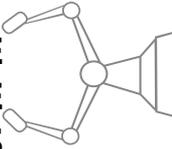


CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO SETOR DE TERMOFORMAGEM DE UMA INDÚSTRIA DE COPOS PLÁSTICOS DESCARTÁVEIS



Gabriel Preuss Luz

Universidade Federal de Santa Catarina
gabrielpreuss@gmail.com

Guilherme Luz Tortorella

Universidade Federal de Santa Catarina
gtortorella@bol.com.br

Recebido em: 14/11/2019

Aceito em: 02/03/2020

Resumo: O presente artigo apresenta a análise de um processo de termoformagem para a adoção de práticas de controle estatístico do processo (CEP). Tal análise contou com a utilização de ferramentas como a análise de variância (ANOVA) e gráficos de controle do processo, bem como a determinação de índices de capacidade do processo C_p e C_{pk} . As análises de dados foram realizadas através do software Minitab 17, que permite uma ágil mecanização de cálculos envolvidos em uma abordagem estatística. O desenvolvimento desse artigo conta com uma rápida apresentação das técnicas e métodos utilizados para implementação desse projeto no setor de interesse. A ideia de desenvolvimento do CEP partiu da constatação de problemas relacionados com a qualidade dos copos plásticos descartáveis fabricados. Principalmente, ligados à espessura da parede lateral do produto, sendo frequentes as reclamações dos consumidores.

Palavras-chave: Termoformagem; Copos plásticos descartáveis; Controle estatístico do processo (CEP).

Abstract: *This paper presents the analysis of a thermoforming process aiming at the adoption of Statistical Process Control (SPC) practices. Such analysis included the use of tools such as analysis of variance (ANOVA) and process control graphs, as well as the determination of process capacity indices C_p and C_{pk} . Data analysis was performed using the Minitab17 software, which allows an agile mechanization of calculations involved in a statistical approach. The development of this article provides a brief presentation of the techniques and methods used to implement this project in the industrial department analysed. The idea of development of the SPC came from problems related to the quality of manufactured disposable plastic cups.*

Keywords: *Thermoforming; Disposable plastic cups; Statistical Process Control (SPC).*

Resumen: *Este artículo presenta el análisis de un proceso de termoformado para la adopción de prácticas de control estadístico de procesos (CEP). Dicho análisis incluyó el uso de herramientas como el análisis de varianza (ANOVA) y los gráficos de control de procesos, así como la determinación de los índices de capacidad del proceso C_p y C_{pk} . El*

análisis de datos se realizó utilizando el software Minitab 17, que permite una mecanización ágil de los cálculos involucrados en un enfoque estadístico. El desarrollo de este artículo tiene una breve presentación de las técnicas y métodos utilizados para implementar este proyecto en el sector de interés. La idea del desarrollo del CEP surgió al encontrar problemas relacionados con la calidad de los vasos de plástico desechables fabricados. Principalmente, vinculado al grosor de la pared lateral del producto, siendo frecuentes las quejas de los consumidores.

Palabras clave: Termoformado; Vasos de plástico desechables; Control Estadístico de Procesos (CEP).

