

Redução do índice de deslocamento de flocos em calçados plásticos por meio da metodologia Seis Sigma

Reduction of flaking flaking index in plastic shoes using the Six Sigma methodology

Eder da Silva Xavier* - eder.xavier55@gmail.com
Mauricio Johnny Loos* - mauricioloos@hotmail.com
*FBUi - Centro Universitário Farias Brito

Article History:

Submitted: 2020 - 05 - 02

Revised: 2020 - 06 - 15

Accepted: 2020 - 06 - 30

Resumo: O processo de flocagem possui grande importância para a empresa em questão, pois tem agregado valor relevante aos calçados, principalmente em coleções de inverno. Contudo, este processo possui um dos maiores PPM (pares por milhão) da fábrica, sendo o deslocamento da camada de flocos do calçado o maior modo de falha. Diante desse cenário pretende-se trabalhar com a seguinte problemática: como reduzir o índice de deslocamento de flocos em calçados plásticos por meio da metodologia seis sigma? Além do objetivo geral pretende-se ainda identificar quais os principais fatores estão relacionados ao deslocamento de flocos, a fim de se obter uma maior aderência no substrato. O presente artigo evidenciou, por meio das informações obtidas e das análises realizadas, uma redução considerável no nível de deslocamento de flocos, definindo ainda o nível de cada fator a se trabalhar e quais desses fatores são mais relevantes para a performance da aderência. Como proposta de processo tem-se a sugestão de aumentar a camada de adesivo aplicado na superfície do calçado, sendo esta variável a que mais influenciou os resultados.

Palavras-chave: Processo de flocagem; Seis sigma; PPM; Cpk; Resistência à abrasão

Abstract: The flocking process is of great importance for the company in question, as it has added significant value to footwear, especially in winter collections. However, this process has one of the highest PPM (pairs per million) in the factory, with the flaking layer of the footwear being the biggest failure mode. In view of this scenario, we intend to work with the following problem: how to reduce the flaking index in plastic shoes using the six sigma methodology? In addition to the general objective, it is also intended to identify which are the main factors related to flaking flaking, in order to obtain a greater adherence of this to the substrate. This article showed, through the information obtained and the analyzes carried out, a considerable reduction in the level of flaking flaking, also defining the level of each factor to be worked on and which of these factors are more relevant to the performance of the adhesion. As a proposal for a process, there is a suggestion to increase the adhesive layer applied to the footwear surface, this variable being the one that most influenced the results.

Keywords: Flocking process; Six sigma; PPM; Cpk; Abrasion resistance

1. Introdução

O processo de flocagem da indústria em questão tem papel fundamental na construção de uma cartela de produtos com maior valor agregado e possui características peculiares que uni moda, designe conforto. O processo de flocos deu início na empresa em questão em 2011 e desde então tem se mantido em coleções que caracterizam a estação inverno. Contudo, possui um dos maiores níveis de devolução de mercado quando comparado com outros processos. Embora seja um processo que agrega maior valor ao produto, existe ainda um grande nível de devoluções de mercado, originado pelo deslocamento de flocos, seguido de manchas, falhas e tonalidades.

Partindo então do cenário atual e utilizando-se da metodologia seis sigma em uma empresa calçadista de grande porte situada na cidade de Fortaleza-CE, esta pesquisa busca propor de forma convincente, relacionar os fatores que mais influenciam o deslocamento de flocos bem como definir o nível ideal para cada fator, a fim de elevar a resistência à abrasão de flocos. Logo, o artigo tratará de reduzir a variabilidade do modo de falha (soltando) o qual é o que mais se destaca nas devoluções. Através deste contexto geral é que se propõe a seguinte questão: como reduzir o índice de deslocamento de flocos em calçados plásticos utilizando a metodologia seis sigma?

Reduzir a variação dos processos tem sido um dos desafios de muitas empresas com o intuito de estabelecer processos mais estáveis e com melhor qualidade. Desse modo objetiva-se por meio de um projeto seis sigma reduzir o índice de devoluções por deslocamento em pelo menos 50%, garantindo assim a maximização na satisfação dos clientes. Como afirma Rodrigues (2014, p.18) “em um projeto seis sigma, o produto principal é a criação ou modificação de um processo, com foco na maior rentabilidade do negócio e no atendimento mais eficaz das necessidades e expectativas do cliente”.

Esta pesquisa tem como objetivo geral demonstrar como reduzir o índice de deslocamento de flocos em calçados plásticos utilizando a metodologia seis sigma. A questão norteadora também buscará definir através da metodologia seis sigma a melhor combinação entre os níveis dos fatores selecionados para o estudo, a fim de se obter um melhor resultado. Como objetivos específicos, pretende-se também:

- ✓ Conceituar o processo de flocagem;
- ✓ Demonstrar o fluxo do processo de flocagem da empresa em questão;

- ✓ Apresentar recomendações técnicas de fabricação do processo de flocagem;
- ✓ Conceituar a metodologia seis sigma; e
- ✓ Conceituar as etapas da metodologia seis sigma utilizadas neste artigo.

Para cumprir seus objetivos, o trabalho primeiramente estabelece um referencial teórico, seguido por procedimentos metodológicos adotados, resultados obtidos e, finalmente, suas conclusões.

2. Revisão da literatura

A seguir será apresentada uma fundamentação teórica sobre processo de flocagem e metodologia seis sigma, com o objetivo de fundamentar as análises e resultados adquiridos a partir do estudo realizado.

2.1. Processo de flocagem

O processo de flocagem é muito mais abrangente do que se pode imaginar. É conhecido por dar um efeito aveludado a superfície onde está sendo aplicado. O processo de flocagem deposita minúsculas partículas de fibras (flocos) em uma superfície. A aplicação é bastante simples. Na compreensão de Yshii (2015) “é necessário apenas cola e um equipamento apropriado para flocagem. O equipamento eletrostático é que aplica os flocos através de uma bandeja, depositando os flocos no substrato”. É o campo eletrostático (negativo e positivo) que garante com que as fibras fiquem em “pé” deixando o substrato com um toque aveludado nas peças. Para Yshii (2015) “pode-se até jogar os flocos com a mão, mas o resultado é muito pobre”.

A flocagem também pode ser realizada por razões funcionais, como isolamento térmico, fricção e redução de reflexo além de outros.

Embora simples por um lado, pode parecer complexo por outro, pois inúmeros fatores podem prejudicar a aplicação de flocos como umidade do ar, temperatura do ambiente, preparação do substrato, etc.

2.2. Técnicas de fabricação do processo de flocagem

Neste tópico serão aprofundadas algumas recomendações técnicas sobre o processo de flocagem adquiridas a partir de contatos realizados com fornecedores da empresa em questão, e que servirão de fonte na elaboração dos experimentos que serão realizados durante o projeto. Sendo assim, serão apresentadas as principais recomendações técnicas que têm como

objetivo garantir uma aderência de flocos no substrato. São elas: preparação do substrato e aplicação do adesivo.

2.3. Preparação do substrato

A preparação do substrato, quando se trata de materiais plásticos, se dá inicialmente pela limpeza do substrato. Na empresa em questão a limpeza é realizada com solvente e o auxílio de uma meia, que tem por finalidade remover impurezas e oleosidades do processo anterior (injeção). Atualmente, a empresa entende que essas impurezas e oleosidades são vilãs para uma boa aderência de flocos na superfície onde está sendo aplicado. Na sequência, após a secagem do solvente é aplicado uma camada de primer que tem como finalidade obstruir os poros do substrato a fim de evitar a migração de óleo da superfície interna para a externa do substrato, além de promover uma espécie de ancoragem, a fim de fixar melhor o adesivo na superfície.

2.4. Aplicação do adesivo

A aplicação do adesivo é uma etapa crucial para o processo de flocagem, pois em caso de falhas na aplicação, áreas “carecas” poderão aparecer. Em todo o caso, o adesivo tem que ser impedido de alcançar as áreas que não são para ser flocadas. Neste caso, recomenda-se proteger as áreas com uma máscara ou lacrar com fita adesiva.

O substrato tem de ser preparado de tal maneira que o adesivo não seja absorvido pela superfície. Portanto, com substratos porosos (madeira por exemplo), uma preparação para eliminar a porosidade tem de ser realizada antes da aplicação do adesivo, a fim de fechar corretamente os poros. Sem este procedimento o adesivo de flocos vai penetrar no substrato durante o processo de secagem e as fibras de flocos não agarrarão adequadamente à superfície, isto é, após a limpeza final áreas “carecas” aparecerão. A fim de alcançar robustez e resistência à abrasão, é necessário que as fibras dos flocos não sejam apenas aderidas com as suas arestas de corte no adesivo, mas deve-se penetrar dentro da camada de adesivo a uma profundidade de aproximadamente um décimo do seu comprimento. Isto significa que a espessura do adesivo seco tem de ser pelo menos de um décimo do comprimento de flocos. Deve-se ter atenção para o fato de que os adesivos podem conter água ou solvente que estão evaporando durante o procedimento de secagem. Com os sistemas à base de água, estes são de aproximadamente 50%.

2.5. Metodologia seis sigma

É uma abordagem sistemática que tem como objetivo principal reduzir a variabilidade do processo. Possui uma combinação adequada de ferramentas estatísticas qualitativas e quantitativas podendo trazer ótimos resultados financeiros. Na concepção de Galvani e Carpinetti (2013, p.695) “a implantação de programas de qualidade pode ser um diferencial e uma vantagem competitiva na busca pela participação no mercado. Na compreensão de Keller e Keller (2011, p. 03) “seis sigma é uma implantação rigorosa, focada e altamente eficiente das técnicas e princípios de qualidade comprovadas. A satisfação das necessidades e expectativas dos clientes também faz parte das entregas da metodologia seis sigma. Segundo Rotondaro (2002, p.18) “seis sigma é uma filosofia de trabalho para alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio da compreensão das necessidades do cliente (internas e externas). É um conceito que se concentra no cliente e no produto”.

A filosofia seis sigma pode, além de trazer resultados quantitativos, promover uma cultura disciplinada das pessoas envolvidas. Na compreensão de Rotondaro (2002, p.20) “implementar o seis sigma em uma organização cria uma cultura interna de indivíduos educados em uma metodologia padronizada de caracterização, otimização e controle de processos”.

