

Aplicação do controle estatístico do processo em uma indústria de autoadesivos

Application of statistical process control in a self-adhesive industry

Giovana Defendi de Oliveira¹

Jordana Dorca Santos²

Vander Luiz Silva³

Celise Röder⁴

Resumo

O presente estudo realizou uma análise sobre o processo de laminação do autoadesivo com relação às variáveis de gramatura de adesivo e força release, aplicando CEP. Os dados utilizados para este fim foram coletados durante o mês de setembro de 2016, em uma indústria de autoadesivos. Foram coletadas um total de 480 amostras divididas entre as duas variáveis e em três subgrupos que correspondem aos turnos de trabalho. Para a análise das amostras utilizaram-se as cartas de controle por variáveis (média e desvio padrão). Os limites de especificação foram aqueles utilizados pela indústria, enquanto que para atribuição dos limites de controle, optou-se por um desvio total de 6 sigma. Os estudos da estabilidade e capacidade demonstraram que o processo admitiu-se instável para ambas as variáveis. A partir disso, foram exploradas e propostas sugestões com o intuito de aperfeiçoar a qualidade do processo e do produto e reduzir retrabalhos.

Palavras-chave: Gestão da qualidade. Estabilidade do processo. Capacidade do processo.

Abstract

The present study carried out an analysis on the lamination process of self adhesive in relation to adhesive weight and release strength variables, applying CEP. The data used for this purpose were collected during the month of September 2016, in a self-adhesive industry. A total of 480 samples were collected divided between the two variables and in three subgroups that correspond to the work shifts. For the analysis of the samples the control charts were used for variables (mean and standard deviation). The specification limits were those used by the company, while for assigning the control limits, we opted for a total deviation of 6 sigma. The stability and capability studies have shown that the process admitted unstable for both variables. From that, they were exploited and proposed suggestions in order to improve the quality of the process and of the product and reduce rework.

Keywords: Quality management. Process stability. Process capability.

1 Universidade Estadual do Paraná
gio_defendi@hotmail.com

2 Universidade Estadual do Paraná
jordanadorca@gmail.com

3 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
vander-luiz@hotmail.com

4 Faculdade Integrado de Campo Mourão
celiseroder@grupointegrado.br

1 Introdução

Entre as áreas da Engenharia de Produção, estabelecidas pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção [Abepro] (2008), este trabalho se enquadra na área de Engenharia da Qualidade, que consiste no planejamento, projeto e controle de sistemas de gestão da qualidade, considerando o gerenciamento por processos, a abordagem factual para a tomada de decisão e a utilização de ferramentas da qualidade.

A Engenharia da Qualidade ainda se divide em cinco subáreas, entre elas, merece destaque o Planejamento e Controle da Qualidade (Abepro, 2008), foco do presente estudo.

Para Juran (1997), planejar a qualidade significa conhecer o que o cliente deseja e traduzir este desejo em características mensuráveis para gerenciá-las de maneira eficaz. O autor afirma que o planejamento envolve estabelecer metas de qualidade, identificar os clientes, determinar suas necessidades, desenvolver características dos produtos que atendam às necessidades dos clientes, desenvolver processos que sejam capazes de produzir as características do produto, estabelecer controles de processos e transferir planos resultantes para as forças operacionais.

A qualidade pode ser obtida por meio de diversas práticas, uma delas a aplicação de ferramentas tradicionais da qualidade e de técnicas de controle dos processos (Noyel, Thomas, Charpentier, Thomas & Beauprêtre, 2013). Para executar um controle eficaz da qualidade, Silva (2003) propõe ferramentas e técnicas como: examinar e testar para verificar se os resultados estão de acordo com o que foi especificado, inspeções, amostragem estatística, histogramas, entre outras.

O aumento da produtividade, a competitividade e a qualidade se faz necessário em todas as empresas que necessitam permanecer no mercado atual. Sendo assim, torna-se imprescindível a rea-

lização de estudos que se propõem em avaliar processos produtivos, bem como identificar os fatores críticos que afetam a qualidade dos produtos.

Diante da realidade do mercado e da busca por melhoria contínua, o Controle Estatístico de Processo (CEP) é essencial para o aprimoramento da variabilidade de processos e aumento da qualidade dos produtos (Gonçalves, 2011; Sancho, Pastor, Martínez & García, 2013). Embora, o CEP não está somente limitado ao uso de cartas de controle, pois, engloba outras ferramentas e técnicas, como determinação de tamanho da amostra de dados, análise da distribuição estatística dos dados coletados, estudo de capacidade do processo, entre outras.

Neste contexto, apresentam-se as seguintes questões: Como executar o Controle Estatístico do Processo na indústria?, e; Quais são as principais contribuições obtidas pela aplicação do CEP nos processos produtivos?

Uma hipótese primária para as questões apontadas é que existem procedimentos teóricos, ferramentas e técnicas disponíveis, que se priorizados, e adaptados à realidade do processo e ao alcance de objetivos da indústria tornam-se úteis. A partir do CEP é possível constatar as limitações que um processo apresenta, e aplicar melhorias de qualidade.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo aplicar ferramentas e técnicas de análise e controle de processos, a partir da exemplificação de estudo aplicado em uma indústria de autoadesivos, localizada no estado do Paraná. Na indústria, o processo estudado foi o de laminação do autoadesivo.

Para alcance do objetivo geral proposto foi necessário: a) Identificar as principais variáveis do processo; b) Realizar a análise da estabilidade e da capacidade do processo; c) Determinar os principais aspectos produtivos que influenciam na ocorrência de alterações na gramatura do adesivo

e na força *release* (força para destacar o frontal do papel – protetor do adesivo) do autoadesivo; e d) Elencar possíveis soluções para variabilidade do processo.

2 Gestão da Qualidade

O termo qualidade é subjetivo, pois, cada pessoa apresenta uma perspectiva particular quanto à qualidade de um produto, em decorrência de suas necessidades, desejos e expectativas (Liepina, Lapina & Mazais, 2014). Montgomery (2009) define a qualidade como um conjunto de características que tornam um bem ou serviço plenamente adequado ao uso para o qual foi concebido. É obtida por meio de práticas associadas entre si ao que se denomina de Gestão da Qualidade (Toledo, Borrás, Mergulhão, & Mendes, 2013).

A aplicação da Gestão da Qualidade envolve alta conformidade com as especificações, aparência do produto, baixas taxas de defeitos, tempo curto de manufatura e aspectos tecnológicos (Marino, 2006).

Segundo Lima, Cruz, Vale e Carneiro (2009), os objetivos do sistema de gestão da qualidade são: atender aos requisitos do cliente, visando aumentar a sua satisfação; obter uma visão da organização utilizando a abordagem de processo; medir e avaliar os resultados de desempenho e eficácia dos processos, e; promover melhoria contínua dos processos. Para alcançar esses objetivos, a gestão da qualidade faz o uso de metodologias e ferramentas.

Uma metodologia é uma abordagem estruturada por uma sequência lógica de etapas. Toledo (2007) classifica dois grupos de metodologias, a Metodologia Organizacional como o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), e a Metodologia Estatística, que trabalha com dados

numéricos, como Análise de Modos de Falhas e de Defeitos (FMEA) e Controle Estatístico do Processo (CEP).

Já as ferramentas da qualidade são técnicas específicas de auxílio no tratamento de um conjunto de dados, seja numérico ou de linguagem, que permitem abordar um aspecto específico do problema (Toledo, 2007). Uma importante ferramenta da qualidade utilizada neste estudo foi as Cartas de Controle, que visam auxiliar no controle da qualidade.

2.1 Controle da qualidade

Segundo Verri (2015), o controle da qualidade pode ser definido como o conjunto de técnicas e atividades operacionais, instrumentais e laboratoriais utilizados com o intuito de controlar o atendimento das exigências relativas à qualidade. O mesmo faz o uso de técnicas e atividades com o objetivo de monitorar o processo e eliminar as causas de desempenho insatisfatório, para assim, alcançar a eficácia econômica da produção.

Um dos ramos do controle da qualidade, segundo Reis (2001), é o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), que seria um procedimento de estudo das características de um processo com o auxílio de números (dados), de maneira a fazê-lo comportar-se da forma desejada.

Para realizar o controle de qualidade de um processo produtivo, segundo Faria, Andrade e Silva (2008), é necessário a realização das seguintes etapas: i) Definição de um padrão a ser atingido; ii) Inspeção (verificar o que foi produzido e comparar com o padrão); iii) Diagnóstico das não conformidades; iv) Identificação das causas das não conformidades; v) Ação corretiva para eliminação das causas, e; vi) Revisão dos padrões, se aplicável.

Alguns autores definem o CEQ como um ramo da Estatística Industrial, compondo-se basicamente dos seguintes elementos: Inspeção;

Planejamento de Experimentos; Estudo de Capabilidade de Processos, e; Controle Estatístico de Processo (CEP).

2.2 Controle Estatístico do Processo

Segundo Ribeiro e Ten Caten (2012), o Controle Estatístico do Processo (CEP) é um sistema de inspeção por amostragem, que atua ao longo do processo, com o objetivo de verificar a presença de causas que não são naturais e que podem interferir na qualidade do produto final. O CEP permite monitorar, analisar, prever, controlar e melhorar a variabilidade de certa característica de qualidade do produto (Sancho, Pastor, Martínez & García 2013), e visa melhorar a qualidade, a produtividade e a confiabilidade do que está sendo produzido ou fornecido (Henning, Walter, Souza & Samohyl, 2014).

Existem dois grupos de causas resultantes da variabilidade nos processos, as causas comuns e as causas especiais. As causas comuns atuam continuamente sobre o processo, são de natureza aleatória e de difícil controle. Normalmente atuar sobre esse tipo de causa requer investimentos na melhoria de equipamentos e matérias-primas. Já as causas especiais de variação são anômalas, ou seja, não fazem parte do processo ou sistema, podendo ser prejudiciais à qualidade do produto manufaturado (Ribeiro & Ten Caten, 2012).

2.3 Cartas de controle

O CEP é operacionalizado por meio de cartas de controle, que são utilizadas para acompanhar o desempenho de um processo (Henning *et al.*, 2014; Madanhire & Mbohwa, 2016). De acordo com Gejdoš (2015), as cartas de controle permitem uma distinção com maior precisão das causas que interferem na qualidade do processo.

