

N. CLASS.	M620.1
CUTTER	M835P
ANO/EDIÇÃO	2015

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**YURI MOREIRA**

**REDUÇÃO DE SOBRA DE PROCESSO DURANTE A OPERAÇÃO DE CORTE**

**Varginha**

**2015**

**YURI MOREIRA**

**REDUÇÃO DE SOBRA DE PROCESSO DURANTE A OPERAÇÃO DE CORTE**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel, sob orientação do Prof. Rullyan Marques Vieira.

**Varginha**

**2015**

**YURI MOREIRA**

**REDUÇÃO DE SOBRA DE PROCESSO DURANTE A OPERAÇÃO DE CORTE**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

---

---

---

OBS.:

Dedico este trabalho á Deus por estar presente em minha vida, guiando e me iluminando em todos os momentos, aos meus pais e avôs pelo apoio, incentivo, amor e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus colegas e família, que acreditaram em mim mais do que eu mesmo, e agora eu dedico a minha vitória a vocês.

“Se você pensa que pode ou se pensa que não  
pode, de qualquer forma você está certo.”

Henry Ford

**Grupo Educacional UNIS**

## RESUMO

O trabalho tem como objetivo reduzir o desperdício durante o processo de corte do perfil 4023.82 (perfil de borracha para a vedação da pestana interna traseira Renault X52). Os desperdícios são elementos que só aumentam o custo dos produtos sem agregar valor, assim utiliza um maior tempo de mão de obra e maior consumo de matéria prima, sem que o cliente pague por isso. O excesso de sobra de processo durante a operação de corte ocorre devido à falta de um correto planejamento e análises para a definição de comprimento, assim as barras de perfil são cortadas com um comprimento maior que o necessário para atender as próximas operações. Então será analisada a possibilidade de redução para um comprimento ideal e necessário para as próximas operações sem que afete a produtividade, reduzindo o ciclo e reduzindo também os custos para a empresa, estes custos serão calculados durante a fase de planejamento. Tal análise irá definir novos padrões de comprimento de corte na extrusão através de estudos de encolhimento, projetos e geometrias de maquinários, estudos de capacidade de equipamentos e acompanhamento produtivo por meio de tryouts.

**Palavras chaves:** Extrusão de borracha. Borracha para vedação. Encolhimento da Borracha.

## **ABSTRACT**

*The work has as objective to reduce the waste during the process of profile cutting 2314.82 (rubber profile for lash gasket of inferior internal for Renault X52) the waste are elements that just increase the product costs without aggregate value, then it is used more time of workmanship and a bigger raw material consumption without the client paying for this. The excess of process rest during the cutting operation occurs due to a lack of correct planning and analysis for length definition. So, the bars of profile are cut with a length bigger than the necessary to answer the next operations; so. It was analyzed the possibility of reduction for a perfect length for the next operations without affecting the productivity reducing the circle and also reducing the costs for the company. These costs are calculated during the planning phase, such analyses will define new standards of length for cut and extrusion throughout the studies of contraction, projects and geometry of machinery, capacity studies of equipment and productive escorting by tryouts*

**Keywords:** *Extrusion of rubber. Rubber seal. Shrinkage of rubber.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Modelo de extrusoras de borracha com rosca sem fim.....	15
Figura 02: Composição química de uma borracha vulcanizada.....	16
Figura 03: Átomos de enxofre unidos a estruturas lineares iniciais.....	16
Figura 04: Encolhimento do Perfil 4023.82.....	19
Figura 05: Equipamento de medição a laser.....	20
Figura 06: Equipamento de medição a laser, indicando o comprimento em mm.....	21
Figura 07: Carta X (barra) Ilustrando o posicionamento das 125 amostras.....	23
Figura 08: Processo de recorte na extrusão com índices de Cp e Cpk $\geq 1,33$ .....	24
Figura 09: Medida da sobra de processo com o perfil em seu comprimento atual.....	25
Figura 10: Perfil atual inserido no equipamento com sensores de presença na extremidade... 25	
Figura 11: Perfil com o novo comprimento inserido no equipamento.....	26
Figura 12: Sobra de processo após a redução de aproximadamente 25 milímetros.....	27