Sob o ponto de vista de Rodrigues (2004, p.10) “a metodologia seis sigma trata a qualidade de forma sistêmica, considerando todas as ações e setores de uma organização e não somente as não-conformidades de processos específicos”.

2.6. Etapas da metodologia seis sigma

Nas etapas relacionadas à metodologia seis sigma buscou-se conceituar de forma clara e objetiva as fases utilizadas neste artigo. São elas:

2.6.1. Mapa de raciocínio

O mapa de raciocínio é uma documentação contínua do conhecimento existente, das perguntas feitas, e das ações a serem conduzidas. É no mapa onde tem-se todas as informações de como está o andamento do projeto e para onde deve-se ir. É a primeira ferramenta a ser criada, pois dela é que serão direcionadas as ações futuras. As perguntas lideram e as respostas seguem. Na opinião de Werkema (2007, p.02) “a principal característica da ferramenta é o seu caráter dinâmico, ou seja: ele deve ser um documento evolutivo, que funciona como um diário de bordo do trabalho”. O Mapa de Raciocínio deverá

registrar, em tempo real, as perguntas a serem respondidas e os novos conhecimentos adquiridos na busca das respostas a essas perguntas, durante o desenvolvimento do projeto.

2.6.2. Mapa de processos

É o mapeamento do processo passo a passo (fronteiras, entradas e saídas, clientes e fornecedores, principais atividades, subprocessos e donos dos processos) e serve para verificar pontos do processo que precisam melhorar. Segundo Rodrigues (2004, p.19) “o mapa do processo busca apresentar informações relacionadas a cada atividade de um processo, voltadas aos seus aspectos de entrada, processamento e saída, para análise e consequentemente, propostas de otimização. Na compreensão de Alvarez (2012, p. 343) “quando se desenvolve a análise das causas, trata-se de estudar criteriosamente todos os dados coletados na etapa anterior, transformá-los em informações buscando detectar as causas que determinam os resultados obtidos no processo.

Para Werkema (2011, p. 20) “o mapa de processos é usado para documentar o conhecimento existente sobre um processo e deve documentar como o processo realmente funciona – todas as operações, que agregam valor ou não, devem ser incluídas. Na visão de Aguiar (2002, p. 105) o objetivo do mapa de processos é “dispor um fluxograma de processo com informações sobre as entradas e saídas dos seus subprocessos, seus parâmetros de processos (controlados ou não) e dos produtos em processo (produto em formação).

2.6.3. Mapa de produto

É o mapeamento do produto, componente a componente. Serve principalmente para verificar qual componente agrega valor ao produto e/ou em qual componente deve-se atacar para concluir o projeto. O mapa de produto auxilia também na identificação de onde focar os esforços de melhoria. É uma ferramenta de visualização que estimula mais perguntas e ideias. “O mapa de produto “é um documento vivo no qual se registra as funções que cada componente individual entrega para determinação do objetivo”(ZAGO, 2012).

2.6.4 Análise do sistema de medição

Esta ferramenta serve para validar o método de medição para que se possa garantir que a medida que é feita no projeto possa ser replicada por todos e por qualquer instrumento que seja utilizado. Segundo Keller e Keller (2011, p.197) “a qualidade começa com a medição, ou

seja, só é possível estabelecer uma discussão significativa quando a quantidade é quantificada. A medição é algo bastante simples: a medição é a atribuição de números aos fenômenos observados de acordo com determinadas regras”.

O sistema de medição segue as seguintes etapas:

- ✓ Identificar o processo de medição que precisa-se validar;
- ✓ Fazer o mapa de processo para a medição;
- ✓ Fazer a árvore de amostragem para a coleta de dados;
- ✓ Verificar qual instrumento de medição será utilizado;
- ✓ Coletar os dados da medição; e
- ✓ Analisar se o sistema de medição está aprovado.

Na compreensão de Rotondaro (2002, p.98) “o objetivo de qualquer sistema de medição é o de fornecer dados com precisão e exatidão das características lidas”.

2.6.5 Análise de dados dos coeficientes de variação

É uma amostragem utilizada para verificar como está o processo atual. Serve para dar um norte com relação a alguns pontos que se destacam no mapa de processo e/ou mapa de produto. Para analisar a situação atual não se deve fazer simulações com os níveis dos fatores identificados no processo e/ou produto. Para isso deve-se considerar apenas as variáveis existentes no processo e/ ou produto.

A análise da situação atual segue as seguintes etapas:

- ✓ Planejar uma árvore de amostragem contendo alguns ruídos dos mapas de processo e produto;
- ✓ Coletar os Dados; e
- ✓ Analisar os dados.

2.6.6 Design of experiments (DOE)

É a simulação dos fatores críticos que compõem o processo e que tem como objetivo identificar e analisar o que está ocasionando o problema, e como se chegará ao objetivo. Na afirmação de Falconi (1999, p.20) “um problema é o resultado indesejável de um processo. Portanto, como o item de controle mede o resultado de um processo pode-se dizer que “problema é um item de controle com o qual não se está satisfeito”. Serve para dar um norte

de onde deve-se sair para chegar ao objetivo. Para Keller e Keller (2011, p. 352) “o projeto de experimentos desempenha um papel importante na melhoria da qualidade. Nesta etapa são definidas as variáveis críticas do processo e analisa-se qual a influência de cada uma em relação à resposta (neste caso é a resistência à abrasão).

Na concepção de Rotondaro (2002, p.234) “os experimentos são testes conduzidos de forma planejada, em que as entradas (ou fatores ou variáveis controladas) são alteradas de modo planejado para avaliar seu impacto sobre uma saída (ou resposta). Na concepção de Keller e Keller (2011, p.353) “um experimento projetado é um experimento onde se acredita que um ou mais fatores, chamados de variáveis independentes, tenham um efeito sobre o resultado de acordo com um plano pré-determinado.

3. Procedimentos metodológicos

O presente estudo tem como proposta apresentar uma abordagem tanto qualitativa como quantitativa para o seu desenvolvimento, já que como objetivo tem-se a redução do nível de deslocamento de flocos por meio de métodos estatísticos.

A metodologia utilizada para a realização deste artigo foi a pesquisa experimental, pois dentro de sua elaboração será necessário realizar experimentos de forma a entender quais os fatores que possuem maior relevância no deslocamento de flocos, bem como definir a melhor combinação entre os níveis desses fatores. Os dados deste artigo utilizados na etapa do sistema de medição, análise da situação atual e de experimentos foram coletados a partir de testes realizados em laboratório por meio de equipamento utilizado para averiguação da resistência à abrasão em superfícies planas e analisados com o auxílio do software MiniTab.

A abordagem metodológica deste artigo obtém-se por meio de estudo de caso, o qual desenvolveu-se em estratégia de análise de uma situação real. Na compreensão de Yin (2015, p.02) a pesquisa de estudo de caso é “uma das várias maneiras de realizar uma pesquisa nas ciências sociais. Outras maneiras incluem experimentos, levantamentos, histórias e análise de arquivos, como modelagens econômica ou estatística.

4. Explicação da situação atual

O processo de flocagem na indústria em questão tem papel fundamental na construção de uma cartela de produtos com maior valor agregado e possui características peculiares que uni moda, designe conforto. O processo de flocos deu início na empresa em questão em 2011 e desde então tem se mantido em coleções que caracterizam a estação inverno. Contudo,

possui um dos maiores níveis de devolução de mercado quando comparado com outros processos, conforme mostra a Figura 1.

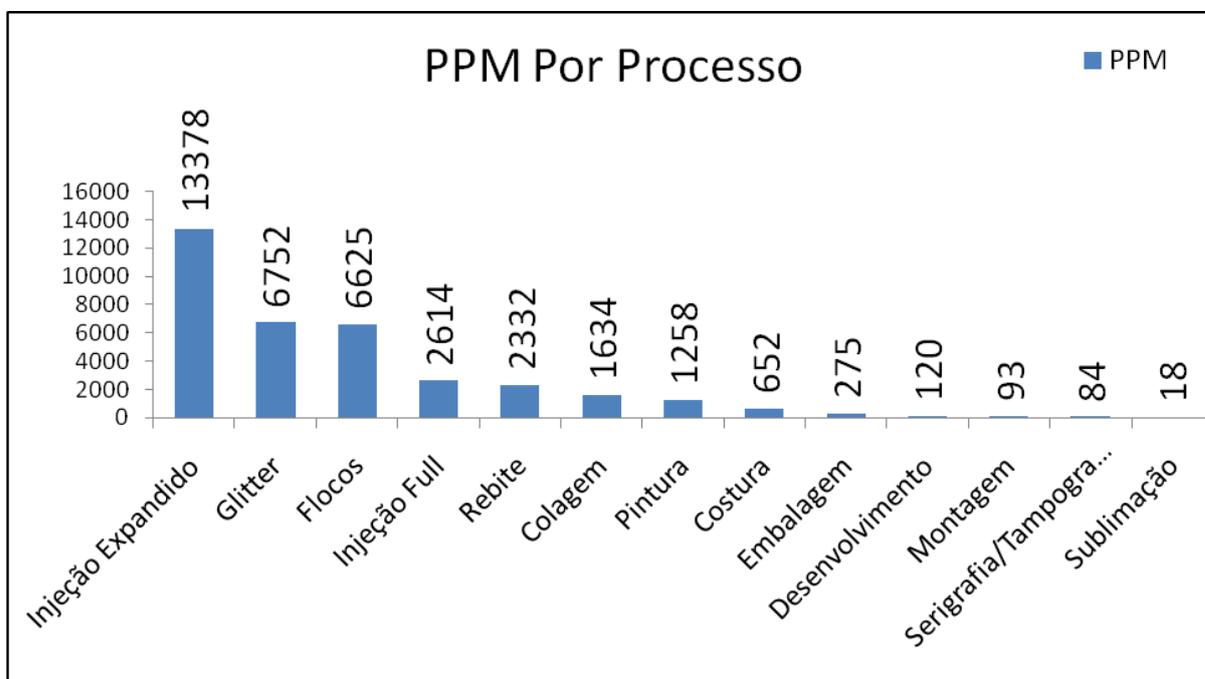


Figura1 - PPM por processo

Fonte: Setor de engenharia e qualidade da empresa em questão (2018)

Embora seja um processo que agrega maior valor ao produto, existe ainda um grande nível de devoluções de mercado, originado pelo deslocamento de flocos, seguido de manchas, falhas e tonalidades, conforme mostra a Figura 2.