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento desse artigo trata da falta de um controle de processos efetivo no setor de Termoformagem de uma indústria de copos plásticos estudada. A empresa está localizada no estado de Santa Catarina, mais especificamente na região sul do estado. Tendo em vista, tratar-se de uma indústria ainda pouco afeita às principais práticas de Controle de Qualidade em seus produtos faz-se necessário a realização de um estudo que permita à empresa a adoção de mecanismos para a garantia da qualidade. A utilização do Controle Estatístico do Processo (CEP) foi sugerida pelos gestores do setor de Engenharia Industrial e de Engenharia de Processos como alternativa para um controle efetivo do processo de fabricação de copos plásticos descartáveis no setor de Termoformagem da fábrica. Com a implantação de melhorias no processo de fabricação, pretende-se levar essa indústria a um patamar adequado de qualidade na fabricação dos seus produtos. A implantação do Controle Estatístico do Processo (CEP) no setor de Termoformagem busca trazer melhorias no cotidiano da fábrica, reduzindo a quantidade de aparas produzidas e aumentando a eficiência das atividades e, além disso, possibilita a adoção de ações corretivas no sentido de garantir a qualidade do produto entregue aos consumidores. Nesse sentido, pretende-se implantar um controle efetivo do processo produtivo nesse setor para garantir que os produtos sejam entregues aos consumidores com perfeitas condições de uso. O Controle Estatístico do Processo (CEP) mostra-se uma ferramenta útil para esse caso, uma vez que permite o controle da espessura de parede dos copos. Isso porque as indústrias do setor não podem negligenciar as normas estabelecidas pelo INMETRO no que diz respeito a esses parâmetros de seus produtos.

Este projeto tem como intuito, portanto, a implantação do controle estatístico do processo no setor de Termoformagem da indústria a ser estudada. Buscando trazer contribuições significativas para esse segmento da indústria no que diz respeito ao atendimento da qualidade dos produtos ofertados. O estudo e aplicação do CEP tem ligação direta com a investigação de possíveis melhorias nos sistemas de gestão da produção e utilizou o método de análise de variância (ANOVA) para comparar distribuições relacionadas a temperaturas de zonas de aquecimento e espessura dos copos plásticos descartáveis fabricados. Espera-se que outras indústrias do setor possam ser beneficiadas com a aplicação dessa abordagem estatística.

2. MÉTODO

Esta etapa irá apresentar os principais métodos que serão utilizados para dar forma ao projeto em questão. Através da aplicação das metodologias aqui apresentadas espera-se que seja possível cumprir a análise pretendida.

O método de pesquisa científica no qual o presente projeto enquadra-se é o da pesquisa-ação. De acordo com Thiollent (1985 *apud* Gil, 2002, p. 14) a pesquisa-ação pode ser assim definida:

[...] um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Como exposto, a pesquisa-ação exige um envolvimento ativo por parte do pesquisador e existe a necessidade da contribuição das pessoas que lidam diretamente com o problema. Tal definição está em consonância com Benbasat, Goldstein e Mead (1987), os quais afirmam que nesse tipo de pesquisa o pesquisador deixa de ser um observador independente e passa a agir para solucionar um problema e gerar contribuições no desenvolvimento do sistema no qual atua. No caso do projeto a ser desenvolvido, os principais envolvidos com o problema são os gestores da fábrica, os líderes de setor, os operadores dos equipamentos e o pesquisador.

As seguintes etapas serão seguidas para elaboração desta pesquisa-ação:

- a) Pesquisa bibliográfica;
- b) Pesquisa à documentação pertinente;
- c) Acompanhamento do processo produtivo;
- d) Coleta de dados;
- e) Análise e interpretação dos dados.

Uma pesquisa bibliográfica será realizada com o intuito de aprofundar conhecimentos relacionados à área de estudo, bem como permitir melhor compreender as ferramentas a serem utilizadas na resolução do problema. Serão feitas buscas para encontrar obras literárias, artigos, dissertações e teses que possam ser utilizados na confecção das análises. A pesquisa à documentação visa compreender as recomendações e diretrizes colocadas, por exemplo, pelos manuais de fabricantes dos equipamentos, pelas instruções de trabalho da indústria em questão, bem como pelos setores de recursos humanos, planejamento e controle da produção e segurança industrial. Sobretudo, pois é necessário atender às normas e requisitos estabelecidos por tais instituições e setores.

Como mostra o exposto acima a pesquisa-ação procura aproximar o pesquisador do objeto de estudo de seu trabalho. Através de uma pesquisa desse tipo é possível perceber com maior clareza os fatores mais importantes a serem levados em consideração no momento de efetuar a implementação do controle estatístico do processo no setor de Termoformagem dessa indústria. Dessa forma, faz-se necessário o acompanhamento do processo produtivo até que ele seja completamente entendido e suas particularidades observadas.