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 HISTÓRIA DA BORRACHA .....	12
3 EXTRUSÃO DA BORRACHA.....	14
3.1 Vulcanização da Borracha.....	15
4 PROCESSO DE CORTE NA EXTRUSÃO.....	17
4.1 Estudo de Encolhimento .....	17
4.2 Comprimento de Corte Atual na Linha de Extrusão.....	19
4.3 Coleta de Dados Para Estudos de Capabilidade.....	19
5 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP) .....	22
5.1 Média Aritmética Simples da Amostragem .....	23
5.2 Estudo de Capabilidade do Corte das Barras na Extrusão.....	23
6 ANÁLISES DO PERFIL COM O COMPRIMENTO ATUAL.....	25
7 DEFINIR NOVO COMPRIMENTO DE CORTE PARA A EXTRUSÃO .....	26
8 CALCULO DE SAVING DA REDUÇÃO.....	27
9 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS .....	29

## 1 INTRODUÇÃO

A competição no mercado automobilístico tem exigido das montadoras uma necessidade constante de redução dos desperdícios e das perdas no processo produtivo. Para que isso ocorra às empresas precisam de maior robustez e estabilidade em seus processos produtivos.

O trabalho tem como tema realizar a redução da sobra de processo durante a operação de corte na extrusão do perfil 4023.82 de borracha de vedação da Pingadeira do projeto X52 Renault, analisando o encolhimento do perfil após o descanso especificado e a variação do comprimento recortado da máquina de corte da linha de extrusão. A excessiva sobra de processo que não é aproveitada ocorre porque o perfil está sendo cortado com um comprimento maior que o necessário para que atenda as operações posteriores.

Para que este trabalho seja realizado, será necessário analisar o encolhimento do perfil de borracha após um tempo determinado de sua extrusão, este encolhimento está totalmente relacionado à vulcanização da borracha, assim será analisada a variação do comprimento das barras da borracha recortadas. O objetivo principal é definir um novo comprimento de corte para o perfil 4023.82 que atenda as próximas operações, visando reduzir ao máximo possível a sobra de processo durante a operação de corte no acabamento, obtendo-se um aumento significativo de produção e redução de custos.

## 2 HISTÓRIA DA BORRACHA

Segundo Santos (2005), antes do descobrimento da América a borracha já era conhecida e empregada pelos índios. O p. d'Anghieria em 1525, afirmou ter visto os índios mexicanos praticarem jogos utilizando bolas elásticas.

O inglês Magellan utilizou apagadores de borracha, este foi o primeiro emprego conhecido deste material na Europa. A origem da palavra borracha surgiu durante uma das suas primeiras aplicações consideradas úteis deste produto, foi dada pelos portugueses, no momento em que foi empregada para a confecção de botijas, para substituir às chamadas borrachas de couro que era utilizada no transporte de vinhos.

Porém infelizmente, estes produtos e artefatos sofriam alterações características de borracha natural não vulcanizada quando posta em ambientes frios, tornando-se frágeis e quebradiços as alterações que os artefatos de borracha natural não vulcanizada sofriam sob a influência do frio, tornando-se quebradiços, e se aderindo uns aos outros caso ficassem expostos aos raios de sol, este fato ocasionou o desinteresse dos consumidores. Em 1840, Goodyear acidentalmente descobriu, após diversas tentativas, a vulcanização, onde foi associado o enxofre e a borracha com tempo e temperatura controlados.

Na virada do século a borracha conquistou o mundo, principalmente pela adaptação ágil no momento em que foi plantada nas florestas tropicais asiáticas com sucesso. A maior concentração de produção de borracha esta na fabricação de pneus, isto corresponde a 70% da produção mundial.

O Brasil já conquistou o primeiro lugar no mundo como o maior produtor e exportador de borracha natural até a década de 50, no período em que a exploração era do tipo extrativista em sua totalidade. Alguns problemas impediram o desenvolvimento sustentável da atividade no país, como fitossanitários e econômicos. Atualmente, o Brasil não é mais autossuficiente na produção de borracha natural, sendo necessárias importações grandiosas e maciças de países asiáticos.