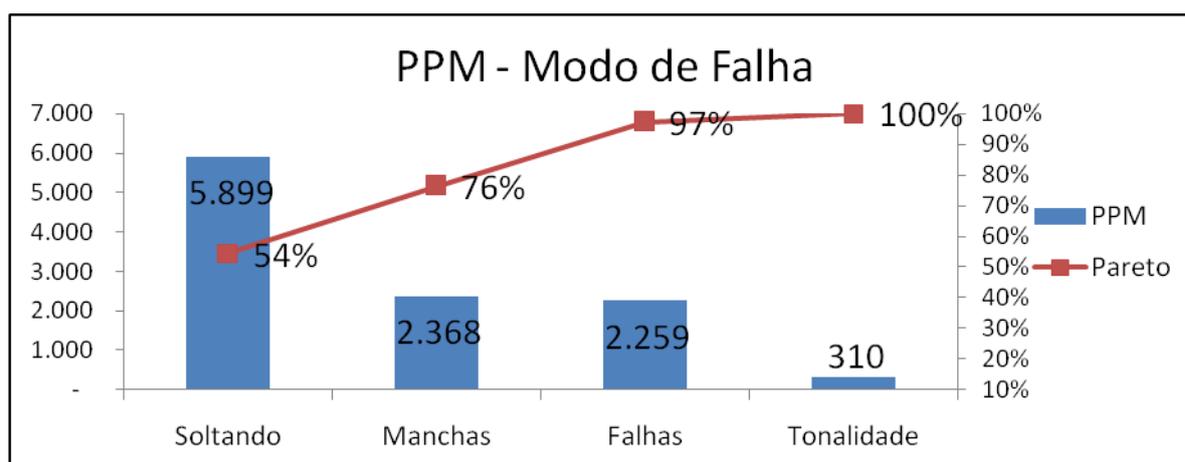


Figura 2 - Pareto por modo de falha referente ao processo de flocagem

Fonte: Setor de engenharia de qualidade da empresa em questão (2018)

Partindo então do cenário atual e utilizando-se da metodologia seis sigma em uma empresa calçadista de grande porte situada na cidade de Fortaleza - CE, esta pesquisa busca propor de forma convincente, relacionar os fatores que mais influenciam o deslocamento de

flocos bem como definir o nível ideal para cada fator, a fim de elevar a resistência à abrasão de flocos. Logo, o artigo tratará de reduzir a variabilidade do modo de falha (soltando) o qual é o que mais se destaca nas devoluções. É possível ainda estratificar-se por área, onde a que mais ocorre deslocamento é a do cabedal, conforme mostra a Figura 3.

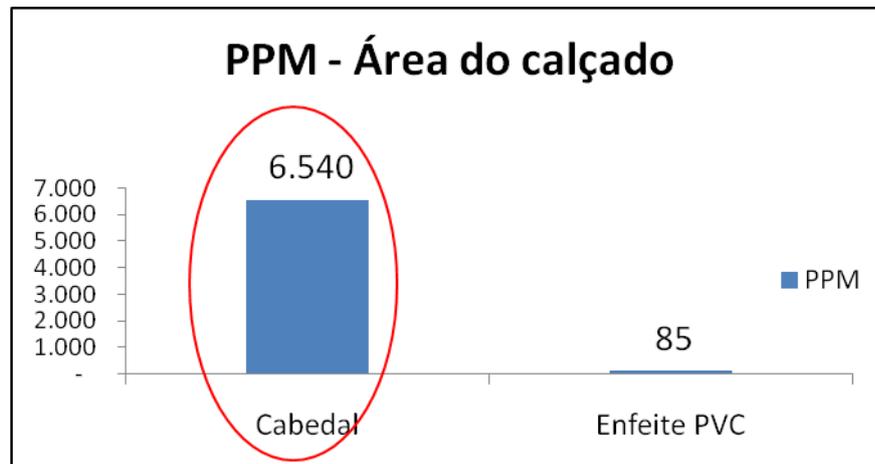


Figura 3 - PPM por área de calçado

Fonte: Setor de engenharia de qualidade da empresa em questão (2018)

5. Apresentação e discussão dos resultados

Para definir qual problema trabalhar neste estudo de caso, inicialmente levantou-se os dados referentes ao indicador de devoluções. Neste indicador tem-se o PPM de cada processo de fabricação existente na empresa em questão. De acordo com a Figura 4 o indicador de devoluções apresentou em um determinado intervalo de tempo a seguinte situação:

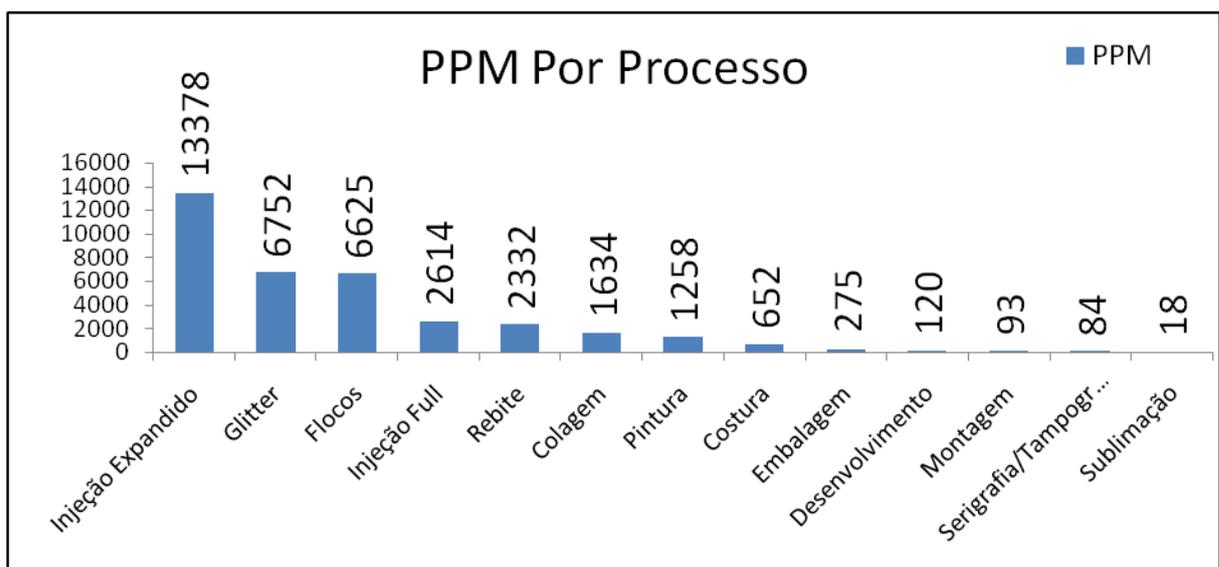


Figura 4 - PPM por processo

Fonte: Setor de engenharia e qualidade da empresa em questão (2018)

O processo que possui o maior PPM é o de injeção expandido com 13.378 PPM. Contudo, adotando como critério o alto valor agregado da matéria-prima (flocos), optou-se em trabalhar com o processo de flocagem que atualmente possui o terceiro maior PPM da empresa.

No estudo de caso serão abordados, por meio da metodologia seis sigma, quais os fatores do processo de flocagem obtiveram maior relevância em relação à resposta (resistência à abrasão). O objetivo geral desse estudo é melhorar a resistência à abrasão de flocos, afim de reduzir o índice de devoluções por soltura de flocos. O estudo de seis sigma foi dividido em seis etapas, sendo elas: mapa de raciocínio, mapa de processo, mapa de produto, análise do sistema de medição, coleta de dados (análise da situação atual), DOE.

5.1. Mapa de raciocínio

Nesta etapa fez-se todo o trabalho de investigação, identificando quais os porquês e realizando pesquisas, a fim de entender as etapas e técnicas definidas para o processo atual. No mapa de raciocínio identificou-se algumas situações que nortearão a construção das etapas seguintes, em especial a etapa de experimentos. Nessa etapa definiu-se desde já como seria desenvolvida cada etapa, inclusive o DOE (Design of Experiments). A Figura 5 mostra uma parte do desenvolvimento do mapa de raciocínio.

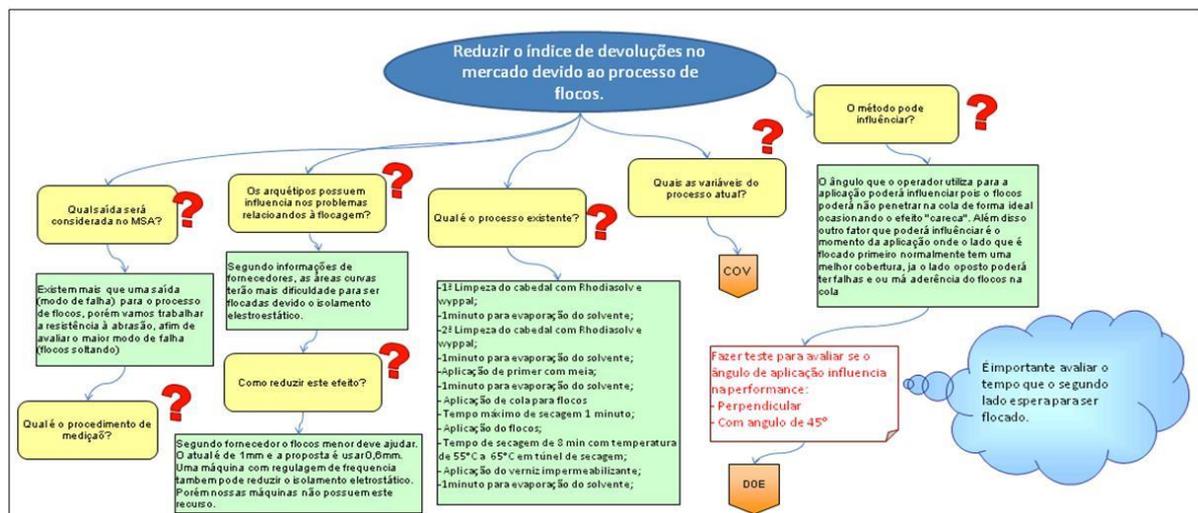


Figura 5 - Mapa de raciocínio referente ao estudo de seis sigma no processo de flocagem
Fonte: Autor (2018)

5.2. Mapa de processo

Essa etapa relacionou através de fluxo todas as etapas do processo, identificando as entradas e saídas de cada operação. As entradas de cada operação foram também classificadas em operações padrões, controláveis, ruído e críticas. É fundamental identificar de forma assertiva quais operações e/ ou entradas são consideradas críticas para o processo, pois será extremamente importante entender e trabalhar esses fatores na etapa de experimentos. Na Figura 6 é mostrado um exemplo de uma das etapas do processo de flocagem, através do mapa de processo.

