



ESTUDO DE CASO SOBRE USO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO COMO FERRAMENTA PARA A MINIMIZAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL EM UMA EMPRESA DE BEBIDAS

Ana Paula Garrido de Queiroga¹

Maurício Bonatto Machado de Castilhos²

Políticas públicas, Legislação e Meio Ambiente

Resumo

A indústria de alimentos e bebidas tem crescido nos últimos anos, bem como as normas e regulamentações de órgãos governamentais acerca da fabricação de seus produtos. Algumas empresas utilizam a ferramenta do Controle Estatístico de Processo (CEP) para minimização de perdas e retrabalho, priorizando o lucro. Estudos que utilizam esta ferramenta como direcionadora do controle de geração de resíduos com viés ambiental são escassos e, neste contexto, faz-se necessário o estudo do uso do CEP como forma de minimizar o impacto ambiental gerado por empresas. O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência e a eficácia da aplicação de ferramentas do CEP para controlar e minimizar o descarte de resíduos de Polietileno Tereftalato (PET) no processo de produção em uma empresa de bebidas. Foram analisados dados pré, durante e pós-intervenção do CEP, a fim de elaborar o diagrama de causa e efeito e as cartas controle para avaliar a linha de produção. Os resultados obtidos com as análises do CEP demonstraram a redução de resíduos sólidos gerados pela indústria, afirmando assim que o uso de tal ferramenta pode nortear o controle de resíduos sólidos em indústrias de bebidas, podendo gerar impacto positivo na qualidade do meio e de todo ecossistema que o cerca. Em termos de gestão, o monitoramento e análise estatística reduziu a variação da geração de resíduos, além disso, permitiu à empresa visualizar a importância do uso de um sistema de controle de processo que permite a oportunidade de melhorar a consciência da qualidade em aspectos dos processos.

Palavras-chave: Meio ambiente; Tratamento de resíduos; Produção industrial; Controle Estatístico de Processos

¹ Mestra em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal – anaproj.eng@gmail.com.

² Professor Doutor. Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, mauricio.castilhos@uemg.br.



INTRODUÇÃO

No Brasil, as empresas seguem critérios e definições da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), bem como da Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) que trata sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Em se tratando do controle de resíduos descartados por indústrias, é importante salientar a grande produção de alimentos e bebidas e o descarte de material do processo produtivo no meio ambiente, tendo em vista que durante todo o processo de fabricação, são gerados resíduos, desde a extração da matéria-prima que será utilizada até a embalagem. Neste trabalho serão analisadas as etapas de fabricação das linhas de sopro e envase em uma empresa de bebidas, visando o emprego da ferramenta do Controle Estatístico de Processo (CEP) para melhoria e controle de qualidade de produtos e serviços. Com sua utilização é possível monitorar atividades da manufatura, possibilitando a diminuição ou mitigação de não conformidades no processo.

As saídas que apresentam não conformidade quando resultam em descarte, geram prejuízo financeiro (custos com mão de obra, máquinas, matéria-prima, insumos, entre outros) e ambiental (resíduos descartados). A utilização de uma ferramenta como o CEP contribui para a minimização da incidência de não conformidades, pois contribui diretamente com a diminuição da geração de resíduos, seja pela liberação da matéria-prima na dimensão correta e/ou pela fabricação correta do produto em todas suas etapas.

As variações são inerentes em processos produtivos, tendo em vista que com a utilização do CEP é possível realizar medições durante e não somente no final do processo. A manufatura de produtos passa por processos diferenciados de fabricação e isso aumenta a probabilidade de tipos diferentes de variações, que, quando demonstrados no Diagrama de Causa e Efeito, conhecido também como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha de Peixe, é possível analisar quais causas poderiam ser relacionadas ao problema ou efeito detectado.

As ferramentas do CEP utilizadas neste trabalho trarão luz a novas aplicações e demonstrarão que é possível aplicar tais ferramentas como contribuintes para a diminuição do impacto ambiental gerado pelas indústrias, neste caso, mais especificamente, na

indústria de bebidas.

O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência e a eficácia da aplicação de ferramentas do CEP para controlar e minimizar o descarte de resíduos de Polietileno Tereftalato (PET) no processo de produção em uma empresa de bebidas.

METODOLOGIA

A linha de produção tratada nesse trabalho foi definida em comum acordo entre os pesquisadores e a empresa, considerando além da aplicabilidade das ferramentas escolhidas a necessidade da organização e o volume de resíduo gerado. Dentre as possibilidades, foi definida que a linha de Sopro seria a mais indicada. A linha do Sopro é composta por três máquinas diferentes, a identificação ocorre pelo processo e modelo, que são respectivamente: Sopradora SBO6, Sopradora SBO10UN e Sopradora SBO10-2, sendo esta última a escolhida para análise. O Sopro é responsável pela produção de garrafas poliméricas utilizadas em alguns dos produtos da empresa e o Controle Estatístico do Processo foi utilizado como principal ferramenta para análise de causas na geração de resíduos da organização.