A coleta de dados será efetuada pelos operadores do setor, de acordo com número de amostras de produto a serem analisadas. O software utilizado para implementar o controle estatístico do processo será o Minitab17[®]. Essa é uma ferramenta computacional que favorece o cálculo de diversas medidas estatísticas a serem utilizadas na confecção do projeto, bem como permite a plotagem de gráficos de controle.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A formulação de uma fundamentação teórica para embasar o estudo a ser realizado neste projeto proporcionará a construção de um alicerce dos principais conceitos a serem trabalhados durante seu processo de confecção. De forma geral, os assuntos que serão explorados nessa etapa estão relacionados aos temas: indústria de copos plásticos descartáveis, análise de variância e controle estatístico do processo (CEP). Serão apresentados fatos e conceitos relevantes de cada tema elencado anteriormente.

3.1 Indústria de copos plásticos descartáveis

No Brasil, segundo levantamento realizado pelo BRDE – Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul – são cerca de 25 indústrias de copos plásticos descartáveis, dentre elas 8 estão localizadas no estado de Santa Catarina, nos municípios de Criciúma, Içara, Orleans, São Ludgero e Urussanga, sendo esse estado o maior polo de produção de descartáveis do Brasil. Ainda conforme pesquisa realizada pelo BRDE (2006), estima-se que esse segmento da indústria gere, aproximadamente, 10 mil empregos diretos e movimente uma quantia de cerca de R\$ 600 milhões. A produção nacional de copos descartáveis é de cerca de 96 mil toneladas/ano. A demanda por esses produtos é influenciada, principalmente, por festas e eventos regionais. De modo geral, as empresas preferem os mercados das regiões mais quentes.

As matérias primas básicas utilizadas no processo de produção de copos plásticos descartáveis são as resinas (PP) e (PS), Polipropileno e Poliestireno respectivamente.

São resinas derivadas do petróleo utilizadas pela indústria, classificadas como polímeros. De acordo com Callister (2002), os polímeros são compostos sólidos, não-metálicos, normalmente orgânicos e de alto peso molecular. Classificados como polímeros termoplásticos o polipropileno e o poliestireno oferecem a vantagem de serem reaproveitáveis, caso ocorram problemas durante o processo de termoformagem. Tal fato contribui para a larga utilização dessa matéria-prima pela indústria de artefatos plásticos (NORTON, 2004).

O polipropileno (PP) possui características básicas que o tornam passível de ser utilizado na fabricação dos copos descartáveis, dentre elas podem-se citar: elevada resistência mecânica, rigidez e dureza, a qual se mantém mesmo quando submetido a temperaturas relativamente elevadas. Por outro lado, o poliestireno (PS) também é uma opção de matéria-prima, apresentando boa adaptação à produção em massa, uma vez que é facilmente moldável. As limitações do poliestireno estão relacionadas à baixa resistência a quente e à exposição ao tempo, sendo frágil e suscetível ao ataque de solventes orgânicos (BLASS, 1988).

O processo produtivo de uma indústria de copos plásticos descartáveis é realizado em basicamente três etapas. Primeiramente, as resinas sofrem o processo de extrusão, gerando bobinas ou placas de resina extrusada que em seguida segue para o setor de Termoformagem. Nesse setor a bobina ou placa, proveniente do setor de extrusão, é aquecida a uma temperatura pré-determinada e passa pela termoformadora que, através da aplicação de pressão em um molde, forma o copo plástico descartável. Uma vez formados, os copos podem ser embalados e prosseguem para o estoque ou expedição. A Figura 1 ilustra o processo produtivo descrito.