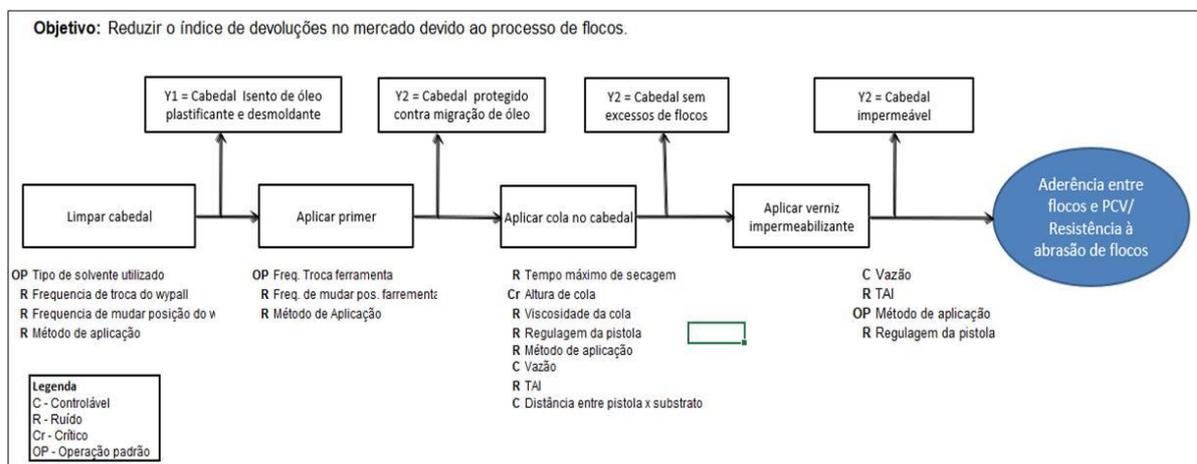


Figura 6 - Mapa de processo do processo de flocagem
Fonte: Autor (2018)

5.3. Mapa de produto

No mapa de produto relacionou-se todas as matérias-primas do produto conforme o que se pede em cada etapa do processo, com o intuito de visualizar de forma clara todas as matérias-primas passíveis de análise e/ ou possíveis questionamentos quanto ao tipo ou ao método de utilização, visando identificar possíveis anomalias e /ou melhorias. Na Figura 7 uma pequena parte da construção do mapa de produto é apresentada.

À princípio não identificou-se nenhum tipo de anomalia em relação aos tipos de materiais e/ ou forma de utilizá-los. Os mesmos serão utilizados na sua forma atual para as etapas seguintes.

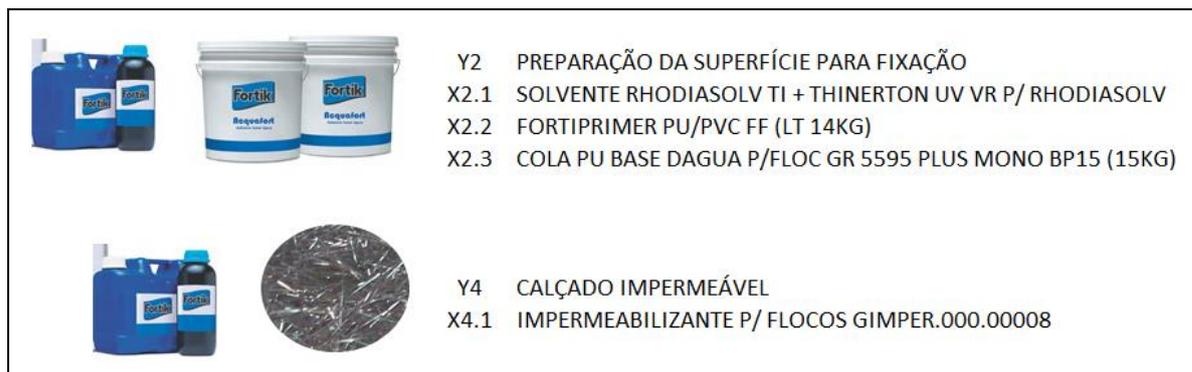


Figura 7 - Mapa de produto do processo de flocagem
 Fonte: Autor (2018)

5.4. Análise do sistema de medição

Para seguir com as etapas seguintes é crucial ter um bom sistema de medição, o qual possa fornecer níveis aceitáveis de variabilidade, caso contrário compromete-se o estudo, pois não se terão dados (medições) confiáveis.

Para a análise do sistema de medição estruturou-se a seguinte árvore de amostragem, conforme mostra a Figura 8.

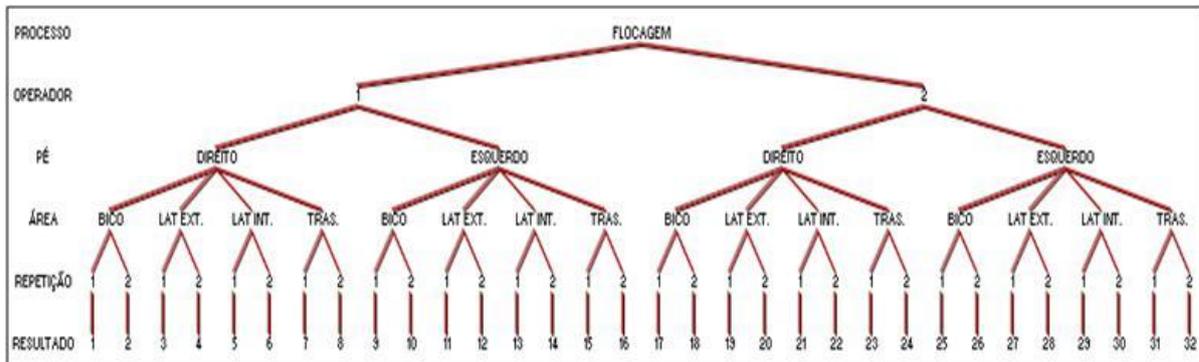


Figura 8 - Árvore de amostragem utilizada para validar o sistema de medição
 Fonte: Autor (2018)

No sistema de medição analisou-se dois indicadores: o de repetibilidade e o de reprodutibilidade. Nestes, avaliou-se o quanto os mesmos operadores, medindo a mesma peça com o mesmo dispositivo de medição conseguem obter aproximadamente a mesma medida, e o quanto diferentes operadores utilizando o mesmo dispositivo de medição medindo a mesma peça conseguem obter aproximadamente a mesma medida.

Ao todo foram realizadas 32 duas medições, nas quais se obteve os seguintes resultados, conforme mostra a Figura 9.

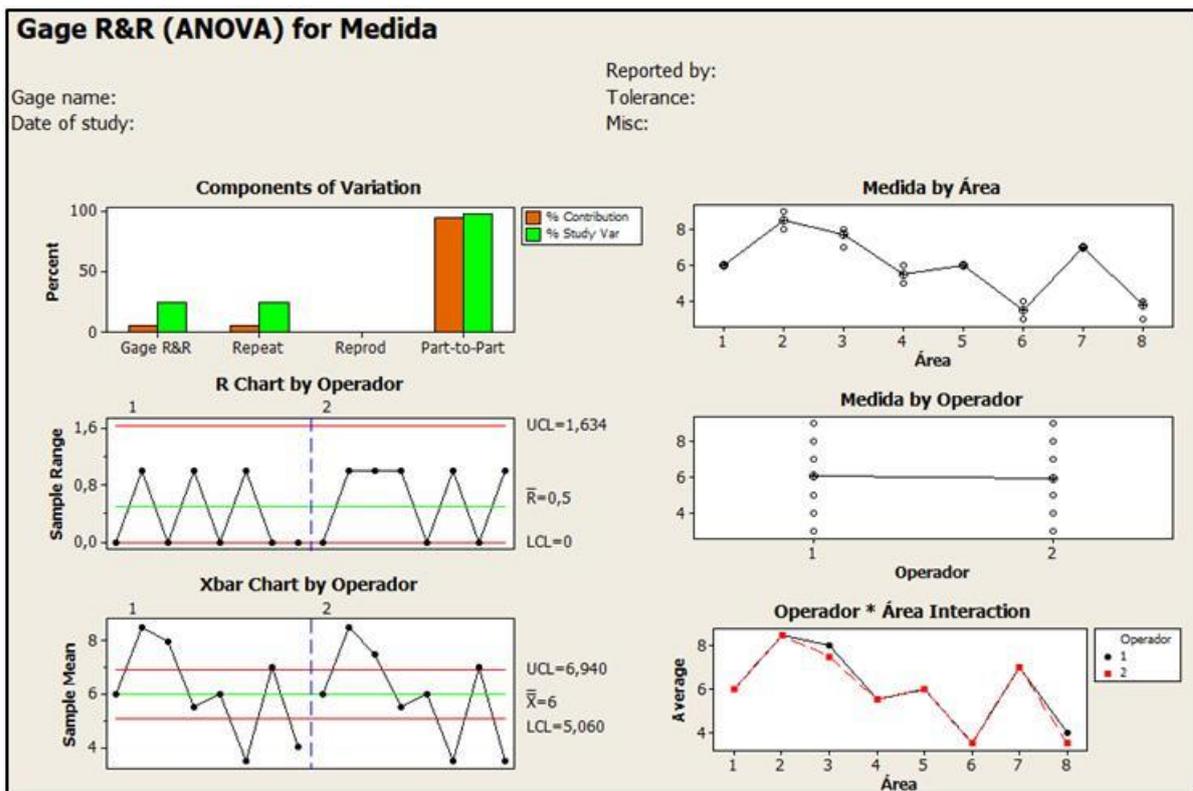


Figura 9 - Análise no sistema de medição (Teste R&R)
Fonte: Autor (2018)

O gráfico (*Components of Variation*) apresenta uma pequena variabilidade no sistema de medição, mostrando que a maior variabilidade está no processo. A Figura 10 mostra os valores estabelecidos pelo MiniTab quanto ao teste R&R.

