.

TOLEDO, José Carlos de et al. Success factors in the implementation of statistical process control: action research in a chemical plant. **Production**, 27, 2017.

TORRES, Luma Stefania. **Controle estatístico de processo aplicado ao monitoramento de perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista.Jaboticabal-SP,2014.