De acordo com o conceito do CEP, a primeira etapa realizada foi o uso do mapeamento do processo para montar o Diagrama de Causa e Efeito e assim observar as possíveis causas para o efeito observado. Como observamos que o efeito é a geração de resíduos na linha, foram listadas as possíveis causas deste efeito. A fim de auxiliar a montagem do Diagrama foi utilizada a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) disponibilizado pela empresa, que detecta causas especiais nos pontos críticos do controle.

Após a realização do Diagrama de Causa e Efeito foi realizada a análise pelo Método da Carta de Controle. Neste momento foram analisadas as variações do processo, visando verificar se são decorrentes de causas comuns e assim, com pouca significância ou se são decorrentes de causas especiais, neste caso de alta significância.



A carta de controle tem como função fornecer informações que, segundo Siqueira (1997) são:

- “1º) Para melhoria da qualidade;
- 2º) Sobre a capacidade do processo;
- 3º) Para tomada de decisões relativas às especificações do produto;
- 4º) Para tomada de decisões sobre o processo de produção;
- 5º) Para tomada de decisão sobre peças recém-produzidas.” (SIQUEIRA, 1997, p. 10-11)

A coleta de dados foi organizada em pré-intervenção, durante intervenção e pós-intervenção do CEP e a elaboração dos gráficos de controle foram realizados com uso do software estatístico Minitab 18® (Minitab Inc.). Vale ressaltar que os dados de produção de garrafas PET não apresentaram forte correlação com o número de garrafas refugadas, justificando o uso dos dados absolutos de produção, sem necessidade de uso de dados relativos (percentuais).

Após a escolha das linhas contempladas pelo trabalho, foi realizado levantamento de dados e informações pertinentes às linhas. Foi elaborado o Diagrama de Causa e Efeito (informações qualitativas) tendo como base a análise realizada. Os dados foram organizados em planilhas, contendo a quantidade de resíduos gerados de julho de 2019 a dezembro de 2019. Tais dados foram responsáveis pelo estudo do comportamento da máquina de sopro e dos diferentes volumes de resíduos gerados antes de ocorrer a intervenção do CEP.

A classificação foi separada por garrafas, foram considerados os meses de julho a dezembro, que são responsáveis pelos 7 pontos na carta de controle, os quais foram divididos em subgrupos racionais de semelhante número de dias. Em cada um destes subgrupos racionais, os dados de resíduos gerados foram tabulados e plotados na carta de controle do tipo $\bar{x} - s$, posteriormente analisados.

Com o acompanhamento da produção e discussão de resultados obtidos com a equipe da empresa foram realizadas novas análises de causas com o Diagrama de Causa e Efeito (informações qualitativas). Os dados foram organizados e resultaram em planilhas com resíduos gerados de janeiro de 2020 a novembro de 2020. Esses dados são responsáveis

pelo estudo do comportamento da máquina de sopro e dos diferentes volumes de resíduos gerados durante a intervenção do CEP. A intervenção foi executada considerando a troca de informações durante visitas com detalhamento das possíveis melhorias. Os resultados finais do acompanhamento do processo foram apresentados para a empresa em novembro de 2020.

No grupo durante intervenção, os meses de janeiro a novembro, que são responsáveis pelos 11 pontos na carta de controle, foram divididos em subgrupos racionais de semelhante número de dias. Em cada um destes subgrupos racionais, os dados de resíduos gerados foram tabulados e plotados na carta de controle $\bar{x} - s$, e posteriormente analisados.

Após aceitação das considerações resultantes das análises pela empresa, os dados quantitativos foram filtrados e resultaram em planilhas com resíduos gerados de dezembro de 2020 a abril de 2021. Esses dados são responsáveis pelo estudo do comportamento da máquina de sopro e dos diferentes volumes de resíduos gerados após a intervenção do CEP. Neste grupo, os meses de dezembro de 2020 a abril de 2021, que são responsáveis pelos 5 pontos na carta de controle, foram divididos em subgrupos racionais de semelhante número de dias. Em cada um destes subgrupos racionais, os dados de resíduos gerados foram tabulados e plotados na carta de controle $\bar{x} - s$, e posteriormente analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi apresentado o relatório e discutido com a empresa que demonstrou em seu conteúdo o detalhamento das sugestões para intervenção, diante do exposto, as informações foram analisadas e as sugestões elencadas como intervenções, todas vistas como promissoras. Foram sugeridas medidas relacionadas à Manutenção Preditiva (recuperação ou substituição de um item com finalidade de previsão da falha), foi dada atenção imediata, a empresa possui procedimentos rígidos que podem estar falhando, manutenções preditivas já estão previstas em procedimentos e podem minimizar falhas. Foi sugerido que a empresa realizasse um treinamento inicial sobre a máquina e que sejam mantidos treinamentos



periódicos com os colaboradores, a fim de minimizar os erros de procedimentos que ocasionam paradas na planta da fábrica.