Gage R&R			% Contribution (of VarComp)	
Source	VarComp			
Total Gage R&R	0,19022		5,82	
Repeatability	0,19022		5,82	
Reproducibility	0,00000		0,00	
Operator	0,00000		0,00	
Part-To-Part	3,07745		94,18	
Total Variation	3,26766		100,00	
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)		% Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,43614	2,6168		24,13
Repeatability	0,43614	2,6168		24,13
Reproducibility	0,00000	0,0000		0,00
Operator	0,00000	0,0000		0,00
Part-To-Part	1,75426	10,5256		97,05
Total Variation	1,80767	10,8460		100,00
Number of Distinct Categories = 5				

Figura 10 - Teste R&R
Fonte: Autor (2018)

O gráfico Xbar também sinaliza através de seus pontos que há reprodutibilidade, pois, os pontos de ambos os operadores são similares.

Além disso, o teste apresentou que o sistema de medição possui sensibilidade, ou seja, o sistema consegue distinguir as diferenças existentes entre as peças medidas. Com isso, aprovou-se o sistema de medição utilizado para o processo de flocagem.

5.5. Análise de dados dos componentes de variação

Para esta etapa assumiu-se como componentes de variação os mesmos elementos utilizados no sistema de medição: operadores, pé direito, pé esquerdo e área do calçado. Contudo, analisou-se um único produto, pois apenas este estava em processamento. Na Figura 11 mostra-se a estrutura de como se planejou os ensaios da situação atual.

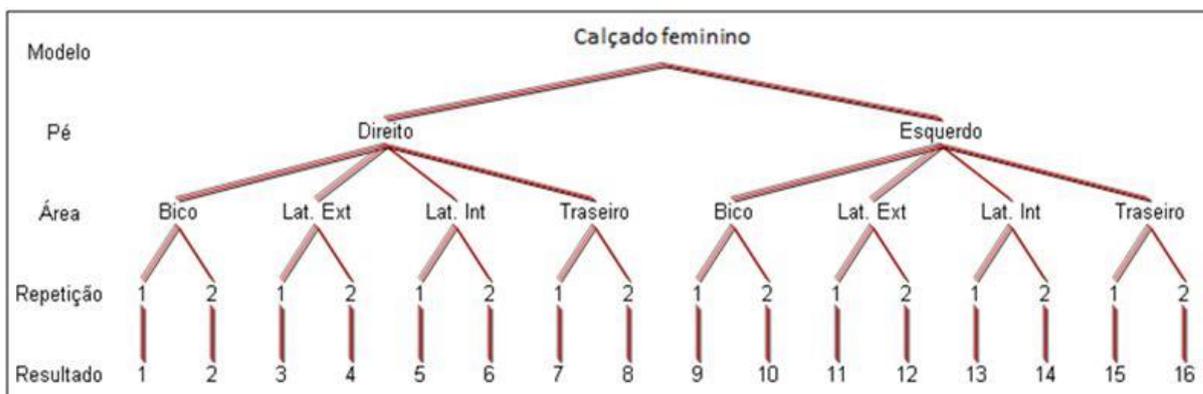


Figura 11 - Árvore de amostragem utilizada para analisar a situação atual do processo
Fonte: Autor (2018)

O intuito é entender como está o processo atual utilizando os coeficientes de variação do processo de flocagem citados anteriormente. Nesta etapa adquiriu-se conhecimentos que, caso necessário, serão utilizados nas etapas seguintes afim de aprofundar as descobertas adquiridas. Os resultados foram os seguintes, conforme mostra a Figura 12.

A carta Xbar demonstrou um melhor desempenho (menor soltura de flocos) no processo que contempla o pé esquerdo/área traseira do calçado. Já o pé direito lateral interna foi a área que menos aderiu, o que possivelmente deva ser uma variação ocasionada pelo o ângulo de aplicação, visto que o método de aplicação faz com que algumas áreas do calçado fiquem numa posição perpendicular à bandeja de flocos e outras com uma angulação de mais ou menos 90° em relação à bandeja de flocos. Na carta R observa-se que a combinação de fatores que obteve uma menor variação foi o pé direito/área do bico, conforme mostrado na Figura 13.

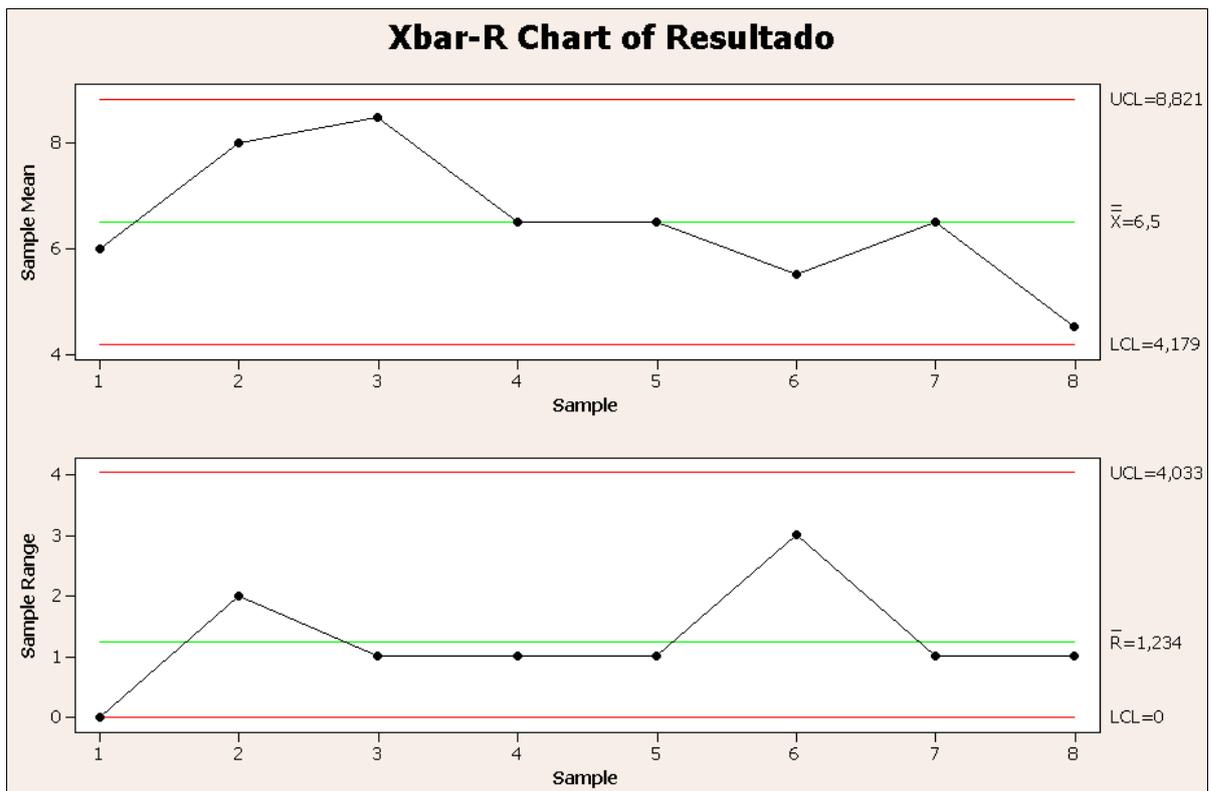


Figura 12 - Carta Xbar - R
Fonte: Autor (2018)

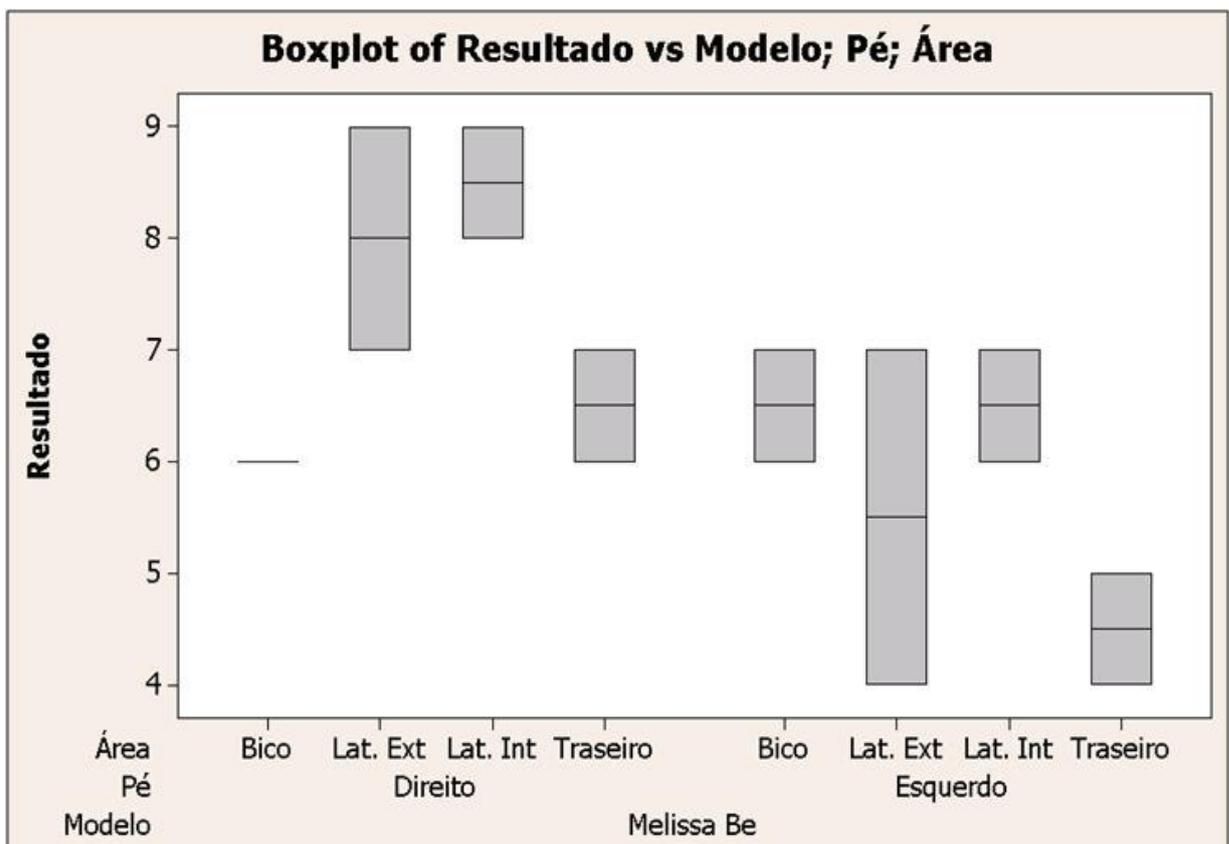


Figura 13 - Boxplot referente aos dados coletados durante a análise de dados
Fonte: Autor (2018)