Tabela 01: Principais fontes de produção de borracha natural no mundo

Fonte	País de origem	Conteúdo de sólidos 1% (massa molar média/kDa)	Produção (t/ano)	Produção (kd ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
<i>Hevea brasiliensis</i> (seringueira)	Brasil #	30-50 (1310)	9.789.000 (2007)	500-3000
<i>Parthenium argentatum</i> (guaiule)	México e sudoeste dos EUA	3-12 (1280)	2.600.000 (1988) <sup>7</sup>	300-2000
<i>Manihot glaziovii</i> (maniçoba)	Brasil	3-12 (1000-1500) <sup>8</sup>	--	--
<i>Ficus elastica</i> , <i>F.ovata</i> , <i>F.pumila</i> , <i>F.volgelii</i> (figueira-da-borracha ou borracha indiana)	Nigéria	15-28 (--)	--	--
<i>Taraxacum kok-saghyz</i> (dente- de-leão russo)	Rússia	Até 30 (2180)	3000 (1943)	150-500
<i>Solidago altissima</i> (goldenrod)	Estados Unidos	5-12 na raiz (160- 240)	--	110-155

# Entretanto a maior área cultivada está no Sudeste Asiático.

Fonte: SANTOS (2005)

Segundo Mano e Mendes (1985), de uma maneira geral, existem dois tipos de borrachas, a natural e a borracha sintética.

A borracha natural, como látex, é obtida através da seiva da árvore seringueira, conhecida cientificamente como *Hevea Brasiliensis*, é uma árvore de origem amazônica. Para realizar a extração da seiva, são realizados pequenos cortes superficiais na região do caule da árvore, destes cortes superficiais é que acontece a captação do látex. Após os processos de coagulação e secagem, o material passa por um aquecimento e depois é processado juntamente com outras substâncias químicas, obtendo-se a borracha. A borracha natural possui a configuração de um polisopreno, sendo ela um hidrocarboneto, cujas moléculas apresentam a fórmula química  $C_5H_8$ , com carbonos ligados entre si por meio de ligações duplas. Suas principais características são a resistência à abrasão, plasticidade, elasticidade, baixa condutividade elétrica e muitas outras que a fazem ser empregadas na fabricação de variados e inúmeros itens.

A borracha sintética é obtida através de uma tecnologia que teve origem na Alemanha, possui como principal matéria prima um gás conhecido como butadieno, que pode ser extraído do álcool ou do petróleo. No momento em que é mantida em repouso, ela se

polimeriza como o isopreno. O butadieno apresenta cadeias poliméricas que se entrelaçam de maneira gradual, formando assim moléculas grandes. Assim, é possível conseguir um tipo de borracha sintética com maior elasticidade e mais durável.

A borracha sintética pode substituir a borracha natural em muitos casos já que se comporta melhor ao envelhecimento, à abrasão e às rachaduras do que o produto natural. Contudo, sua flexibilidade e resistência são pobres e em alguns casos, é misturada à borracha natural. Desde o momento não foi possível fazer uma borracha sintética exatamente igual ao produto natural.

Tabela 02: Comparação entre o consumo de energia necessária para produzir diferentes tipos de borracha

Material	Energia necessária em GJ/t
Borracha natural	16
Polibutadieno	108
Polipropileno	110
Policloropreno	120
PSBR	130
EPDM	142
Poliuretano	174
Borracha butílica	174