Figura 1 – Processo produtivo de copos plásticos descartáveis



Fonte: Os autores (2019)

3.2 Análise de variância – ANOVA

A análise de variância – ANOVA - é uma metodologia para teste da igualdade de duas ou mais médias populacionais. Essa metodologia baseia-se na análise de variâncias amostrais e, geralmente utiliza um nível de significância de 0,05 ($\alpha = 0,05$). Tal nível de confiança representa uma confiabilidade de 95% nos resultados. A aplicação da análise de variância está arraigada ao cálculo da estatística de teste F, composta pela razão de duas estimativas a saber: variância dentro das amostras e a variância entre amostras (TRIOIA, 2005). A utilização da ANOVA compreende a realização de testes, nos quais variáveis de entrada de um processo são modificadas para que se observem as alterações causadas às variáveis de saída de interesse do investigador. A realização de tais testes é bastante útil quando deseja-se analisar dois tipos de fatores para conhecer níveis ótimos de operação de cada fator (MONTGOMERY, 2012).

Conforme Montgomery *et al.* (2009), a ANOVA trata de um teste de hipóteses. A hipótese nula (H_0) indica que as médias de um determinado fator considerado são iguais, enquanto que a hipótese alternativa (H_1) alega que pelo menos uma das médias analisadas é diferente das demais de forma significativa. Para Grigolo *et al.* (2012) boas práticas de utilização dessa ferramenta incluem a realização de testes de normalidade, de independência e de que as populações analisadas possuam variâncias iguais. Todavia, o autor salienta para o fato de tal ferramenta ser bastante robusta, sendo capaz de apresentar resultados satisfatórios mesmo se uma dessas suposições forem violadas.

3.3 Controle estatístico do processo

O Controle Estatístico do Processo – CEP – é um conjunto de ferramentas que auxiliam na resolução de problemas ligados à variabilidade dos processos. Com a redução na variabilidade pode-se chegar a um aumento da capacidade do processo, bem como alcançar a estabilidade do mesmo. O CEP tem como objetivo monitorar os processos produtivos ao longo do tempo, buscando identificar eventos incomuns que influenciam nas características de qualidade de um produto (MONTGOMERY, 2012).

Para Samohyl (2009), a ideia principal do CEP é a de que processos de produção com menores níveis de variabilidade propiciam melhores níveis de qualidade no processo produtivo. Além disso, quando os processos melhoram existe, também, uma redução nos custos. De modo geral, os custos diminuem devido a duas razões: a inspeção por amostragem e a redução dos rejeitos de produção. A inspeção por amostragem leva a uma redução nos custos, uma vez que não é necessário inspecionar 100% dos produtos. Por sua vez, a redução na quantidade de rejeitos proporcionada pelo CEP reduz os custos

na linha de produção. Menores níveis de refugos acarretam menor necessidade de retrabalho por parte dos operadores.

No que tange o uso dos gráficos de controle, salienta-se que é uma ferramenta utilizada na detecção de alterações inusitadas em uma ou mais características de um processo ou produto. Conforme afirma Samohyl (2009) os limites de controle para um gráfico de controle por variáveis, são calculados conforme mostram as equações (1) e (2) a seguir:

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (1) \qquad LCI = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (2)$$

Como se pode notar os limites são calculados de forma bastante semelhante. O $\bar{\bar{X}}$ é a média calculada do processo, o \bar{R} é a média das amplitudes da amostra, enquanto que o A_2 é um coeficiente tabelado (coeficiente de Shewhart).

3.3.1 Índices de capacidade do processo

No que diz respeito à produção, o termo “capacidade do processo”, segundo Veit (2003), “indica o nível de tolerância que ele é capaz de suportar em condições normais”. A utilização dos gráficos de controle permite que a estabilidade do processo seja verificada ao longo do tempo. Todavia, através deles não é possível avaliar se este está atendendo as especificações de projeto de um certo produto. Os principais índices de capacidade de um processo são o C_p e o C_{pk} . O C_p é utilizado para processos centrados no meio das especificações, já o C_{pk} é utilizado para processos não-centrados (SAMOBYL, 2009).