5.6. Design of experiments (DOE)

Para elaborar o DOE selecionou-se com base nas etapas anteriores os seguintes fatores: altura da camada de cola, ângulo de aplicação, limpeza, aplicação do primer, temperatura de secagem e aplicação do verniz impermeabilizante. O método aplicado no DOE foi o fatorial completo, que embora necessite de mais recurso e mais tempo, irá permitir responder perguntas de maneira mais completa e assertiva. Para elaboração do DOE foram realizadas 128 rodadas referentes a todas as combinações que incluem os fatores comentados anteriormente, bem como os níveis de cada um deles. Os níveis foram definidos conforme a Quadro 1.

Quadro 1 – Definição dos níveis de cada fator utilizado no experimento.

Fator	Nível +	Nível -
Altura da camada de cola	2 demãos	1 demão
Ângulo de aplicação de flocos	Perpendicular	70°
Limpeza	Com	Sem
Aplicação do Primer	Com	Sem
Temperatura de secagem da cola	45°C	65°C
Aplicação do verniz impermeabilizante	Com	Sem

Fonte: Autor (2018)

Após inserir todas as respostas no DOE iniciaram-se as análises pelo Pareto, o qual mostrará os fatores que mais influenciaram significativamente a resposta. A seguir tem-se o modelo reduzido do gráfico de Pareto, conforme mostra a Figura 14.

Na Figura 14 percebeu-se que o fator mais relevante para o deslocamento de flocos foi a quantidade de demãos aplicada no substrato, ou seja, nos casos em que a altura da camada de cola foi maior (duas demãos) a resistência à abrasão de flocos obteve uma performance significativamente melhor em comparação as amostras que tinham uma altura da camada de cola menor (1 demão). A limpeza foi o fator de primeira ordem que menos teve influência sobre a resposta. Aqui se inicia uma quebra de paradigma, pois atualmente a empresa entende que a operação de limpeza é um dos fatores mais relevantes para aderência de flocos no substrato. No entanto, analisando a Figura 15 de efeitos principais nota-se que a limpeza de fato não influenciou representativamente a resposta.

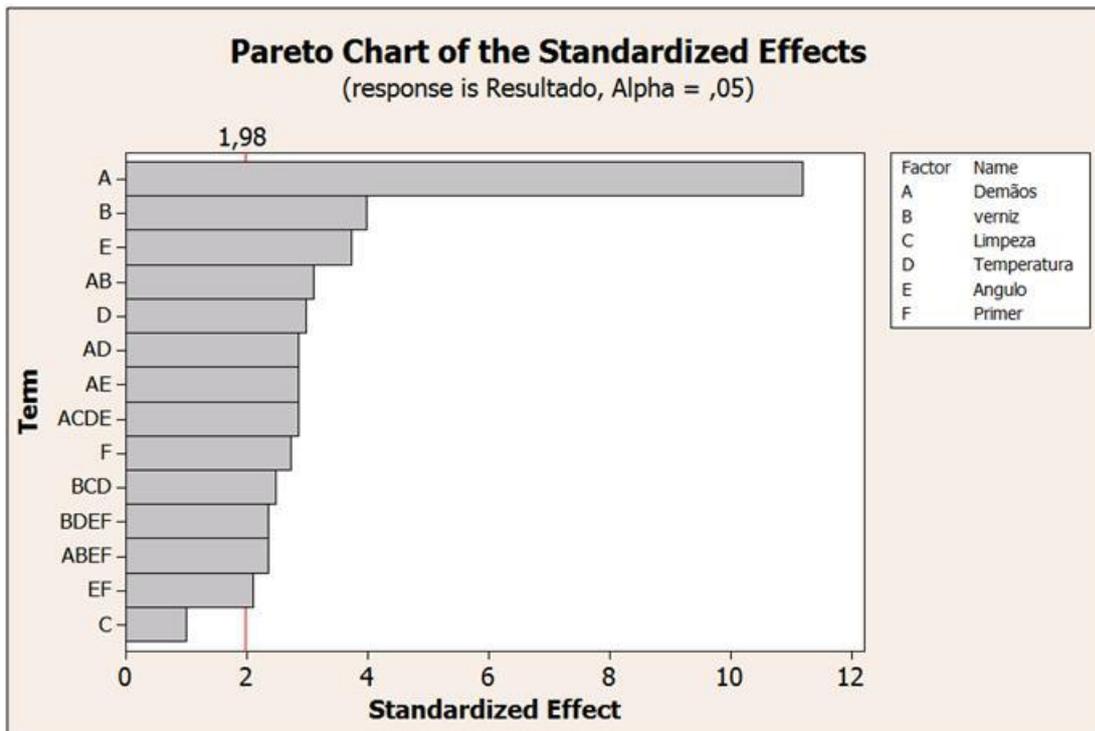


Figura 14 – Gráfico de Pareto
 Fonte: Autor (2018)

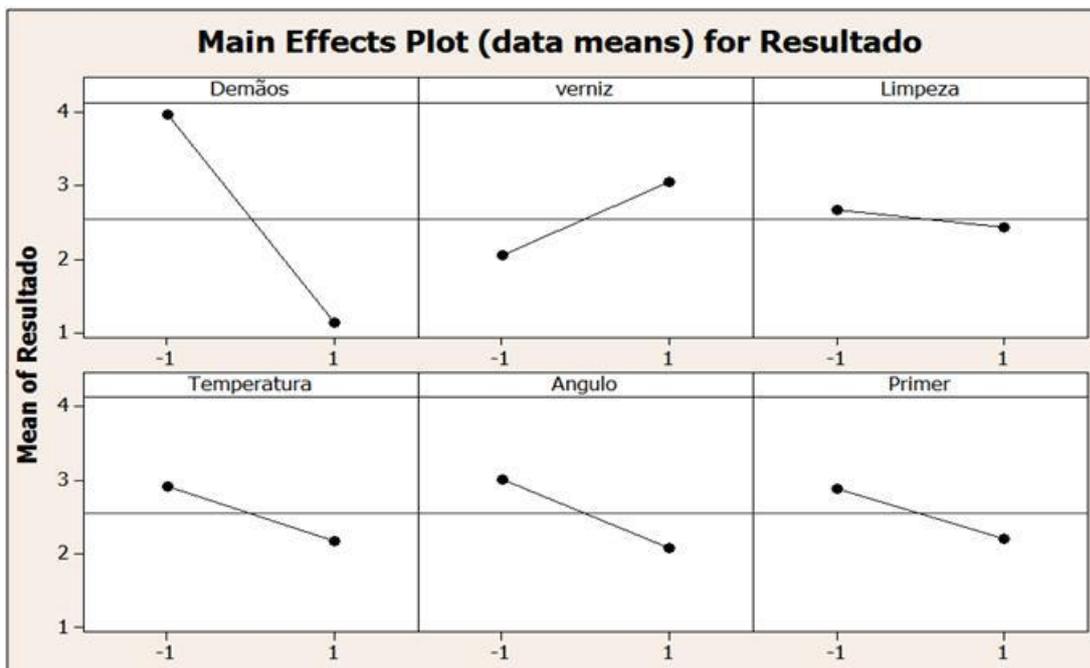


Figura 15 - Gráfico de efeitos principais
 Fonte: Autor (2018)

Ou seja, com ou sem limpeza, a aderência de flocos não terá diferenças significativas entre as duas situações. Verniz, temperatura, ângulo e aplicação do primer também não obtiveram diferenças significativas entres os níveis estabelecidos.

A altura da camada de cola (representado pela quantidade de demãos) foi o fator (isolado) que mais influenciou a resposta, fato esse evidenciado por uma inclinação mais acentuada da linha em relação à linha horizontal da Figura 16.

A análise também foi realizada através das interações entre os fatores de forma a verificar o comportamento de cada um em relação à resposta, conforme mostra a Figura 16.