As cartas de controle podem ser divididas em dois tipos principais, o de controle por atributos e o de controle por variáveis (Siqueira Primo, 1997).

As cartas de controle por atributos observam a variação da qualidade de forma qualitativa, ou seja, baseiam-se na verificação da presença ou ausência de um atributo. São recomendáveis quando se verifica a presença de um número elevado de características a controlar por unidade (Reis, 2001).

Já as cartas de controle por variáveis são utilizadas no monitoramento do nível de qualidade de processos, cuja variação da qualidade é observada de forma quantitativa como, no controle de pesos, volume, tamanho, consistência, viscosidade, textura, umidade, gordura e outras propriedades (Reis, 2001). A mesma pode apresentar três tipos: gráfico da média (\bar{X} ou \bar{X} Barra); gráfico do desvio padrão (s), e ; gráfico de amplitude (R). Neste estudo os gráficos utilizados serão os da média e desvio padrão.

No gráfico da média são plotadas as médias das amostras, com o objetivo de controlar os valores médios das características estudadas, monitorando, o nível médio do processo a partir da variabilidade das amostras. Já no gráfico do desvio padrão, são plotados os valores de desvio padrão, que indicam a variabilidade das medidas amostrais. São preferíveis quando a amostra é maior que 10 ou 12, uma vez que para valores superiores a estes a amplitude (R) perde-se a eficiência (Montgomery, 2009).

Independente do tipo, as cartas de controle possuem algumas características comuns, como limite superior e inferior, os quais irão delimitar uma área que compreende valores de um processo ainda sob controle, e a linha central, que é usualmente considerada como valor-meta para o processo. Além dessas características básicas, a carta de controle deve ser adaptada de acordo com as necessidades da operação que se estiver monito-

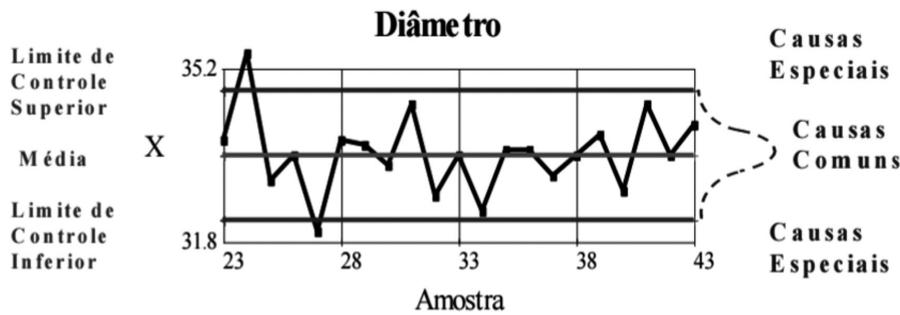


Figura 1: Exemplo de uma carta de controle.

Fonte: Ribeiro e Ten Caten (2012).

rando (Mucidas, 2010). A Figura 1 apresenta um exemplo de cartas de controle.

Depois de elaboradas as cartas de controle, para verificar a estabilidade do processo e se o mesmo está sob controle, existem oito testes para as análises de causas especiais (Minitab, 2016) (Quadro 1).

Teste	Descrição
1	O ponto está localizado acima do Limite Superior de Controle - LSC ou abaixo do Limite Inferior de Controle - LIC;
2	Presença de nove pontos consecutivos localizados acima ou abaixo do Limite Central - LC;
3	Seis ou mais pontos consecutivos crescentes ou decrescentes;
4	Quatorze pontos alternados em uma linha;
5	Dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios padrão acima ou abaixo do LC;
6	Quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio padrão acima ou abaixo do LC;
7	Quinze pontos consecutivos localizados, em qualquer lateral, a menos de um desvio-padrão do LC;
8	Oito pontos consecutivos acima ou abaixo, em qualquer lateral, a mais de um desvio-padrão do LC.

Quadro 1: Testes para verificar a presença de causas especiais

Fonte: Minitab (2016).

Um ponto detectado em pelo menos um dos testes pode estar sob a influência de causas espe-

ciais, devendo ser investigado. Caso não existam pontos fora de controle, o processo está sob influência somente de causas comuns, podendo ser considerado como estando sob controle estatístico. Dessa forma, é possível fazer a análise de capacidade do processo (Montgomery, 2009).

2.4 Capacidade do processo

Um dos principais objetivos da gestão da qualidade é garantir a qualidade de processos e produto. Esse objetivo pode ser alcançado por meio de diferentes ferramentas e métodos, um deles a medição e avaliação da capacidade de processos (Simanová & Gejdoš, 2015).

O estudo da capacidade do processo permite: i) Otimizar a produtividade e qualidade; ii) Determinar os novos padrões de tolerância, iii) Determinar se um novo equipamento é capaz de atender às especificações dos clientes, e; iv) Comparar o desempenho de diferentes equipamentos (Pires, 2000).

Para avaliar a capacidade são observados se os limites de especificação são atendidos e se os índices de capacidade atingem o valor necessário que caracteriza o processo como capaz. Para considerar um processo potencialmente capaz de atender às especificações do cliente, é necessário que a variabilidade natural (6σ) seja menor que a amplitude das especificações, ou seja, esteja entre o Limite de Especificação Superior (LES) e o Limite de Especificação Inferior (LIE). A situação oposta, $6\sigma > (LES - LIE)$, caracteriza um processo incapaz de atender às especificações do cliente (Ribeiro & Ten Caten, 2012).

Os índices frequentemente utilizados na mensuração da capacidade de processos são: i)

C_p , dado pela razão entre a amplitude das especificações e a dispersão ou variabilidade natural do processo 6σ , e; ii) C_{pk} , definido como o mínimo entre o limite de especificação inferior e o superior e a média da característica de qualidade do processo em análise, dividida pela semi-amplitude da característica (Passos, 2010).

O índice de capacidade (C_{pk}) revela se as peças produzidas se encaixam bem ou não, no intervalo identificado pelos limites de especificação. Sempre que o índice C_{pk} for menor que o índice C_p correspondente, tem-se um processo descentrado, já quando o valor de C_{pk} for igual ao valor de C_p , tem-se um processo centrado (Montgomery, 2009).

O Quadro 2 apresenta as escalas para avaliação da capacidade do processo.

Capacidade	CPK	% Fora de especificação
Muito incapaz	0,33	32
Incapaz	0,67	4,4
Capaz	1,00	0,27
Muito capaz	1,33	0,0064
Extremamente capaz	1,67	0,0000

Quadro 2: Escala para avaliação da capacidade do processo

Fonte: Ribeiro e Ten Caten (2012).

3 Metodologia

Quanto à abordagem do problema o estudo classifica-se como quantitativo-qualitativo. É quantitativo, pois realiza a coleta de dados numéricos como a força *release* e a gramatura de adesivo das bobinas de autoadesivo, e faz-se o uso de recursos e de técnicas estatísticas para a análise dos dados, bem como qualitativo, por apresentar análises e interpretações dos dados analisados, além de observações sobre os fatores

que influenciam na variabilidade da gramatura de adesivo e na força *release* das bobinas e proposta de melhorias.

Quanto à natureza da pesquisa, a mesma se classifica quanto aos fins e quanto aos meios (Vergara, 2007). Quanto aos fins, a pesquisa é classificada como exploratória, descritiva e aplicada, e quanto aos meios, como pesquisa bibliográfica, documental, pesquisa de campo e estudo de caso. O estudo de caso foi necessário para contextualizar uma abordagem teórica a um cenário industrial real.

A técnica de coleta de dados utilizada foi a observação direta intensiva com entrevistas não estruturadas com colaboradores do controle de qualidade e encarregados da produção, e observação não estruturada e não participativa. A ferramenta utilizada para a coleta dos dados foi à folha de verificação, os dados foram coletados diretamente da plataforma do *software* utilizado pela indústria, durante o mês de setembro de 2016.

Em decorrência do produto analisado não apresentar uma produção diária, a coleta de dados ocorreu semanalmente durante o mês de setembro. Neste período foram coletados um total de 240 amostras para cada variável, divididas em três subgrupos que correspondem aos turnos de trabalho (primeiro, segundo e terceiro).

De acordo com Morettin e Bussab (2003), amostras em torno de 30 a 50 elementos fornecem boas aproximações para amostras de populações próximas ou não da normalidade. Por essa razão foram coletadas 40 amostras para cada subgrupo. Além disso, a quantidade de dados coletados é considerada significativa já que representa um terço da produção do mês de setembro.

Os dados foram registrados e agrupados em planilhas eletrônicas para análise. Em seguida, os mesmos foram estratificados em dia, turno, variável, bobina e lados direito e esquerdo de cada bobina, conforme apresentados no Apêndice A. As

características foram estratificadas em lado direito e esquerdo pelo fato de poder haver maior variabilidade dessas características em um dos lados das bobinas, por fatores relacionados à matéria-prima, regulação da máquina, ou outro fator.

Foi realizado o teste de *Kolmogorov-Smirnov* para avaliar a distribuição dos dados coletados. Para cada grupo de amostra, com nível de confiança de 95%, ambos os grupos apresentaram uma distribuição de probabilidade normal, ou seja, alcançaram um valor-p maior que 0,05, conforme o Apêndice B.

Para a análise dos dados coletados foi utilizado o *software* Minitab® versão 17, que possui ferramentas estatísticas capazes de analisar os dados coletados do processo.

Neste estudo também foram utilizadas outras ferramentas da qualidade, como: i) Diagrama de Pareto – utilizado com intuito de identificar quais causas implicaram na maior ocorrência de reprovação de bobinas; ii) Cartas de controle – utilizadas para a análise do comportamento do processo e sua variabilidade; iii) Histograma – utilizado na percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados, permitindo a comparação entre limites especificados e avaliação do processo, e; iv) *Braisntorming* e Diagrama de Causa e Efeito – utilizados em conjunto para a identificação e representação dos principais fatores de variação do processo, respectivamente.

4 Resultados e discussão

O estudo de caso foi realizado na indústria de autoadesivo localizada no estado do Paraná. A unidade produz papéis e filmes autoadesivos com adesivos acrílicos e *hot melts*, produzindo assim mais de 150 tipos de autoadesivos que atendem os principais segmentos do mercado nacional e internacional.