Para processos centrados o índice de capacidade C_p é a distância entre o limite de especificação superior (LES) e o limite de especificação inferior (LEI) dividido pela variabilidade natural do processo, que é igual a 6 desvios padrão (σ). Tal índice pode ser calculado conforme a equação (3). O desvio padrão (σ), por sua vez, pode ser calculado através da equação (4):

$$(C_p) = \frac{(LES-LEI)}{6\sigma} \quad (3) \qquad \sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (4)$$

Sendo que o representa a média das amplitudes de cada subgrupo amostrado para a confecção dos gráficos de controle. O coeficiente estatístico d_2 é tabelado e pode ser consultado em uma tabela de coeficientes de Shewhart. A interpretação do valor de C_p encontrado é a seguinte. Caso $C_p < 1$, o processo é incapaz; $1 \leq C_p \leq 1,33$, processo aceitável; $C_p > 1,33$, processo capaz.

O cálculo do índice C_{pk} é exigido quando um processo não está centrado no valor nominal. Tal índice pode ser determinado pela equação (5) a seguir:

$$C_{pk} = \text{mínimo} [C_{pl} = (\text{média} - \text{LEI})/3\sigma; C_{pu} = (\text{LES} - \text{média})/3\sigma] \quad (5)$$

Detalhando de forma mais clara, o C_{pk} é calculado através da escolha do menor valor calculado pela equação. O C_{pl} leva em conta o limite de especificação inferior, enquanto que o C_{pu} utiliza o limite de especificação superior no cálculo. A média do processo é aquela calculada para as amostras do processo produtivo. O desvio padrão é representado pelo símbolo σ . A interpretação do valor do C_{pk} é semelhante à do índice C_p . No caso de $C_{pk} < 1$, o processo é incapaz; $1 \leq C_{pk} \leq 1,33$, processo aceitável; $C_{pk} > 1,33$, processo capaz (VIEIRA, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de dados desenvolvidas nesse estudo são apresentadas a seguir. A coleta e análise de dados deu-se nos meses de janeiro e fevereiro do ano de 2019.

4.1 Coleta de dados e análise dos dados ANOVA

Tendo em vista a necessidade de um maior direcionamento dos esforços, optou-se por realizar a coleta de dados em uma termoformadora especializada na produção de copos transparentes de 200 ml, o qual deve apresentar uma espessura mínima de 510 μ m em sua parede lateral, evitando possíveis rachaduras.

Os profissionais que trabalham no setor observam que os fatores principais que levam a produção de copos plásticos descartáveis não conformes estão relacionados ao ajuste de temperatura das zonas de aquecimento superior. Uma termoformadora é composta por várias resistências elétricas (típicas de aquecedores radiantes), cada uma delas compõem uma zona de temperatura a ser controlada pelo operador da máquina. Observa-se que, embora uma termoformadora apresente muitas fileiras de aquecimento, as que mais influenciam na qualidade do produto são as duas primeiras fileiras, já que geralmente são as fileiras de maior temperatura (em torno de 600 °C).

Baseando-se em tal fato optou-se por realizar a coleta de dados das duas temperaturas de interesse e a medição da espessura do copo plástico produzido. Essa medição ocorreu durante treze dias e gerou 208 leituras de temperatura para cada fileira de interesse, bem como 208 medições de espessura. Cabe salientar que o tamanho da amostra de produto foi definido em 8 unidades e que a coleta foi realizada duas vezes ao dia.

Com o intuito de verificar a interação entre a variação das duas temperaturas e a espessura do produto fabricado, optou-se pela realização de uma análise de variância – ANOVA – com o auxílio do Minitab17. Como já era esperado, e conforme conhecimento do processo por parte dos operadores, as maiores temperaturas implicam em uma espessura menor do que a mínima recomendada 510 μm . A Tabela 1 gerada pelo Minitab17 apresenta ao usuário valores p (p-value) muito menores do que $\alpha = 0,05$, logo pode-se rejeitar a hipótese nula e confirmar que as temperaturas de zona primária têm um efeito principal sobre a espessura do copo.