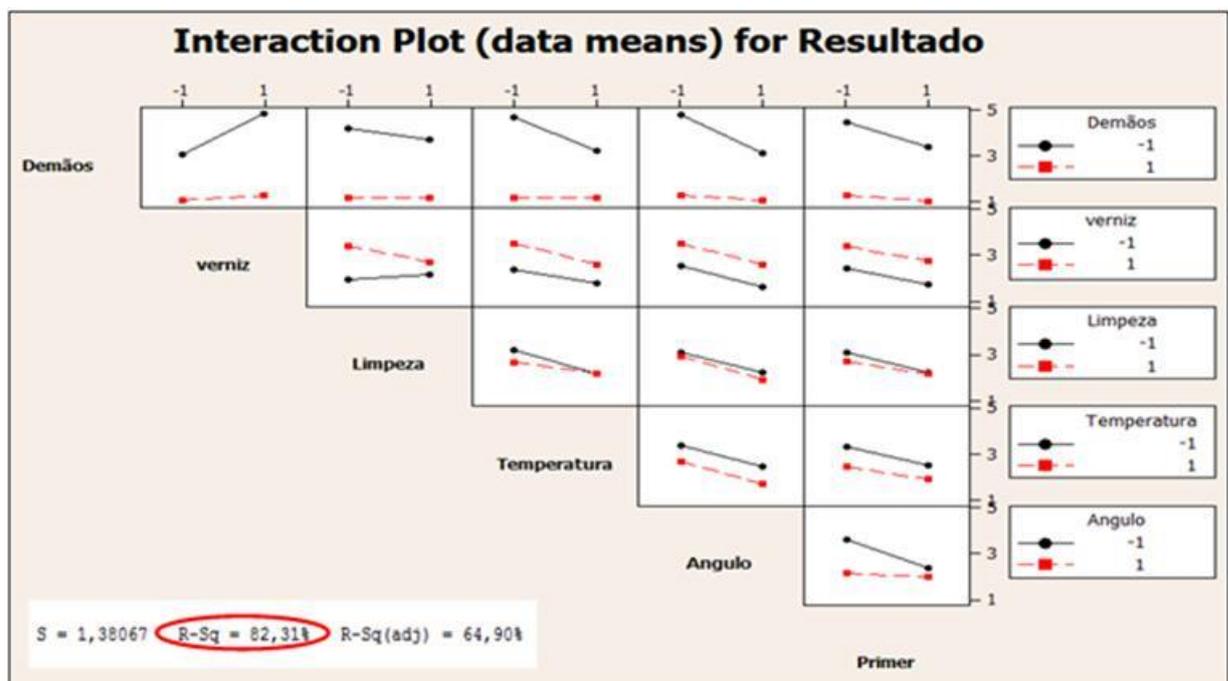


Figura 16 - Interação ente os fatores
Fonte: Autor (2018)

Na Figura 16 não foi evidenciada nenhuma interação, fato representado nos gráficos pelo não cruzamento entre as linhas. É importante salientar novamente a influência do fator demãos (nível 1) na resposta, pois este nível em interação com os demais fatores foi sempre significativamente melhor que o nível -1. O R-Sq de 82,31% representa o percentual que os dados coletados na análise justificam a resposta.

Observando os boxplot's (Figura 17) fica mais visível perceber o comportamento que cada fator obteve em relação a todos os outros fatores.

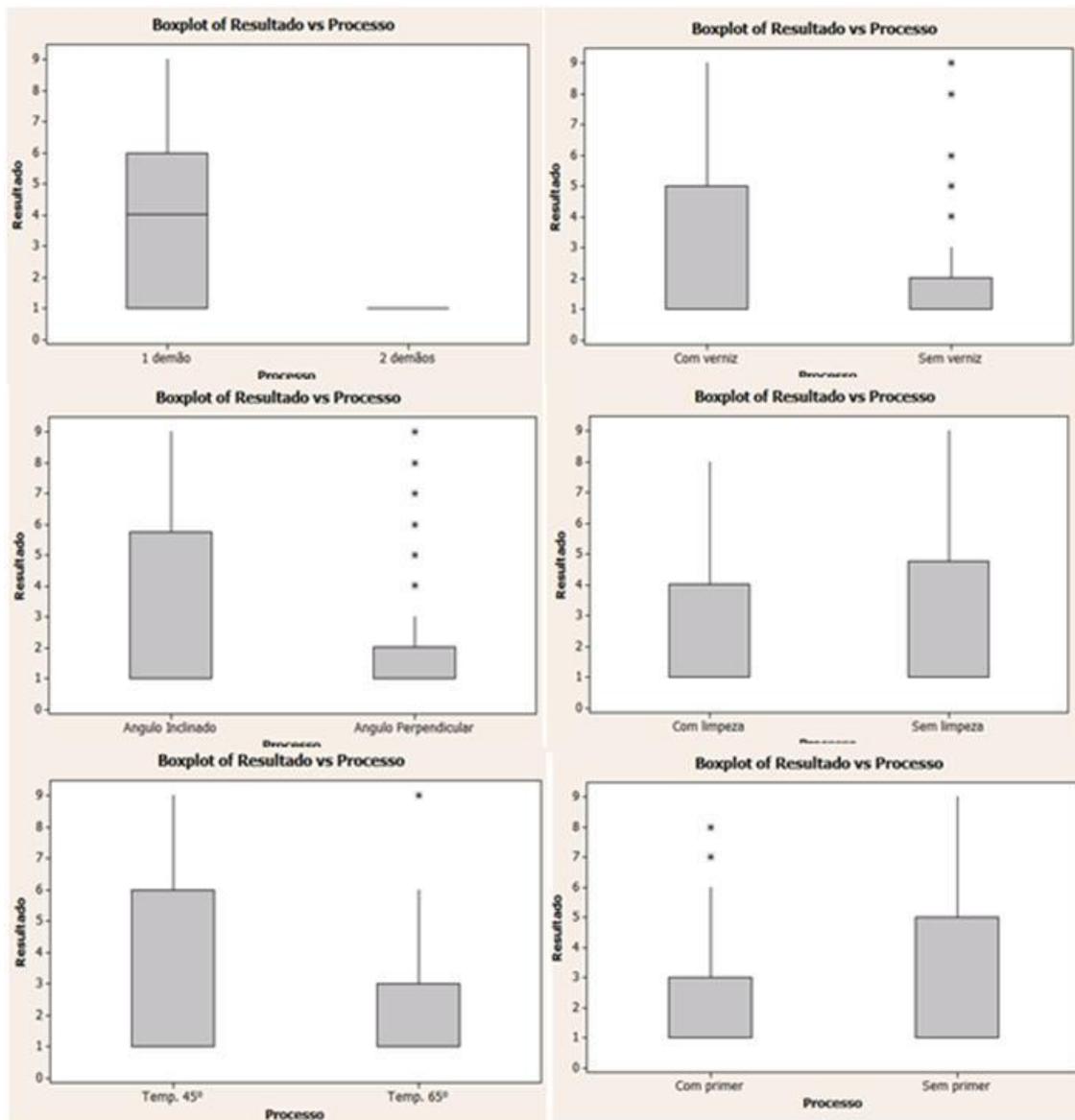


Figura 17 - Boxplot's de cada um dos fatores em relação a todos os outros
Fonte: Autor (2018)

Na carta I-MR conforme mostra a Figura 18, pode-se visualizar todos os 128 ensaios realizados, sendo o lado esquerdo da carta todas as 64 respostas com o processo de uma demão, e no lado direito da carta todas as 64 respostas com o processo de duas demãos.

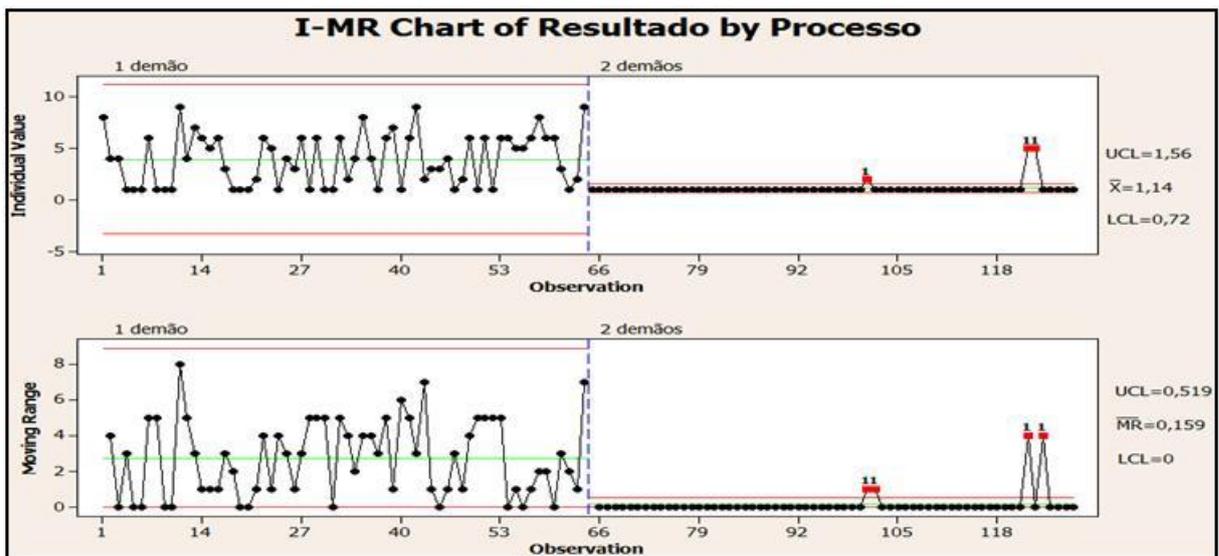


Figura 18 - Carta I-MR referente à comparação entre os processos com uma demão e duas demãos de cola
 Fonte: Autor (2018)

A carta demonstra claramente que, embora os ensaios que foram realizados no DOE com uma demão tenham estabilidade estatística, e os ensaios que foram realizados com duas demãos não (pois possuem pontos fora dos limites de controle da carta), o processo com duas demãos possui um nível maior de precisão.

Fez-se também um comparativo de como seria o cpk do processo de flocos com uma demão e com duas demãos, tomando como informação os dados coletados no DOE, conforme mostra a Figura 19.

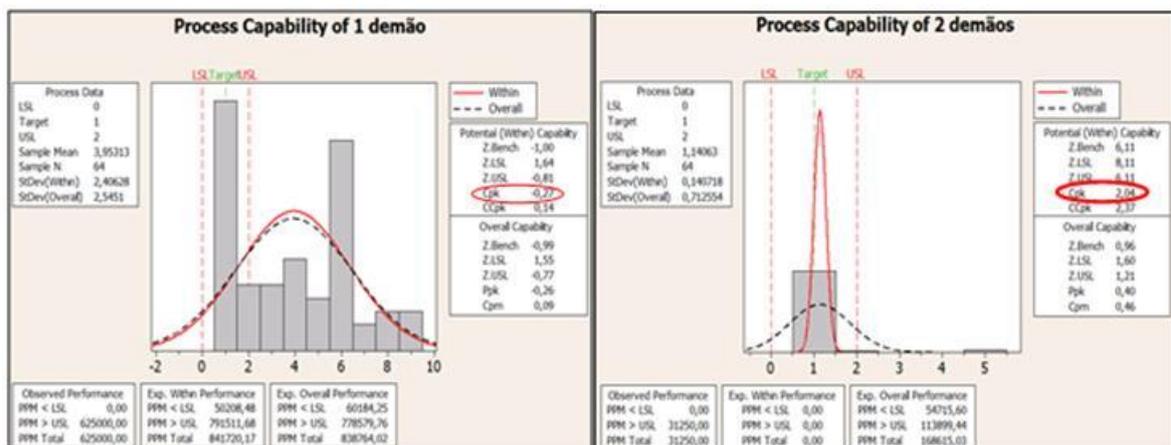


Figura 19 - Capacidade do processo (processo com uma demão e duas demãos)
 Fonte: Autor (2018)

O cpk do processo contemplando apenas uma demão foi de -0,27, já com o processo contemplando duas demãos o cpk foi de 2,04. Um resultado muito bom, tendo como parâmetro o mínimo aceitável de 1,33.