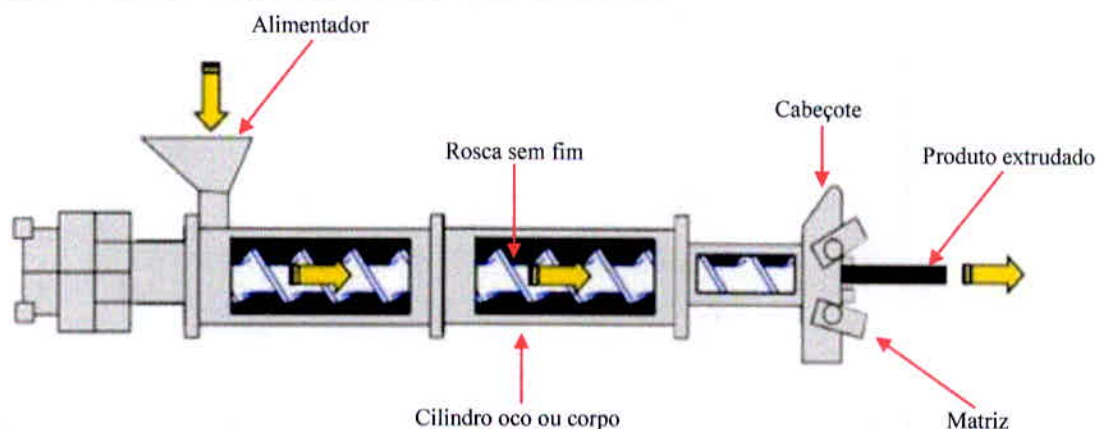
Fonte: SANTOS (2005)

### 3 EXTRUSÃO DA BORRACHA

A extrusora é um equipamento muito empregado na indústria dos materiais de borracha para a fabricação de produtos contínuos como perfis.

Atualmente, o processo de extrusão pode ser considerado como um dos processos de transformação mais importantes da Indústria da Borracha. Basicamente, ele consiste em forçar a passagem de um composto de borracha através de uma matriz, gerando assim uma tira de material que seccionada evidencia a configuração e o formato preliminar ou definitivo do orifício da matriz.

Figura 01: Modelo de extrusoras de borracha com rosca sem fim.



Fonte: Autor.

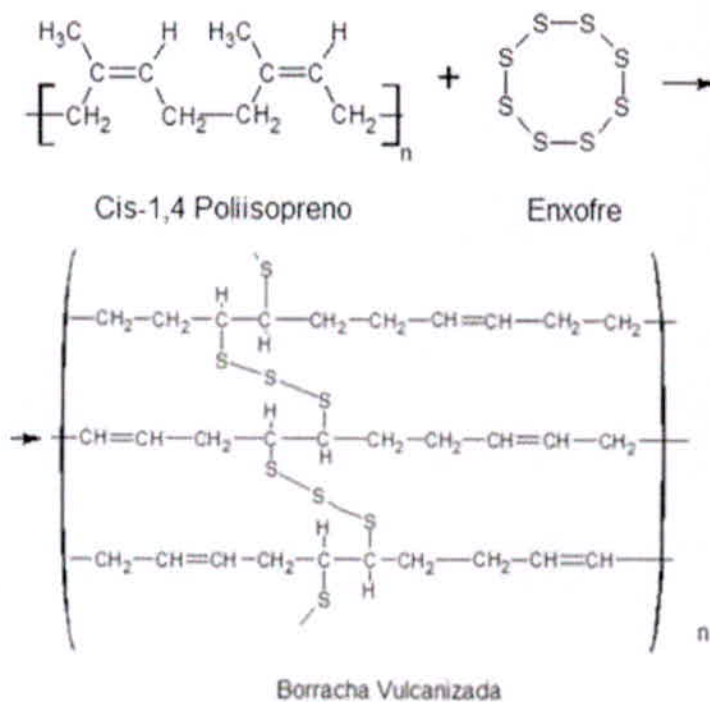
### 3.1 Vulcanização da Borracha

O processo de vulcanização ocorre através de uma reação química com enxofre em um tempo e temperatura controlados, o polisopreno, também conhecido como borracha natural, inclui em sua estrutura moléculas de enxofre, os mesmos formam ligações cruzadas entre as cadeias da borracha natural. Estas ligações permitem uma maior resistência à perda de elasticidade durante o aquecimento, devido suas cadeias serem capazes de retomar sua configuração inicial depois de uma deformação máxima aplicada, ou seja, é a transição do material do estado plástico para o estado elástico.