Com relação a alguns parâmetros de máquina apontados como possíveis causas, foi apresentado um documento para que os colaboradores pudessem registrar parâmetros da linha Sopro, esses parâmetros poderiam apoiar o rastreamento de não conformidades comuns e minimizar os resíduos gerados em razão de ocorrências semelhantes.

Analisando as medidas da sopradora SBO10-2, observou-se que a média das médias amostrais antes da intervenção foi igual a 1.435 refugos e o desvio padrão médio igual a 330 unidades refugadas (Figura 01). Em geral, o desvio padrão das amostras apresentou controle, sendo que os pontos se apresentaram próximos ao desvio padrão médio. Entretanto, ao analisar a média, foi possível observar um ponto fora de controle, acima do limite superior, na última amostra. Além disso, observou-se uma tendência de crescimento das medidas de refugo, indicando que com o passar do tempo os valores das amostras coletadas aumentaram, resultando no processo fora do controle ao final do estudo. Outro comportamento indesejável observado na carta de controle da etapa de pré-intervenção foi o comportamento cíclico das médias dos subgrupos racionais, aumentos seguidos de reduções de forma cíclica, evidenciando a presença de causas especiais que deveriam ser minimizadas.

Quando os valores obtidos durante a intervenção foram analisados, notou-se que a média das médias amostrais foi igual a 1.647 refugos e o desvio padrão médio igual a 496 unidades (Figura 02). Assim como no primeiro período, o desvio padrão das amostras se manteve dentro dos limites de controle, enquanto ao analisar a média das médias também houve um ponto fora de controle na última amostra. Houve uma tendência de aumento do desvio padrão ao longo do tempo, com um pico na sétima amostra, e tendência de aumento na média a partir da oitava amostra. Além disso, foi possível observar uma sequência de valores abaixo da média, seguido de valores acima da média nas primeiras amostras. Nesta etapa foi possível observar comportamento típico da existência de causas especiais, como a presença de 4 pontos seguidos abaixo da linha de tendência central, seguidos de 3 pontos seguidos acima da linha da média central.

Finalmente, ao analisar os resultados depois da intervenção, a média das médias foi

igual a 1.192 unidades refugadas, com desvio padrão médio de 389 unidades (Figura 03). Nesse período, tanto a média das médias quanto o desvio padrão apresentaram controle, com valores bem próximos às médias (exceto para a média da primeira amostra e desvio padrão da última). Ao comparar os períodos de avaliação, houve aumento de refugo entre antes e durante a intervenção e queda após a intervenção. Para essa máquina, a média das médias de unidades refugadas após a intervenção apresentou os menores valores do período em estudo, com desvio padrão médio intermediário. O comportamento dos dados da carta de controle mostraram dados médios aleatórios, sem a presença de tendenciamentos, pressupondo a existência de causas comuns (ruídos de fundo) e minimização e controle das causas especiais. Nesta etapa, o processo se encontrou em controle estatístico.

As cartas de controle dos períodos pré-intervenção, durante e pós-intervenção podem ser analisados nas Figuras 01 a 03.

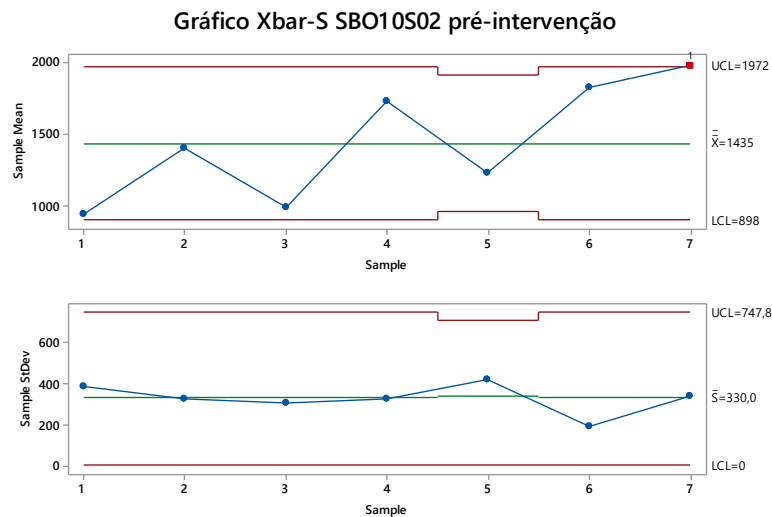


Figura 01. Gráfico Xbar-S com dados pré-intervenção.