O autoadesivo é um produto amplamente utilizado na indústria, podendo ser empregado para a conversão de etiquetas e rótulos nos mais diversos tipos de impressão existentes, atendendo assim as necessidades de diferentes segmentos de mercado.

A indústria produz centenas de tipos de autoadesivo, assim para o estudo foi escolhido um dos autoadesivos com maior produção e venda. Sua produção no mês de setembro de 2016 foi de 364 bobinas que correspondem a mais de 350 mil metros de autoadesivo.

Neste estudo, para comprovar a importância das características da qualidade escolhidas para serem analisadas, foram tomadas como base as principais causas de não conformidade do produto, realizando um levantamento das bobinas semiacabadas que estiveram em análise ou reprovadas pelo controle de qualidade, nos meses de setembro e outubro de 2016, totalizando 302 bobinas.

Foram também realizadas entrevistas não estruturadas com os analistas e supervisor do controle de qualidade para identificar quais variáveis poderiam interferir no desempenho do produto. A Figura 2 apresenta um Gráfico de Pareto para as causas de reprovação de bobinas.

Conforme observado na Figura 2, as principais causas de reprovação de bobinas são oriundas da não conformidade na gramatura de adesivo e no *release*, juntas essas variáveis correspondem a 74% do total de bobinas em análise, ou seja, se for possível controlar essas etapas do processo, a indústria além de reduzir o número de bobinas em análise, conseguirá também reduzir custos com retrabalhos.

A força de *release* é a resistência na remoção do *liner* do frontal adesivado e é medida em gf/in (gramas força por polegada). Assim, para cada tipo de autoadesivo, e sua aplicação e uso há um parâmetro de força *release* estabelecido. Caso a mesma esteja acima ou abaixo da especificação, a aplicação do autoadesivo pode ser prejudicada.

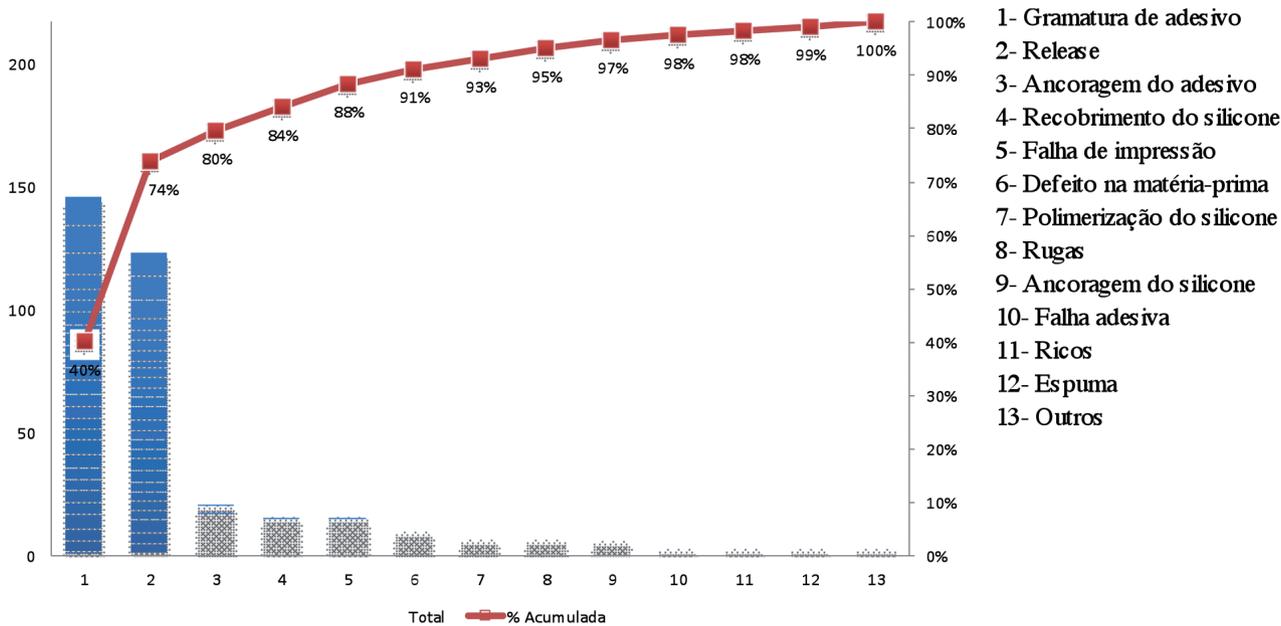


Figura 2: Causas bobinas em análise nos meses de setembro e outubro de 2016.

Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados e informações obtidos na Empresa estudada.

Um exemplo seria, caso o autoadesivo fosse aplicado em um processo de rotulagem automatizado, o *liner* poderia não se destacar do frontal (*release* alto), ou então, o *liner* se destacaria do frontal antes de ser aplicado (*release* baixo).

Já a gramatura de adesivo é a quantidade de adesivo depositado por metro quadrado de material. Assim como a força *release*, a mesma apresenta parâmetros de especificação técnica de acordo com cada tipo de autoadesivo e seu uso. Se a quantidade de adesivo aplicada for inferior à especificada, o desempenho do autoadesivo pode ser prejudicado, enquanto se a mesma for

superior a especificação, além de interferir no desempenho do produto pode gerar desperdício de material.

Posteriormente, realizou-se um estudo de estabilidade e capacidade do processo. O Quadro 3 descreve informações sobre as variáveis a serem analisadas.

Foram aplicadas as cartas de controle para as variáveis gramatura de adesivo e força *release* do produto analisado. As Figuras 3 e 4 apresentam as cartas para a gramatura de adesivo das amostras retiradas do lado direito e esquerdo, respectivamente.

Variável	Produto (composição)	Unidade	Tipo de sensor	Limites	
Gramatura	- Frontal: Couchê (80g); - Liner: Couchê (85g);	g/m ²	Balança	LIE - 18 LSE - 19	LIC -17,62 LSC -19,84 *
Release	- Adesivo: Acrílico (ADC200); - Silicone: SIL360F22	gf/in	Medidor de	LIE - 12 LSE - 15	LIC - 11,03 LSC -15,55 *

Quadro 3: Informações sobre as variáveis a serem analisadas

* Os LIC e LSC são o resultado das médias dos limites de cada variável.

Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados e informações obtidos na Empresa estudada.

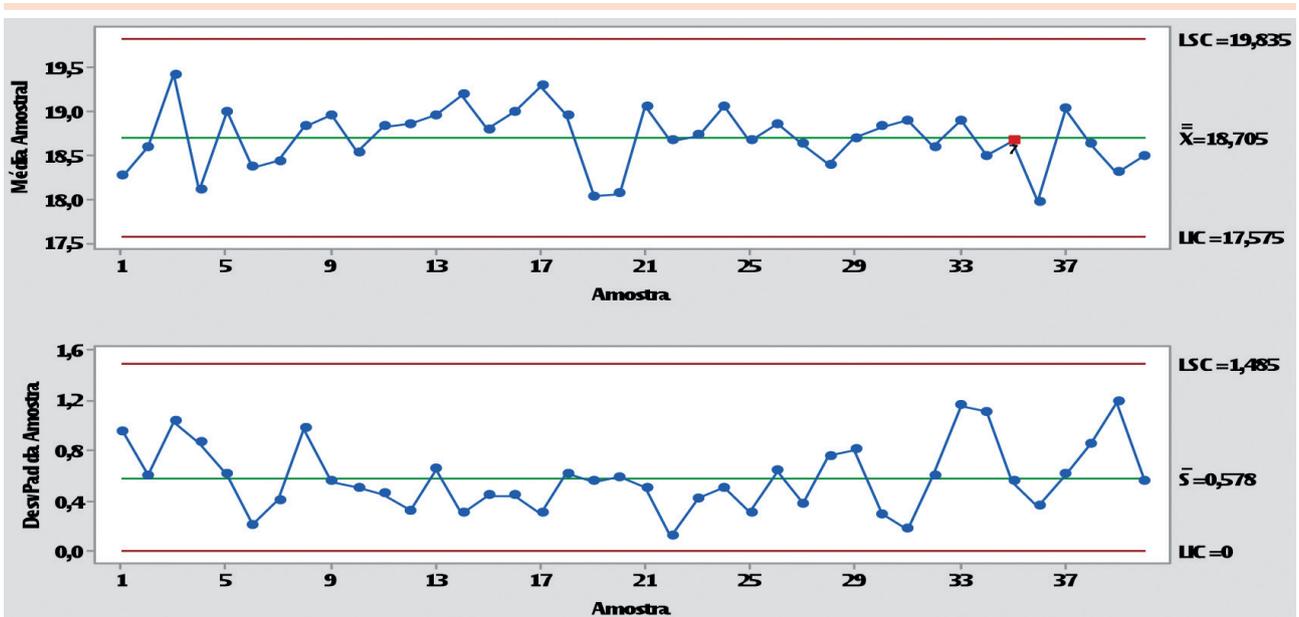


Figura 3: Cartas de controle (média e desvio padrão) para a gramatura de adesivo lado direito. Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