Segundo Goodyear (1839) em seus estudos afirma que a vulcanização é o processo químico que tem como finalidade melhorar as propriedades físicas da borracha, sendo ela natural ou sintética. Assim, a borracha quando acabada adquire maior resistência à dilatação, à abrasão e a força tênsil, e na maior variedade de temperaturas torna-se elástica. Através disso a borracha adquire a propriedade de sofrer deformações, e cessadas as causas determinantes, retomar suas dimensões iniciais. Um dos mais importantes agentes vulcanizantes é o enxofre.

A borracha usada em indústrias de vedação geralmente recebe um teor de enxofre de 2% a 10%, durante o processo de vulcanização. Com a realização deste processo os átomos de enxofre se unem as estruturas lineares iniciais, construindo pontes de enxofre que aumentam a dureza e a resistência.

Figura 02: Composição química de uma borracha vulcanizada

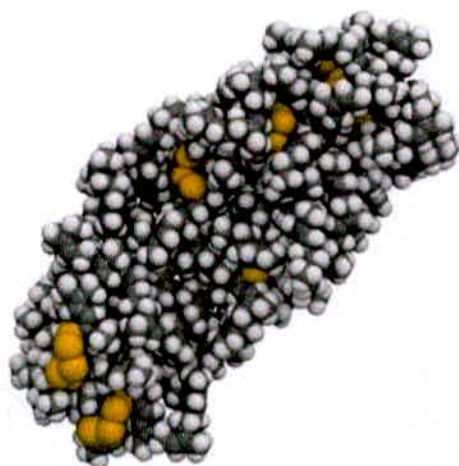


Fonte: (HILLS, 1971, p 72)

Quanto maior a quantidade de enxofre adicionada a borracha, maior será sua dureza:

- Borrachas comuns apontam de 2% a 10% de teor de enxofre adicionado;
- Borrachas utilizadas para pneus apontam de 1,5% a 5% de teor de enxofre;
- Borrachas utilizadas em revestimentos para proteger maquinas e aparelhos da indústria apontam cerca de 30% de teor de enxofre.

Figura 03: Átomos de enxofre unidos a estruturas lineares iniciais



Fonte: (HILLS, 1971, p 73)



Para que seja determinado o método e condições exatas de vulcanização, isto é, temperatura, pressão e tempo, devem ser realizadas não somente tendo em vista a composição em que será empregada, mas como também as dimensões do produto a ser fabricado e qual será sua aplicação. Existem inúmeros sistemas de vulcanização como sistemas de vapor, onde ocorre a vulcanização de maneira contínua por câmara de vapor, tubo ou gases tais como gás sulfídrico (SH<sub>2</sub>), e o gás sulfuroso (SO<sub>2</sub>). Quanto mais rápida a vulcanização, maior foi a temperatura utilizada durante o processo.

#### **4 PROCESSO DE CORTE NA EXTRUSÃO**

O processo de corte na extrusão é extremamente importante, é nele que se define o comprimento do perfil com base no plano de inspeção. O comprimento cortado na extrusão, deve atender a próxima operação sem nenhum problema, e isto depende do tipo de composição e cinemática de corte no acabamento. Este comprimento apresenta um limite mínimo e um máximo, conhecidos também como tolerância mínima e tolerância máxima. Perfis cortados na extrusão fora destas tolerâncias podem, quando menores que a tolerância mínima, impossibilitar o recorte do mesmo no acabamento, e se maiores que a tolerância máxima, apresentar excesso de sobra de processo que não é utilizável, se tornando desperdício.

Segundo Bornia (2002), desperdício é todo insumo consumido durante o processo de forma não estipulada corretamente, não eficiente e não eficaz, desde materiais e produtos defeituosos, até atividades desnecessárias e que não agregam valor.