Gráfico Xbar-S SBO10S02 durante intervenção

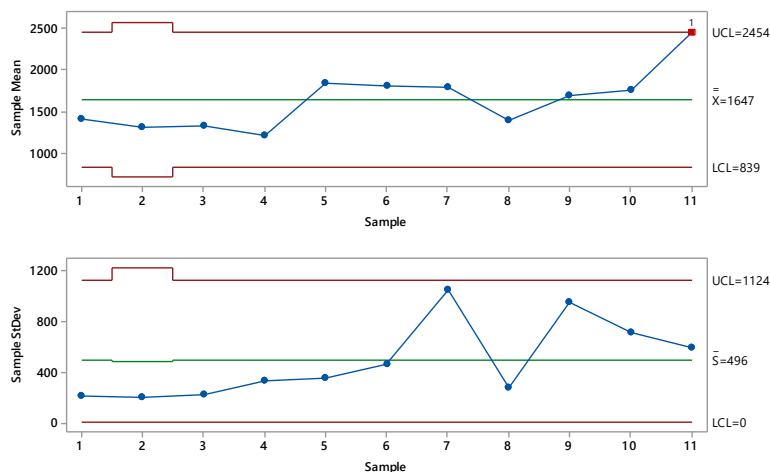


Figura 02. Gráfico Xbar-S com dados durante intervenção.

Gráfico Xbar-S SBO10S02 pós-intervenção

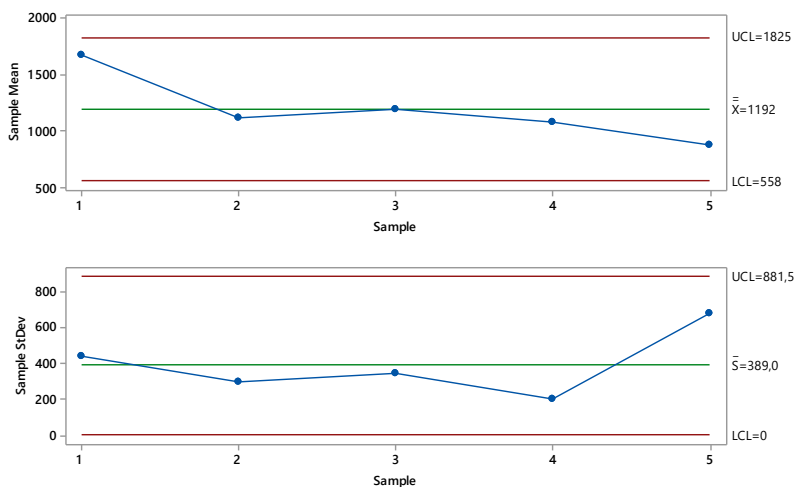


Figura 03. Gráfico Xbar-S com dados pós-intervenção.

Abteu (2017) descreve os benefícios da implementação do CEP em empresa analisada em estudo de caso específico, sendo eles: conscientização geral da qualidade entre os colaboradores, melhora dos conceitos de qualidade com o treinamento em CEP, melhor compreensão de processos e a análise dos processos usando métodos estatísticos tornou os

colaboradores parte do processo de melhoria da qualidade. Após a implementação dos gráficos de controle para os parâmetros críticos selecionados e da análise de dados de três meses foi possível evidenciar que a implementação de CEP reduziu a taxa média de alteração para as características de qualidade (não conformidades) de 9,14 % para 6,4 %.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante o exposto, vale afirmar que foi possível demonstrar que a utilização do CEP contribuiu para a redução dos resíduos sólidos de PET gerados pela empresa de bebidas analisada durante o período de estudo, conseqüentemente acredita-se que novas análises devem ser realizadas ao longo dos próximos anos para que este processo se torne parte do cotidiano da empresa. Com este estudo foi possível demonstrar que o uso de ferramentas CEP como o Diagrama de Causa e Efeito e as Cartas de controle foram satisfatoriamente competentes na redução de resíduos industriais de PET, objetivo principal deste projeto.

Em termos de gestão, o monitoramento e análise estatística reduziu a variação da geração de resíduos, além disso, permitiu à empresa visualizar a importância do uso de um sistema de controle de processo que permite a oportunidade de melhorar a consciência da qualidade em aspectos dos processos, em vez de se concentrar apenas na qualidade do produto.

REFERÊNCIAS

ABTEW, M. A.; Kropi, S.; Hong, Y.; PU, L. Implementation of Statistical Process Control (SPC) in the Sewing Section of Garment Industry for Quality Improvement. **AUTEX Research Journal**, [s.l.], v. 18, n. 2, pp.160-172. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 2 ago. 2010.

SIQUEIRA, L. G. P. **Controle Estatístico do Processo**. Biblioteca Pioneira, 1997.