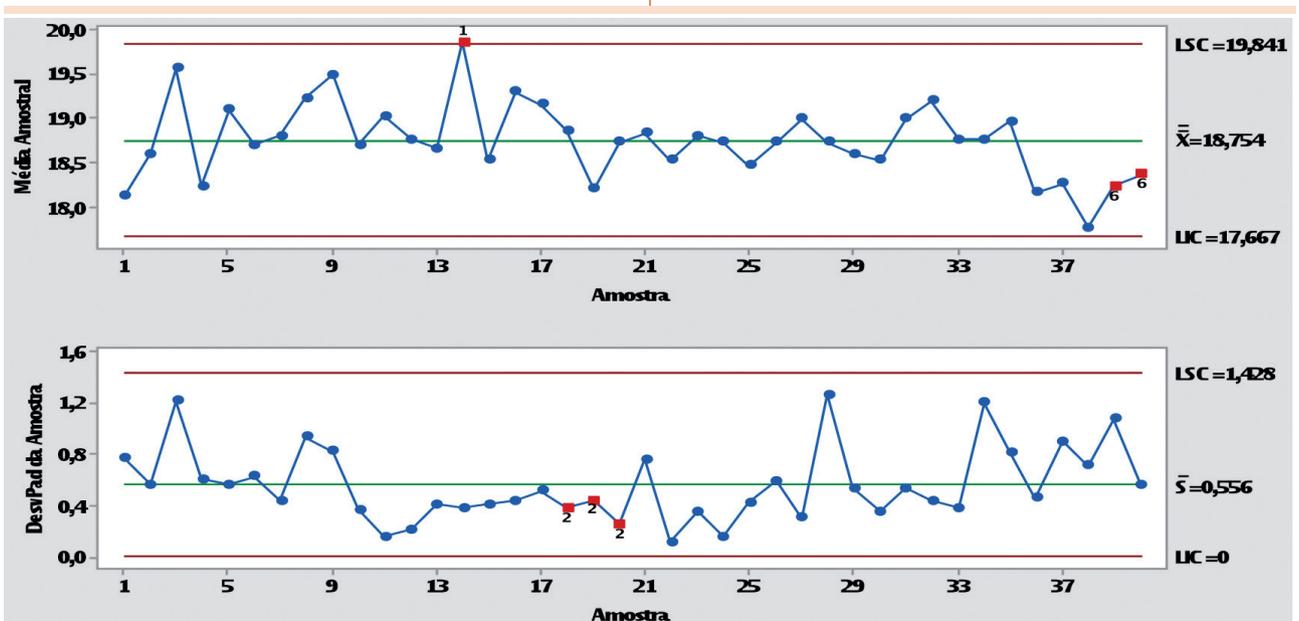


Figura 4: Cartas de controle (média e desvio padrão) para a gramatura de adesivo lado esquerdo. Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

Conforme observado na Figura 3, as cartas de controle para a gramatura de adesivo com relação ao lado direito das bobinas indicam que o processo está instável, pois, de acordo com os testes de causas especiais (Quadro 1), o ponto 35 no gráfico das médias é um indicativo de instabilidade

de do processo, pois o mesmo é o 15º ponto consecutivo a menos de um desvio-padrão da linha central, atendendo assim o teste de causa especial de número 7.

Já na Figura 4, observa-se que as cartas de controle do lado esquerdo também apontam uma

instabilidade no processo. O gráfico das médias apresenta o ponto 14 com mais de 3 desvios padrão da linha central, ou seja, acima do LSC. Já os pontos 39 e 40, atendem ao teste de número 6, quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão abaixo da linha central. Já com relação ao gráfico do desvio-padrão, a instabilidade é percebida por conta dos pontos 18, 19 e 20, por conta dos nove pontos consecutivos no mesmo lado da linha central (teste 2).

As Figuras 5 e 6 apresentam as cartas de controle para a força *release* das amostras do lado direito e esquerdo, respectivamente.

Analisando as cartas de controle para a força *release*, conforme apresentado na Figura 5, observa-se que também ocorre instabilidade no processo para esta variável, pois o gráfico das médias para as amostras do lado direito encontra-se fora de controle por conta do ponto 29 que ultrapassou o LIC (teste 1), e o ponto 30, que atende ao teste 2, dois de três pontos com mais de 2 desvios padrão da linha central. Já com relação ao gráfico do desvio padrão, o ponto 18 também ultrapassou o LSC (teste 1).

Com relação ao *release* do lado esquerdo, descrito pela Figura 6, o gráfico da média apresenta causas especiais no ponto 24, pois o mesmo ultrapassou o LSC (teste 1), e também no ponto 39 que atende ao teste 2, nove pontos consecutivos acima da linha central. Já para o gráfico do desvio padrão, o ponto 21 é também caracterizado como uma causa especial, pois também ultrapassou o LSC (teste1).

Analisando as cartas de controle, observa-se que ambas as variáveis apresentam causas especiais, caracterizando o processo como instável. Neste contexto, foi realizada a revisão das cartas que apresentam pontos fora dos limites de controle, isto é, para a gramatura de adesivo do lado esquerdo, força *release* do lado direito e força *release* do lado esquerdo, conforme as Figuras 7, 8 e 9, respectivamente.

A partir das respectivas revisões das cartas de controle para as causas especiais, apresentadas nas Figuras 7, 8 e 9, respectivamente, verificou-se que as cartas apresentaram pontos que atendem aos testes de causas especiais, confirmado que o

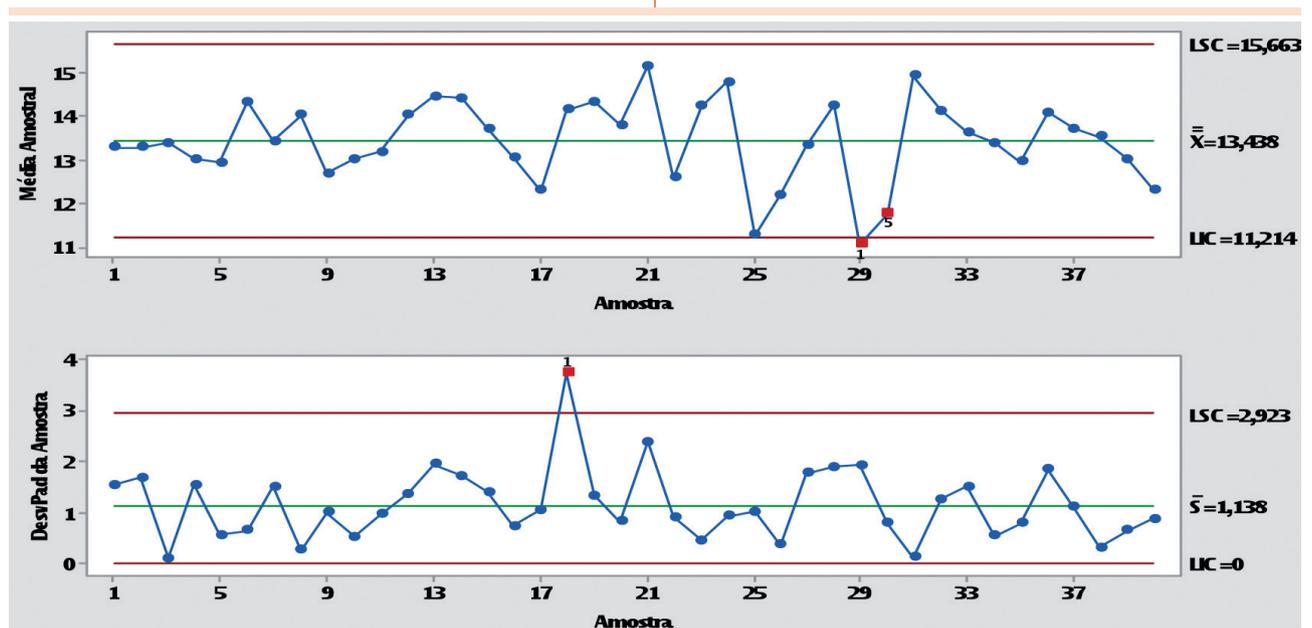


Figura 5: Cartas de controle (média e desvio padrão) para a força *release* lado direito.
Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

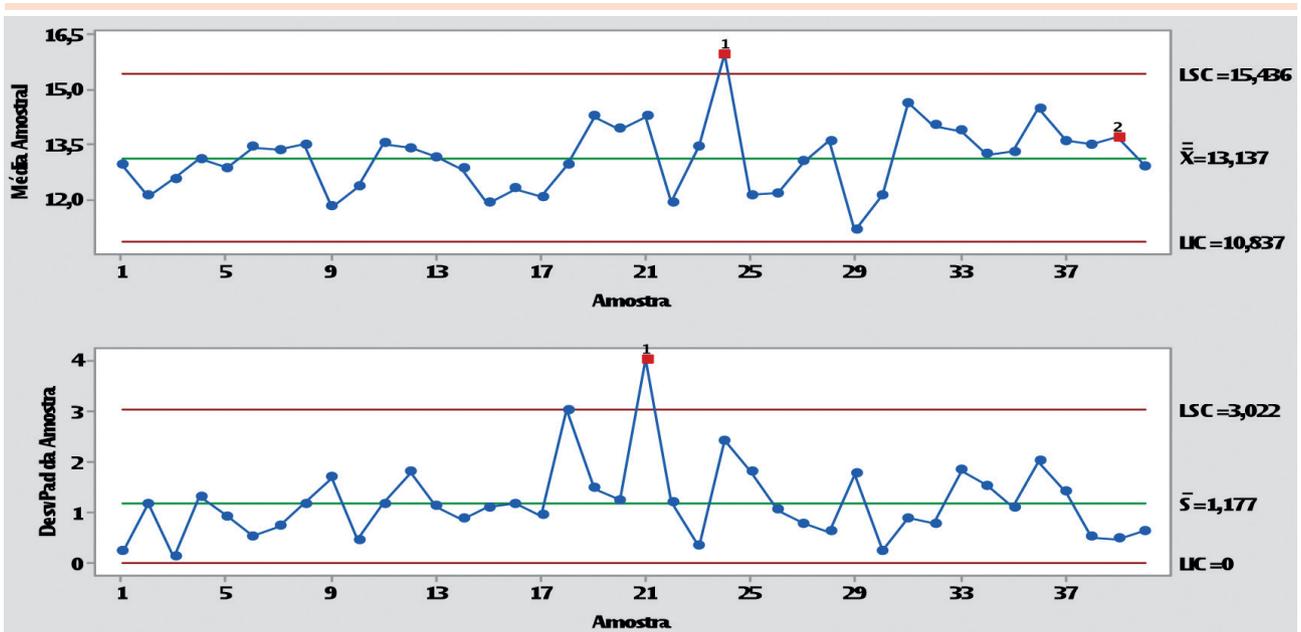


Figura 6: Cartas de controle (média e desvio padrão) para a força *release* lado esquerdo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