##### **4.1 Estudo de Encolhimento**

Após o processo produtivo da extrusão da borracha, seguindo os corretos parâmetros para que se tenha uma borracha firme e bem vulcanizada, ainda assim o perfil apresenta um determinado encolhimento que é previsto através de estudos. Estes estudos consistem em analisar o comprimento da barra cortada em diferentes intervalos de tempo, verificando seu comportamento e delimitando um grau máximo de encolhimento.

Segundo Costa (2008), em seus estudos afirma que o desperdício está ligado ao tempo que a produção não está produzindo efetivamente, mesmo com a contabilização dos custos durante o processo, não está havendo acréscimo e agregando valor ao produto.

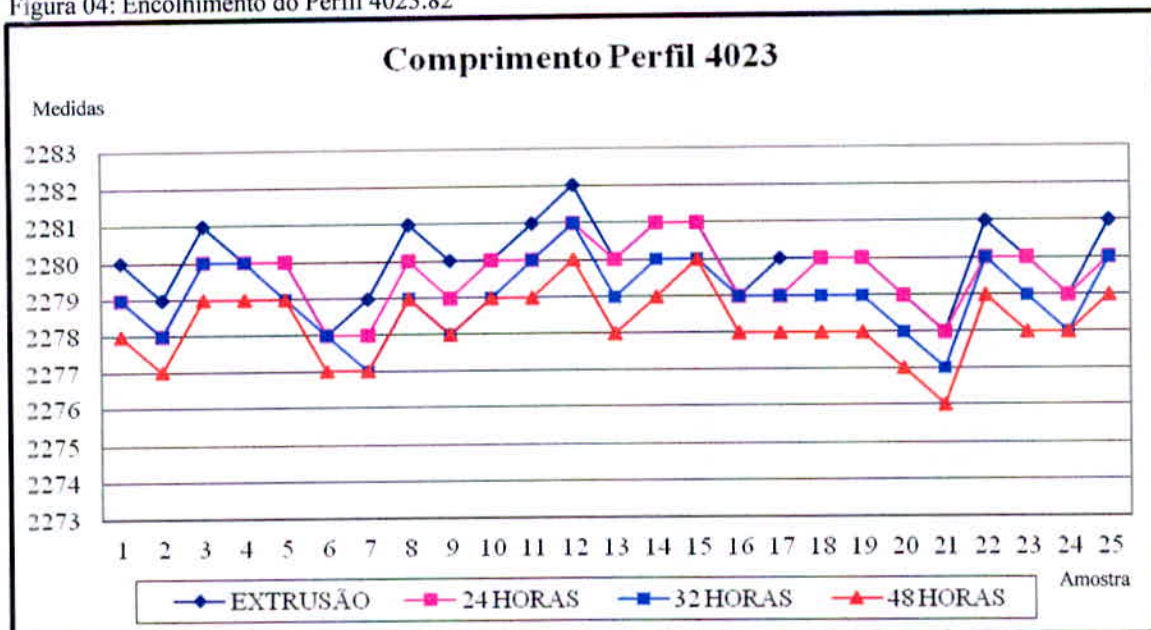
Tabela 03: Encolhimento do perfil 4023.82