Tabela 1 – ANOVA Minitab 17
General Linear Model: Espessura (μm) versus Temperatura Zona; Temperatura Zona

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Temperatura Zona Primária	3	22000,1	7333,37	3878,83	0,000
Temperatura Zona Secundária	3	1497,3	499,10	263,99	0,000
Error	201	380,0	1,89		
Lack-of-Fit	9	196,2	21,80	22,77	0,000
Pure Error	192	183,8	0,96		
Total	207	23877,4			

Fonte: Os autores (2019)

Com relação ao Valor F (F-Value) pode-se afirmar que seu elevado valor indica que ocorreu uma diferença significativa entre as médias dos grupos. Além disso, reforça que o valor P é bastante significativo para a análise de variância realizada.

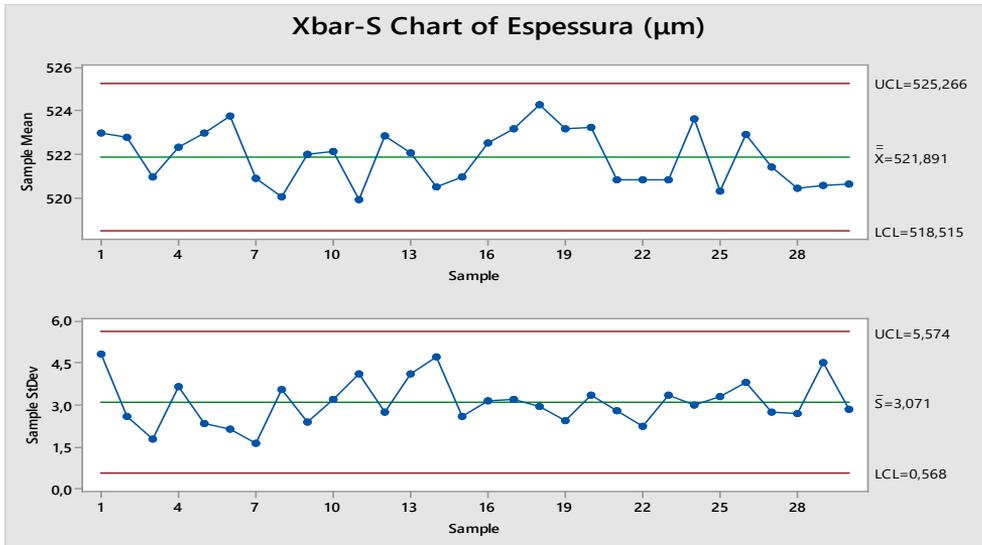
4.2 Coleta de dados e análise dos dados CEP

Para a implantação da fase inicial do controle estatístico de processo levou-se em consideração o efeito que as temperaturas de zonas primárias acarretam no processo de termoformagem. A coleta de dados durou 15 dias, efetuaram-se mais 240 medições de espessura de copos plásticos produzidos. Cabe salientar que, em um primeiro momento, decidiu-se pela execução dessas medições em uma termoformadora piloto, responsável pela produção de copos plásticos descartáveis transparentes de polipropileno (PP) de 200 ml. Isso porque trata-se de uma família de copos largamente fabricada. As amostras de copos, de 8 unidades, foram coletadas em dois períodos do dia.

A análise do CEP, tendo em vista a natureza contínua dos dados, foi realizada através do Minitab 17 utilizando o gráfico X-bar S (gráfico para avaliar a tendência central do processo, bem como o gráfico para a dispersão dos dados utilizando o desvio-padrão amostral). Posteriormente, os dados de espessura foram utilizados para o cálculo

dos índices de capacidade do processo. A Figura 2 apresenta o gráfico de controle para espessuras considerando um subgrupo de 8 unidades. Vale ressaltar que esse parâmetro é estabelecido em $520 \pm 10 \mu\text{m}$.