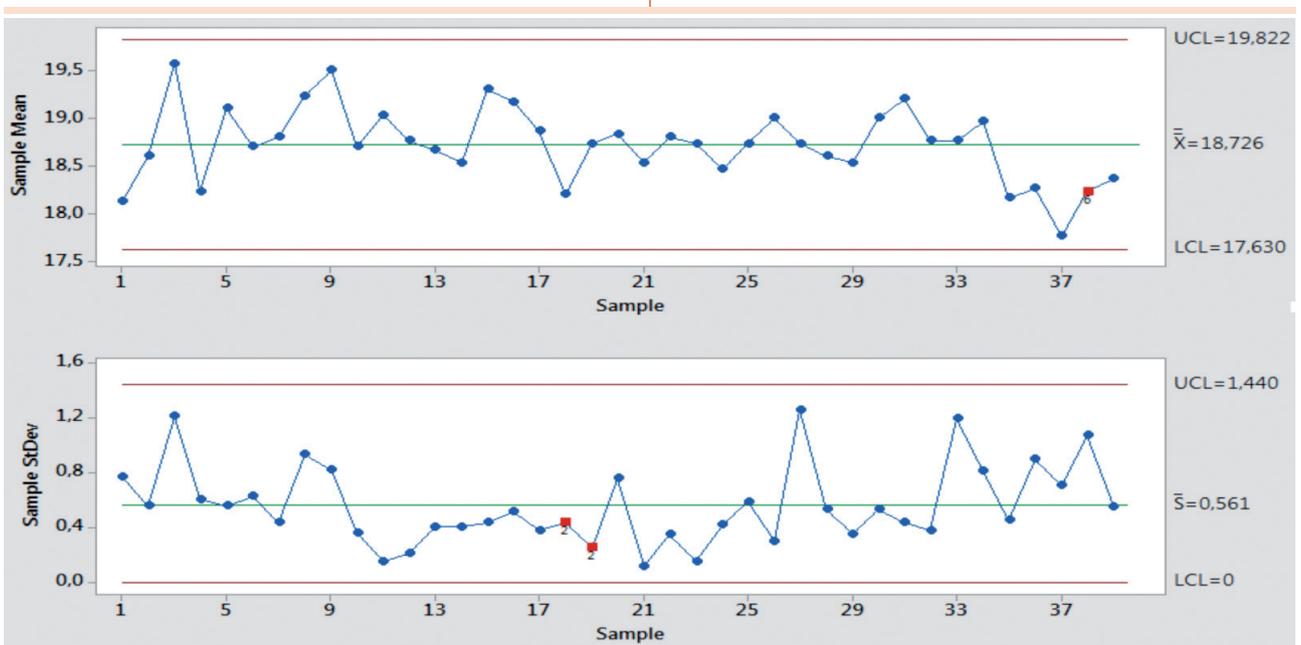


Figura 7: Carta de controle revisada para a gramatura de adesivo do lado esquerdo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

processo continua instável mesmo sem os pontos acima dos limites.

Segundo Ribeiro e Ten Caten (2012), um processo fora de controle estatístico é incapaz de atender as especificações. Deste modo, o estudo

da capacidade do processo foi realizado com o intuito de testar a confiabilidade dos resultados, bem como analisar os índices de capacidade do processo, a porcentagem de produtos que não estão em conformidade e a centralização do pro-

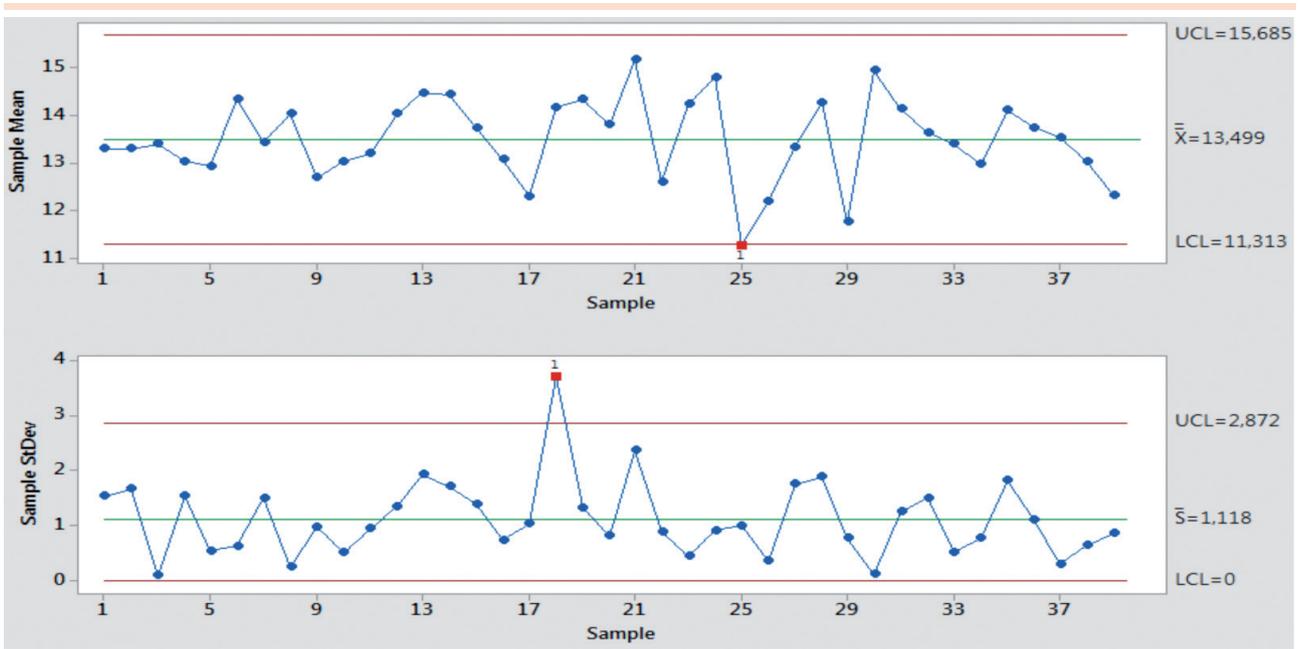


Figura 8: Carta de controle revisada para a força release do lado direito.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

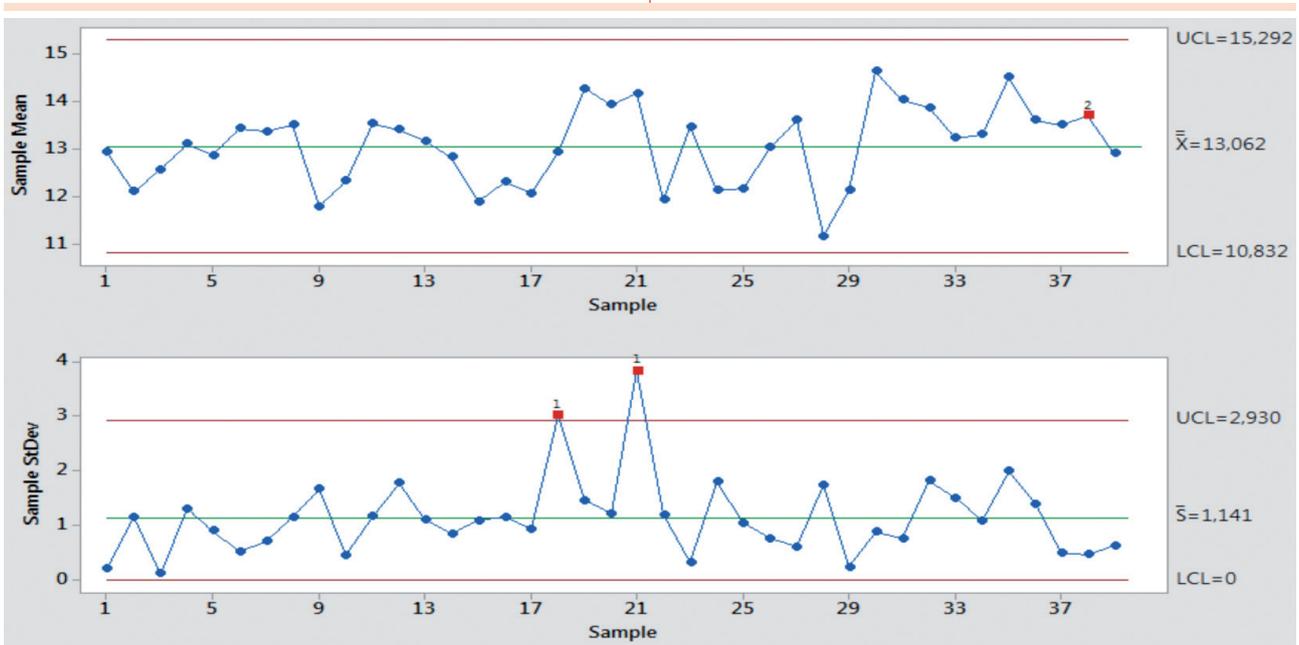


Figura 9: Carta de controle revisada para a força release do lado esquerdo.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

cesso. As figuras 10 e 11 apresentam o estudo da capacidade para a gramatura de adesivo e força *release* do autoadesivo, respectivamente.

O estudo da capacidade comprovou que o processo é incapaz de produzir atendendo as especifica-

ções de gramatura de adesivo e *release*, isso porque o mesmo apresenta variações maiores do que a faixa dos limites de especificação, e os índices de capacidade (C_p e C_{pk}) não alcançaram o valor mínimo para ser considerado um processo capaz (Quadro 2).

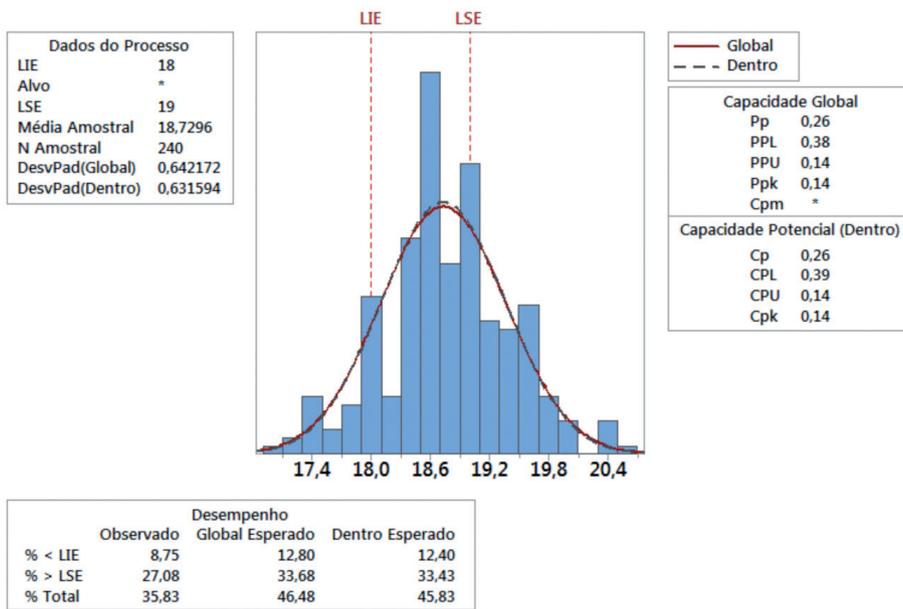


Figura 10: Estudo da capacidade do processo para a gramatura do adesivo
 Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