Na sequência realizou-se a análise através do otimizador de respostas no MiniTab, afim de identificar qual a melhor combinação dos níveis de cada fator, com o objetivo de obter o melhor resultado. O resultado gerado pelo otimizador de respostas é mostrado na figura 20.

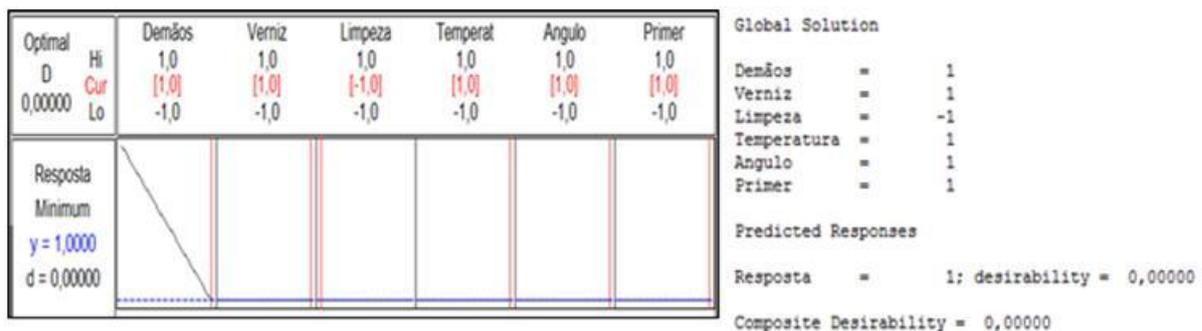


Figura 20 - Otimizador de respostas

Fonte: Autor (2018)

A análise identificou em quais níveis deve-se trabalhar para que se tenha o menor índice de deslocamento de flocos. Logo, com base nas respostas geradas nos experimentos o processo a ser definido terá para cada fator o seguinte nível, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Identificação dos níveis a serem utilizados processo

Fator	Níveis
Demãos de cola	1 = 2 demãos
Verniz	1 = Com verniz
Limpeza	-1 = Sem limpeza
Aplicação do primer	1 = Com primer
Temperatura de secagem	1 = Temperatura de 65°C
Ângulo de aplicação	1 = Perpendicular

Fonte: Autor (2018)

É importante ressaltar que embora o otimizador de respostas tenha definido os níveis conforme o Quadro 2 mostra, os resultados se mantiveram os mesmos quando alterados os níveis dos fatores: verniz, limpeza, aplicação do primer, temperatura de secagem e ângulo de aplicação. Neste caso, apenas o fator demãos quando alterado apresentou respostas (níveis de deslocamento) maiores que o definido pelo otimizador de respostas.

Após esta análise colocou-se para produzir alguns pares de calçados para teste, a fim de comprovar-se o que havia sido observado nos corpos de prova utilizados nos experimentos. A estrutura de amostragem utilizada para este teste foi idêntica a utilizada na etapa de análise de dados dos componentes de variação (situação atual), conforme mostra a Figura 21.

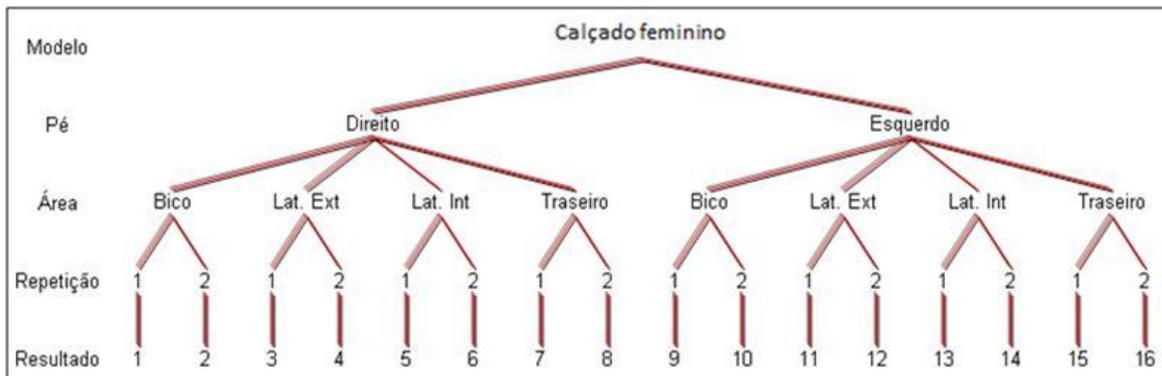


Figura 21 - Árvore de amostragem utilizada para comprovar os resultados do DOE
Fonte: Autor (2018)

Com os dados adquiridos no teste foi possível fazer um comparativo do processo anterior (fase onde analisou-se a situação atual do processo) em relação ao processo proposto (conforme definido pelo otimizador de respostas), conforme mostrado na Figura 22.

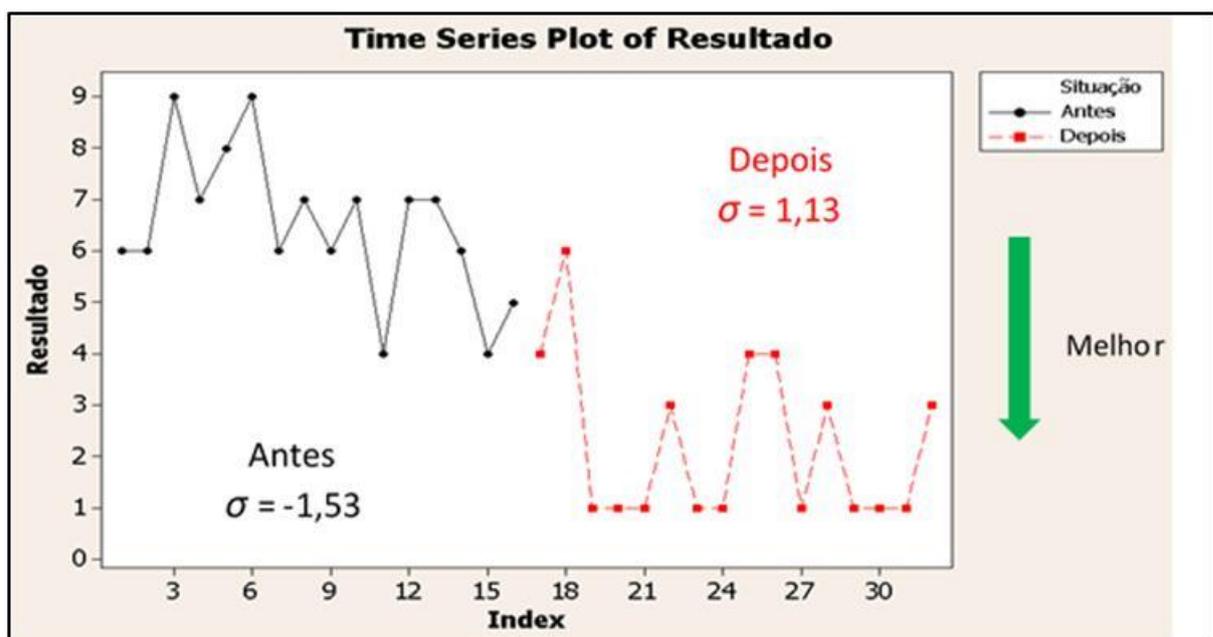


Figura 22 - Valores individuais do processo atual e do processo proposto
Fonte: Autor (2018)

Através do nível sigma calculado a partir das amostras retiradas do processo ficou evidenciada uma melhoria considerável entre o processo anterior versus o processo proposto. Contudo, ainda existem variações no processo a serem avaliadas e aprofundadas, pois algumas amostras em determinadas áreas do calçado ainda tiveram um alto nível de deslocamento, porém ainda menores que os níveis da situação anterior.

6. Conclusões

O presente artigo evidenciou a importância que a metodologia seis sigma tem para a redução da variabilidade dos processos. Em meio à alta complexidade dos produtos existentes na empresa e, mediante a exigência que o mercado requer, é indispensável o uso da metodologia, sendo esta fundamental para a redução de custos e melhoria da qualidade.

O objetivo geral deste artigo foi contemplado ao apresentar e evidenciar como reduzir o índice de deslocamento de flocos em calçados plásticos, comprovando, através da metodologia seis sigma a redução deste índice. No entanto, é fundamental o monitoramento à longo prazo com a finalidade de avaliar a reação do mercado mediante o indicador de devoluções.

Os objetivos específicos foram alcançados mediante o que foi mencionado na seção dois deste artigo, que inclui conceitos referentes ao processo de flocagem, recomendações técnicas de flocagem e conceitos da metodologia seis sigma e suas etapas.

Através deste artigo conclui-se ainda que o processo de flocagem poderá ser realizado sem a utilização das operações de limpeza e aplicação de primer no substrato, os quais a empresa tinha como primordiais para o processo de flocos, pois através do estudo foi evidenciado que ambas as operações tiveram pouca relevância em relação à resistência à abrasão de flocos. A atenção agora deverá estar voltada principalmente à altura da camada de cola, pois apresentou maior relevância nos experimentos realizados.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, S. (2002). *Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- Alvarez, M. (2012). *Gestão de qualidade, produção e operações*. 2ª Ed. São Paulo: Atlas S.A.
- Galvani, L., & Carpinetti, L. (2013). *Production (Revista Produção)*. Rio de Janeiro. ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção.
- Keller, T., & Keller, P. (2011). *Seis sigma - Guia do profissional*. Rio de Janeiro: Atlas Books.