Figura 2 – Gráfico de Controle para Espessura do copo plástico



Fonte: Os autores (2019)

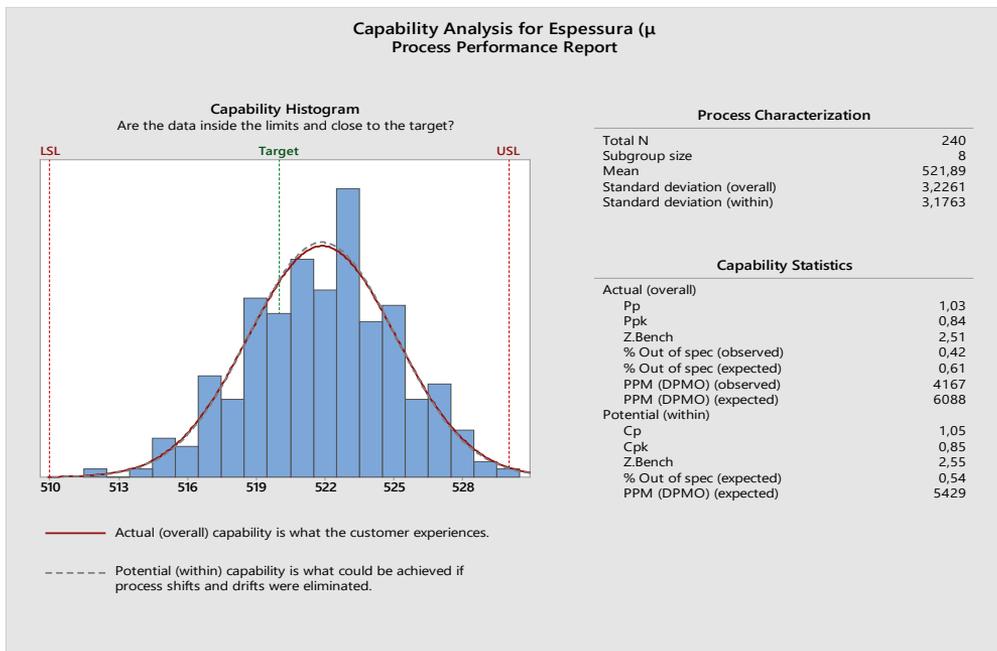
Como pode-se notar pela Figura 2, o gráfico de controle para a espessura do copo plástico está sob controle. Não há pontos fora dos limites de controle superior e inferior. Optou-se pela utilização do gráfico S para observar a dispersão dos dados, tendo em vista o tamanho de amostra adotado. Conforme pode-se notar pelo gráfico S não ocorreram pontos fora dos limites de controle superior e inferior. Além disso, em nenhum dos dois gráficos existe a presença de algum padrão que indique falta de controle.

O próximo passo da análise buscou focar no cálculo dos índices de capacidade do processo C_p e C_{pk} , os quais são facilmente determinados através do Minitab 17. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos nessa análise.

Conforme pode-se observar os índices C_p e C_{pk} calculados são respectivamente 1,05 e 0,85. Um índice $C_p = 1,05$ sugere que o processo produtivo é aceitável, já um $C_{pk} = 0,85$ indica que o processo é incapaz. De modo geral, tal resultado já era esperado pelos gestores tendo em vista tratar-se de um projeto piloto de implantação do CEP nesse setor da fábrica. Novas medidas devem ser tomadas no sentido de conferir ao processo maior estabilidade, sobretudo no que diz respeito ao controle térmico de produção. Saliaenta-se que os índices Pp e Ppk, embora fornecidos na análise pelo Minitab 17, não foram objeto de análise nesse projeto preliminar. O histograma de capacidade apresen-

tado pelo software deixa claro que o processo está fabricando grande parte dos copos plásticos com espessura acima da especificada 520 µm. Esse resultado, em uma primeira análise é considerado satisfatório, visto que a espessura mínima recomendada é de 510 µm. Entretanto, ao produzir copos com espessura acima da especificada a empresa estará utilizando maior quantidade de matéria-prima, gerando custos desnecessários. Dessa maneira, uma investigação mais aprofundada deverá ser realizada nos próximos meses.