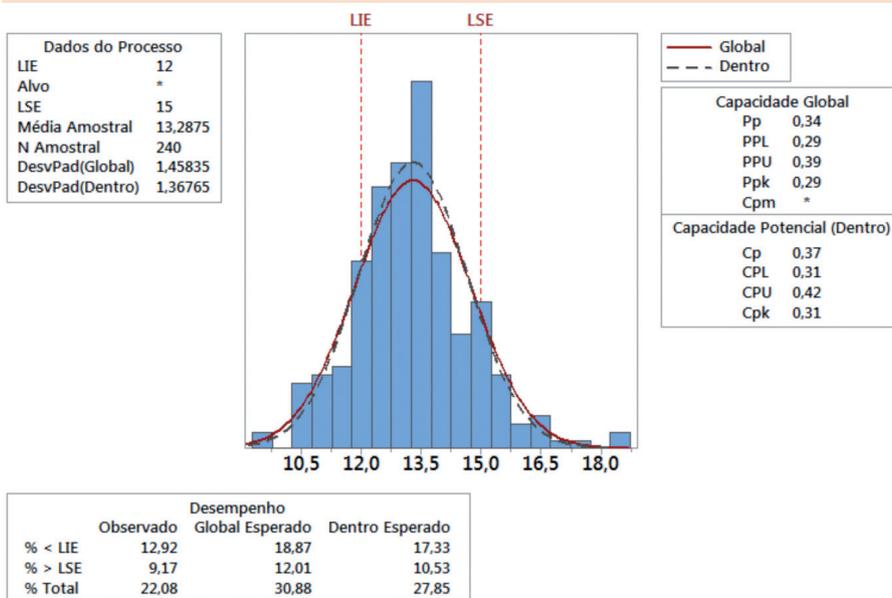


Figura 11: Estudo da capacidade do processo para o release
 Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

Foi possível verificar também que o valor de Cpk de 0,14 para a gramatura de adesivo e 0,31 pra a força *release* são inferiores aos de Cp de 0,26 para a gramatura de adesivo e 0,37 para a força *release*, indicando que o processo está descentrado.

Com relação ao desempenho do processo, quanto ao *release* 35,83% dos dados estão fora

do limite de especificação, enquanto para a gramatura de adesivo 22,08%. Já levando em consideração os desvios padrões globais esperados, o *release* apresenta 46,48% e 45,83%, e a gramatura de adesivo 30,88% e 27,85%, dos dados fora da especificação para cada desvio, respectivamente.

Após a análise da estabilidade e da capacidade do processo foi possível verificar que o mesmo se encontra instável e incapaz para ambas as variáveis analisadas. Neste sentido, com o objetivo de representar os possíveis fatores das variabilidades do processo foi utilizado o Diagrama de Causa e Efeito, conforme apresentado na Figura 12.

Um dos fatores identificados foi a falta de atenção dos operadores na regulagem de máquinas, além de falhas como a inserção incorreta do *liner*, utilização incorreta do cilindro gravura e utilização da matéria-prima incorreta.

Outro fator associado à categoria mão-de-obra é a falta de treinamentos contínuos no setor de produção, já que aos operários é apenas repassado o procedimento operacional padrão (POP) do setor. Percebe-se também, que os mesmos apresentam um conhecimento escasso sobre as características do produto, as principais variáveis rela-

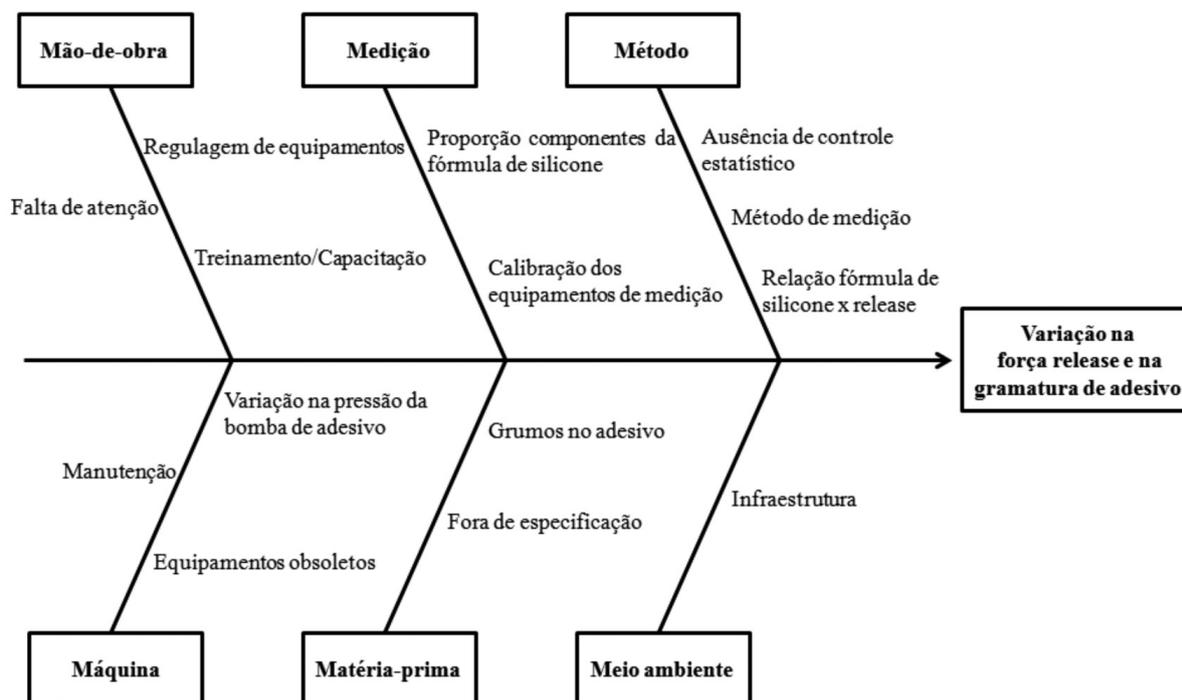


Figura 12: Diagrama de causa e efeito para causas de variação de release e gramatura de adesivo

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

cionadas ao desempenho do mesmo e as ações que podem interferir na qualidade do produto final. De acordo com Lunelli e Treichel (2008), o operador deve conhecer o que fazer, por que fazer, quando, onde e como, por isso a importância dos treinamentos e capacitações.

Diante do exposto quanto aos fatores associados à categoria mão-de-obra, sugere-se que os operários passem por treinamentos periódicos em que estes também sejam informados sobre o POP de outros setores envolvidos, principalmente o de controle de qualidade. Recomenda-se ainda, que haja maior supervisão quanto ao cumprimento do POP no setor, responsabilizando um gestor pelo monitoramento, qualidade e os devidos treinamentos. Uma ferramenta que poderia ser utilizada para esse monitoramento é a matriz de funções e responsabilidade.

Já o fator relacionado à categoria medição corresponde à proporção incorreta dos componentes da fórmula de silicone, que pode ocorrer

por falha do operador ou então, por imprecisão do instrumento de medida.

A fórmula de silicone é elaborada em uma balança misturadora com precisão de $\pm 0,01$ kg. Observou-se que alguns dos componentes da fórmula, como o modulador, é utilizado na maioria das vezes em pequenas proporções e medido na mesma balança, o que pode ocasionar imprecisão e, conseqüentemente, afetando o *release* do autoadesivo. Neste caso, sugere-se utilizar uma balança com maior precisão ou então, que os componentes que forem utilizados em pequenas quantidades sejam medidos em balança semi analítica antes de serem adicionados à fórmula de produção.

Com relação aos fatores associados à categoria métodos, constatou-se que a indústria não apresenta o hábito de realizar controles estatísticos da qualidade com relação às variáveis do processo, dificultando o acompanhamento do comportamento do processo. Devido a isto, sugere-se a implantação do Controle Estatístico do

Processo na indústria, seguindo algumas etapas, como a definição do projeto, planejamento da implantação do CEP, treinamento e implantação efetiva, acompanhamento e consolidação do processo, com o intuito de auxiliar na garantia de qualidade do processo e conseqüentemente dos produtos, além da redução de retrabalhos e aumento da produtividade.

Outro ponto observado é com relação à fórmula de silicone *versus release*, pois sabe-se que para cada tipo de produto é utilizado uma fórmula de silicone, onde a quantidade de componentes varia entre elas. Por vezes, houve a necessidade da fórmula de silicone ser alterada após já ter começado a ser aplicada, em razão da força *release* não ter atendido os parâmetros necessários, isso pode ocorrer pela falta de precisão da balança utilizada ou então, pela incompatibilidade da fórmula com o *liner* utilizado, nesse caso é aconselhável a revisão das fórmulas que estão sendo utilizadas e a relação das mesmas com os *liners* aos quais foram destinadas.

Para os fatores relacionados à categoria máquina, a regulagem incorreta da máquina também pode interferir na variação das características, como por exemplo, se a temperatura da estufa for inadequada pode interferir na secagem de silicone e adesivo, ou ainda, se a regulagem dos cilindros (dosador, transferidor, aplicador e contra cilindro) for imprecisa pode interferir na gramatura do adesivo e no revestimento do silicone. Por isto, é importante realizar uma avaliação crítica sobre as condições da máquina e suas peças e também como está sendo operada, além da implantação de um calendário de revisões periódicas.

Quanto ao meio ambiente e à infraestrutura da indústria, o estoque de matéria-prima (adesivos e componentes do silicone), é localizado em um barracão e divide espaço com o setor de manutenção. O que ocorre é que por vezes a matéria-prima fica exposta no local, tornando-se susceptível ao

contato com poeira e insetos, o que prejudica a qualidade da matéria-prima. Sendo assim, sugere-se melhor atenção quanto aos cuidados com a estocagem da matéria prima, mantendo o lugar higienizado e os produtos bem armazenados.

5 Considerações finais

A partir da análise estatística e da aplicação de ferramentas da qualidade, pôde-se neste estudo identificar diversos fatores que podem resultar em causas especiais, facilitando assim, a identificação de possíveis sugestões para a redução da variabilidade do processo.

Como resultado da análise de estabilidade, pôde-se observar que o mesmo se encontra fora de controle estatístico com relação às variáveis de gramatura de adesivo e força *release*, pois apresenta alta variação, ou seja, incidências de causas especiais nos lados direito e esquerdo das bobinas de autoadesivo. Na análise da capacidade do processo, foi possível comprovar que este se encontra incapaz de produzir dentro das especificações estabelecidas pelo setor de qualidade.

Com a realização desta pesquisa conclui-se que o sucesso do Controle Estatístico de Processo depende de vários fatores como: o apoio total da gerência, treinamento, desenvolvimento do quadro de funcionários, comprometimento das pessoas envolvidas nos processos, e principalmente, tomada de ações corretivas na ocorrência de causas especiais.

O estreitamento da relação entre os setores de controle da qualidade e produtivo é fundamental para que as causas de variações no processo sejam evidenciadas. Além disso, os indivíduos envolvidos no processo produtivo devem estar alinhados com os objetivos comuns do processo, para que assim possam contribuir para o melhor desempenho da organização.

O estudo fornece subsídios para que estudantes de graduação e pesquisadores entendam o CEP e sua aplicabilidade, bem como fornece procedimentos e resultados que possam ser confrontados em estudos complementares e/ou similares.

Uma limitação da pesquisa é que as ações de melhorias apontadas não foram aplicadas na indústria, e os resultados não foram novamente monitorados, em decorrência de questões relativas ao interesse da indústria, tempo, recursos, entre outros.

Sugere-se a realização de estudos futuros, que se propõem em: i) Selecionar uma metodologia para atuar no tratamento das causas especiais e no gerenciamento de um plano de ação para as causas comuns do processo, e; ii) Estimar a função perda para as características de qualidade analisadas neste trabalho.

Referências

Associação Brasileira de Engenharia de Produção – Abepro (2008). *Áreas e subáreas da Engenharia de Produção*. Recuperado em 20 de setembro, 2016, de <http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&s=1&c=362>

Faria, E. P., Andrade, C., & Silva, E. M. (2008) O CEP como ferramenta de melhoria de qualidade e produtividade nas organizações. *Anais do V Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, Rio de Janeiro: AEDB.

Gejdoš, P. Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control. (2015). *Procedia Economics and Finance*, 34, p. 565-572. Recuperado em 02 abril, 2018, de 10.1016/S2212-5671(15)01669-X.

Gonçalves, T. V. A. (2011). *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, Universidade de Formiga, Formiga.

Henning, E., Walter, O. M. C. F., Souza, N. S., & Samohyl, R. W. (2014). Um estudo para a aplicação de gráficos de controle estatístico de processo em indicadores de qualidade da água potável. *Revista Sistemas & Gestão*, 9(1), 2-13. Recuperado em 02 abril, 2018, de <http://dx.doi.org/10.7177/sg.2014.V9.N1.A1>.

Juran, J. M. (1997). *A qualidade desde o projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços* (3a ed.). São Paulo: Pioneira.

Liepina, R.; Lapina, S. & Mazais, J. (2014). Contemporary Issues of Quality Management: Relationship between Conformity Assessment and Quality Management. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 110, p. 627-637.

Lima, G. O., Cruz, R. F. A., Vale, S. R. M., & Carneiro, E. C. R. L. (2009) Metodologia para implantação de um sistema de gestão da qualidade em um centro de diálise. *Acta Paul Enferm*, 22(1), p. 271-278. Recuperado em 02 abril, 2018, de <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-21002009000800028>.

Lunelli, A., & Treichel, A. (2008). Recrutamento e seleção: como fazer uma entrevista? [S.l.]. *Instituto Catarinense de pós-graduação*. Recuperado em 20 de outubro, 2016, de <http://www.icpg.com.br>.

Madanhire, I., & Mbohwa, C. (2016). Use Application of Statistical Process Control (SPC) in Manufacturing Industry in a Developing Country. *Procedia CIRP*, 40, p. 580-583. Recuperado em 02 abril, 2018, de 10.1016/j.procir.2016.01.137.

Marino, L. H. F. C. (2006). Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial. *Anais do XIII Simpósio de Engenharia de Produção*, Bauru: UNESP.

Minitab®. (2016). *Suporte ao Minitab® 17*. Recuperado em 10 de outubro, 2016, de <http://support.minitab.com/pt-br/minitab/17/>.

Montgomery, D. C. (2009). *Introdução ao controle estatístico da Qualidade* (4a ed.). Rio de Janeiro: LTC.

Morettin, P. A. & Bussab, W. O. (2003). *Estatística básica* (5a ed.). São Paulo: Saraiva.

Mucidas, J. H. (2010). *Aplicação do controle estatístico do processo no envase de leite UHT em uma indústria de laticínios*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

Noyel, N., Thomas, P., Charpentier, P., Thomas, A., & Beauprêtre, B. (2013). Improving production process performance thanks to neuronal analysis. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(7), 432-437.

Passos, F. G. (2010). *Controle estatístico do processo (CEP) como instrumento para tomada de decisão: estudo de caso em uma empresa de extração de óleo vegetal em Juazeiro – BA*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro.

Pires, V. T. (2000). *Implantação do controle estatístico do processo em uma empresa de manufatura de óleo de arroz*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Reis, M. M. (2001). *Um modelo para o ensino do controle estatístico da qualidade*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Ribeiro, J. L. D., & Ten Caten, C. S. (2012). *Série monográfica qualidade: controle estatístico do processo*. Porto Alegre: FEENG/UFRGS. Recuperado em 27 setembro, 2016, de http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf.

Sancho, J., Pastor, J. J., Martínez, J., & García, M. A. (2013). Evaluation of Harmonic Variability in Electrical Power Systems through Statistical Control of Quality and Functional Data Analysis. *Procedia Engineering*, 63, p. 295-302. Recuperado em 27 setembro, 2016, de 10.1016/j.proeng.2013.08.224.

Silva, E. B. (2003). *Planejamento e controle da produção sob a ótica da empresa incorporadora*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Simanová, L., & Gejdoš, P. (2015). The Use of Statistical Quality Control Tools to Quality Improving in the Furniture Business. *Procedia Economics and Finance*, 34, p. 276-283. Recuperado em 02 abril, 2018, de 10.1016/S2212-5671(15)01630-5.

Siqueira Primo, L. G. (1997). *Controle estatístico do processo*. São Paulo: Pioneira.

Toledo, J. C. (2007). *Visão geral dos métodos para análise e melhoria da qualidade*. São Carlos: USCAR.

Toledo, J. C., Borrás, M. A. A., Mergulhão, R. C., & Mendes, G. H. S. (2013). *Qualidade – gestão e métodos*. Rio de Janeiro: LRC.

Vergara, S. C. (2007). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração* (9a ed.). São Paulo: Atlas.

Verri, L. B. (2015). *Controle da qualidade de materiais*. Rio de Janeiro: IEAQ.

Amostra	Data	Força Release					
		Direito			Esquerdo		
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3
1	06/ set	12,9	12	15	13,1	13	12,7
2		13,6	11,5	14,8	13,3	11	12
3		13,4	13,3	13,5	12,7	12,5	12,5
4		12,3	12	14,8	13,7	14	11,6
5		13,2	12,3	13,3	13,8	12,8	12
6		13,6	14,7	14,7	13	14	13,3
7		13,3	15	12	13,5	14	12,6
8		14,3	13,8	14	14,6	12,3	13,6
9		13	13,5	11,6	13,6	10,3	11,5
10		12,6	13,6	12,9	12,8	11,9	12,3
11	07/ set	12,6	14,3	12,7	13,7	14,6	12,3
12		15,3	14,2	12,6	15,4	12,8	12
13		13,4	16,7	13,3	13,3	14,2	12
14		13,6	16,4	13,3	12,8	13,7	12
15		15,3	13,3	12,6	12,8	12,2	10,7
16		12,8	12,5	13,9	12,2	11,2	13,5
17		12,9	11,1	12,6	12,5	12,7	11
18		17,7	10,3	14,5	16,4	10,9	11,5
19		15	15,2	12,8	14,9	15,3	12,6
20		14,5	14	12,9	14,2	15	12,6
21	13/ set	17	16	12,5	18,6	13,5	10,7
22		12,6	11,7	13,5	13,1	10,7	12
23		13,8	14,7	14,2	13,1	13,7	13,6
24		15,6	13,8	15	15,4	18,6	13,9
25		12,4	10,9	10,5	14,2	11,3	10,9
26		12,5	11,8	12,3	13	11	12,5
27		13,5	11,5	15	13,2	12,2	13,7
28		16,4	12,8	13,6	14,3	13,2	13,3
29		9,5	10,5	13,2	10,7	9,7	13,1
30		10,9	12	12,4	12,4	12	12
31	14/ set	15	14,8	15	14,4	15,6	13,9
32		14,3	15,3	12,8	13,7	14,9	13,5
33		12,2	15,2	13,5	12,4	15,9	13,3
34		13	13,2	14	14	14,2	11,5
35		12,1	13,6	13,2	13,6	14,2	12,1
36		15	15,3	12	15	16,2	12,3
37		15	13,2	13	14,3	14,5	12
38		13,2	13,6	13,8	13	13,5	14
39		12,3	13,3	13,5	14,2	13,6	13,3
40		11,4	13,1	12,5	13,1	13,4	12,2

Quadro 4: Folha de verificação para a variável força release do autoadesivo

Fonte: Dados coletados na Empresa estudada. Elaborado pelos autores (2016).