Figura 3 – Índices de capacidade do processo



Fonte: Os autores (2019)

5. CONCLUSÃO

O uso de ferramentas estatísticas como a ANOVA foi bastante útil para perceber o relacionamento existente entre as zonas primárias e secundárias de temperatura com o cumprimento da especificação de espessura indicada. Os valores P calculados pelo Minitab 17 nessa análise ficaram abaixo do valor $\alpha = 0,05$, desse modo confirmou-se a hipótese de relacionamento entre as variáveis analisadas. Tal constatação já era esperada pelos gestores tendo em vista suas experiências no cotidiano fabril.

Em relação a análise pelo controle estatístico do processo observou-se, após a coleta de dados, que os ajustes de parâmetros de termoformagem, principalmente as

temperaturas de zona primária e secundária surtiram o efeito esperado na espessura do copo termoformado. A média do processo ficou em torno de 521,89 μm e os limites superior e inferior foram, respectivamente, 525,26 e 518,51 μm . Tendo em vista que a especificação do tipo de copo plástico analisado é estipulada em 520 +/- 10 μm , constatou-se que o processo se comportou adequadamente durante o período de análise.

Complementando a análise do processo calcularam-se os índices de capacidade do processo C_p e C_{pk} . Os valores calculados para esses índices indicaram que o processo ainda precisa de ajustes. Principalmente no que diz respeito ao índice C_{pk} , o qual indicou incapacidade do processo. De maneira geral, tal resultado já era esperado pelos gestores, uma vez que o C_{pk} , diferentemente do C_p , considera a centralização do processo e a média, ajustando o índice C_p para distribuições não centradas entre os limites de especificação do projeto. No que tange as ações futuras a serem investigadas está o não atendimento do índice C_{pk} e início dos procedimentos de análise em outras termoformadoras.

Referências

- ABNT. **NBR 14.865**: Copos plásticos descartáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. Disponível em: <http://docslide.com.br/documents/abnt-nbr-14865-2002pdf.html>. Acesso em: 5 set. 2018.
- BENBASAT, I.; GOLDSTEIN, D. K.; MEAD, M. The case research strategy in studies of information systems. **MIS Quarterly**, Minneapolis, v. 11, n. 3, p. 369-386, sep. 1987.
- BLASS, A. **Processamento de polímeros**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1988.
- BRDE. **Indústria de copos plásticos descartáveis**: breve panorama da situação atual e das perspectivas do segmento, com ênfase em Santa Catarina. Florianópolis: BRDE, 2006. Disponível em: <http://portaldeeconomiasc.fepese.org.br/arquivos/links/plasticos/2006%20Copos%20plasticos%20descartaveis.pdf>. Acesso em: 11 set. 2016.
- CALLISTER, JR. W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais**: uma introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRIGOLO, V. E.; OLIVEIRA, G. A. Análise de variância (ANOVA) em aplicações agroindustriais. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA DA UTFPR, 17., 2012, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: UTFPR, 2012.
- GRUENWALD, P. E. **Thermoforming**: a plastic processing guide. Lancaster: Technomic Publishing Company, 1987.
- INMETRO. **Programa de análise de produtos**: copos plásticos descartáveis. Rio de Janeiro: INMETRO, 2004. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/copos_plasticos.asp. Acesso em: 10 ago. 2018.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2012.

NORTON, L. R. **Projeto de máquinas**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SAMOHYL, R. W. **Controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Editora Cortez, 1985.

TRIOIA, M. F. **Introdução à estatística**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

VEIT, E. **O controle estatístico de processos na indústria de cabinagem de veículos**: um estudo de caso. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.