Amostra	Data	Gramatura de Adesivo					
		Direito			Esquerdo		
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3
1	06/ set	19	18,6	17,2	18,8	18,3	17,3
2		18	19,2	18,6	18	19,1	18,7
3		19,7	20,3	18,3	20	20,5	18,2
4		18	19	17,3	18,3	18,8	17,6
5		18,7	19,7	18,6	19	19,7	18,6
6		18,3	18,2	18,6	18,9	18	19,2
7		18,5	18,8	18	18,6	18,5	19,3
8		18,6	18	19,9	18,8	18,6	20,3
9		19,5	18,4	19	19,3	18,8	20,4
10		18,6	18	19	19	18,3	18,8
11	07/ set	18,8	19,3	18,4	18,9	19,2	19
12		18,5	19,1	19	18,7	19	18,6
13		18,3	19,6	19	18,6	19,1	18,3
14		19,2	19,5	18,9	19,6	19,7	20,3
15		18,6	19,3	18,5	18,3	19	18,3
16		18,5	19,2	19,3	18,8	19,5	19,6
17		19	19,6	19,3	18,6	19,3	19,6
18		18,3	19,5	19,1	18,6	19,3	18,7
19		17,5	18	18,6	17,9	18	18,7
20		17,4	18,5	18,3	18,5	19	18,7
21	13/ set	18,6	19	19,6	18,5	18,3	19,7
22		18,6	18,8	18,6	18,6	18,4	18,6
23		19,2	18,6	18,4	19	18,4	19
24		18,6	19,6	19	18,6	18,7	18,9
25		18,6	18,4	19	18,6	18	18,8
26		18,5	18,5	19,6	18,5	18,3	19,4
27		18,2	18,8	18,9	18,7	19,3	19
28		18,3	17,7	19,2	18,9	17,4	19,9
29		18,7	17,9	19,5	19	18	18,8
30		19	18,5	19	18,5	18,2	18,9
31	14/ set	18,7	19	19	18,6	18,8	19,6
32		18,6	19,2	18	18,9	19,7	19
33		19	17,7	20	19,2	18,5	18,6
34		19,6	18,5	17,4	19,6	19,3	17,4
35		19,3	18,3	18,4	19,7	19,1	18,1
36		18,3	17,6	18	18,6	17,7	18,2
37		19,6	19,1	18,4	19,3	17,8	17,7
38		19,6	18	18,3	18,5	17,7	17,1
39		19,3	18,6	17	19,4	18	17,3
40		19,1	18	18,4	19	18,1	18

Quadro 5: Folha de verificação para a variável gramatura de adesivo

Fonte: Dados coletados na Empresa estudada. Elaborado pelos autores (2016).

Apêndice A

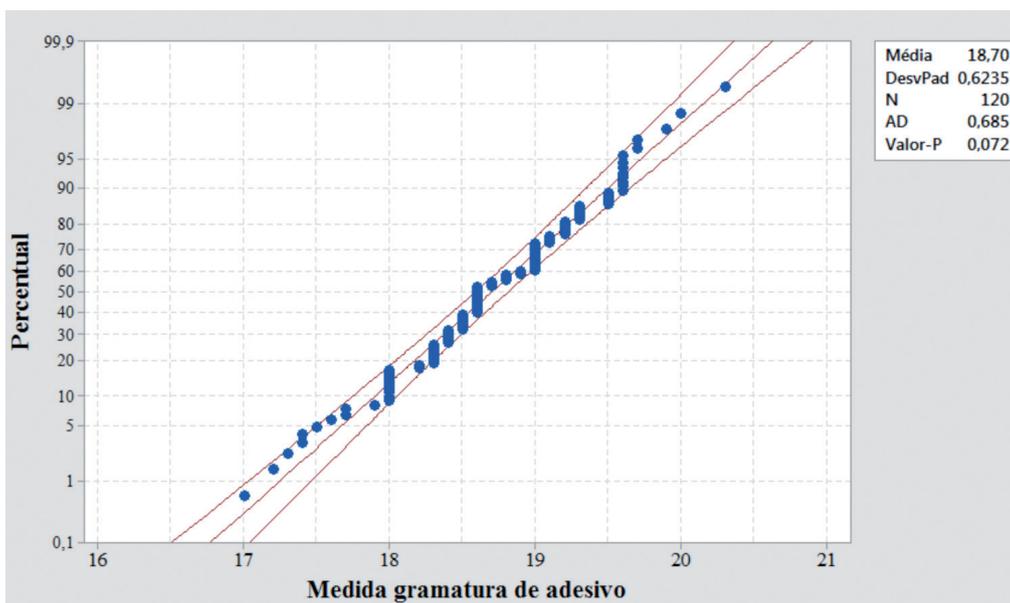


Figura 13: Teste de normalidade para os dados de gramatura de adesivo do lado direito das bobinas
 Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

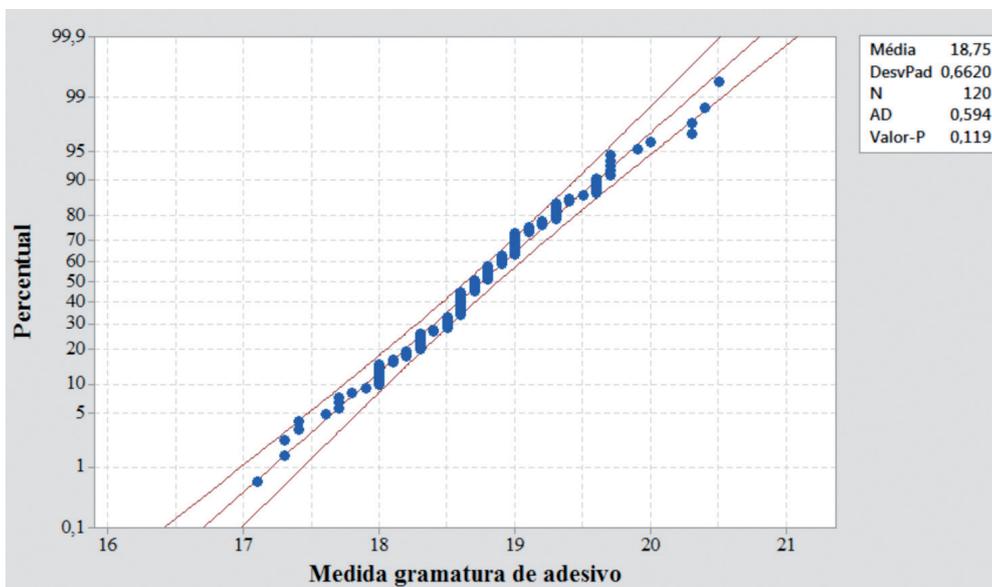


Figura 14: Teste de normalidade para os dados de gramatura de adesivo do lado esquerdo das bobinas
 Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

Apêndice B

(Continua...)

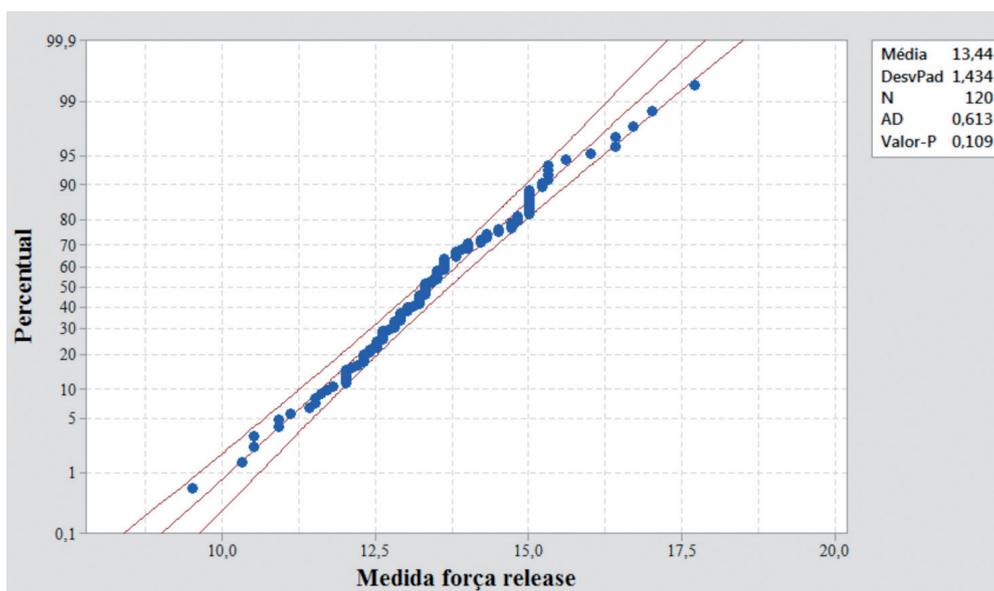


Figura 15: Teste de normalidade para os dados de força release do lado direito das bobinas.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

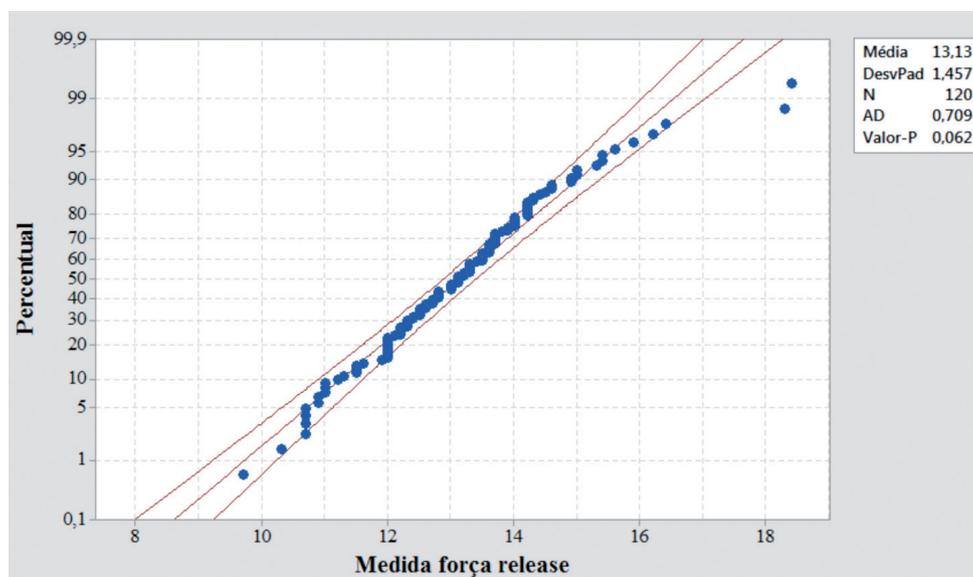


Figura 16: Teste de normalidade para os dados de força release do lado esquerdo das bobinas.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2016), a partir de dados obtidos na Empresa estudada.

(Continuação) Apêndice B

Recebido em 27 mai. 2017 / aprovado em 18 set. 2017

Para referenciar este texto

Oliveira, G. D., Santos, J. D., Vander Luiz Silva, V. L. & Röder, C. Aplicação do controle estatístico do processo em uma indústria de autoadesivos. *Exacta*, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 135-154, 2018.