<b>COLETA DE DADOS DE ENCOLHIMENTO</b>							
MEDIDAS EM MM	<b>PEÇA:</b>	<b>4023</b>	<b>DESCRIÇÃO: Pingadeira Renault</b>				
	<b>RANGE:</b>	<b>DATA E HORA: 22/07/2015 - 08:40 Hrs (1ª Medição)</b>					
	<b>OBJETIVO</b>	Estudo de Processo					
	ENCOLHIMENTO MÉDIO E 24 HORAS:	0,0190%					
	ENCOLHIMENTO MÉDIO E 32 HORAS:	0,0439%					
	ENCOLHIMENTO MÉDIO E 48 HORAS:	0,075%					
	<b>EXTRUSÃO</b>	<b>24 HORAS</b>	<b>ENCOLHIM. 0,019 %</b>	<b>32 HORAS</b>	<b>ENCOLHIM. 0,0439 %</b>	<b>48 HORAS</b>	<b>ENCOLHIM. 0,075 %</b>
1	2280	2279	0,044	2279	0,044	2278	0,088
2	2279	2278	0,044	2278	0,044	2277	0,088
3	2281	2280	0,044	2280	0,044	2279	0,088
4	2280	2280	0,000	2280	0,000	2279	0,044
5	2280	2280	0,000	2279	0,044	2279	0,044
6	2278	2278	0,000	2278	0,000	2277	0,044
7	2279	2278	0,044	2277	0,088	2277	0,088
8	2281	2280	0,044	2279	0,088	2279	0,088
9	2280	2279	0,044	2278	0,088	2278	0,088
10	2280	2280	0,000	2279	0,044	2279	0,044
11	2281	2280	0,044	2280	0,044	2279	0,088
12	2282	2281	0,044	2281	0,044	2280	0,088
13	2280	2280	0,000	2279	0,044	2278	0,088
14	2281	2281	0,000	2280	0,044	2279	0,088
15	2281	2281	0,000	2280	0,044	2280	0,044
16	2279	2279	0,000	2279	0,000	2278	0,044
17	2280	2279	0,044	2279	0,044	2278	0,088
18	2280	2280	0,000	2279	0,044	2278	0,088
19	2280	2280	0,000	2279	0,044	2278	0,088
20	2279	2279	0,000	2278	0,044	2277	0,088
21	2278	2278	0,000	2277	0,044	2276	0,088
22	2281	2280	0,044	2280	0,044	2279	0,088
23	2280	2280	0,000	2279	0,044	2278	0,088
24	2279	2279	0,000	2278	0,044	2278	0,044
25	2281	2280	0,044	2280	0,044	2279	0,088
<b>MÉDIA</b>	<b>2280,0</b>	<b>2279,6</b>	<b>0,019</b>	<b>2279,0</b>	<b>0,044</b>	<b>2278,3</b>	<b>0,075</b>

Fonte: Autor

Através da tabela montada com base nas medições encontradas das barras novas e envelhecidas, é confeccionado um gráfico para melhor visualização do encolhimento destes estados após diferentes períodos de tempo.

Figura 04: Encolhimento do Perfil 4023.82



Fonte: Autor

#### 4.2 Comprimento de Corte Atual na Linha de Extrusão

Para dar início ao estudo de encolhimento do perfil de borracha 4023.82 é necessário ajustar o equipamento de corte que se encontra localizado no final da linha de extrusão, é nele que se define o comprimento estipulado do tamanho da barra de borracha de acordo com o plano de inspeção.

No display do equipamento de corte foi inserido o valor do comprimento estipulado de  $2280 \pm 5$  milímetros conforme plano de inspeção do perfil.

#### 4.3 Coleta de Dados Para Estudos de Capabilidade

Segundo Levin (1987) para a realização de pesquisas é necessário trabalhar com tempo. Sendo assim, é improvável que se possa trabalhar com todos os elementos de uma população. Geralmente, o pesquisador estuda uma pequena amostra de indivíduos retiradas da população. População é uma coleção de unidades observacionais, que podem ser animais, objetos, resultados experimentais ou pessoas, tendo uma ou mais características em comum que se pretendem analisar. Amostra é uma pequena amostra da população que pode ser muito grande, conseqüentemente dificultando a pesquisa.

Segundo Fair (1998) a coleta de dados para avaliação de estabilidade é divergente dependendo do processo em questão. A maioria dos autores sugere que se realize uma coleta de no mínimo 25 amostras. Porém esta regra nem sempre é possível de ser estabelecida.

Desta forma, uma abordagem bastante utilizada para determinar o período de coleta de dados indica que dois fatores são necessários: O tempo necessário para que o processo se torne estável estatisticamente. O tempo necessário para que todas as formas e fontes de variação do processo se manifestem.

Neste processo de recorte do comprimento das barras na extrusão, foi determinada uma coleta de 125 amostras para medição, elas serão submetidas a um equipamento de precisão decimal por meio de um laser de contato.

Figura 05: Equipamento de medição a laser



Fonte: Autor

Após a toda a medição ter sido efetuada no equipamento a laser, é que se utilizam os dados referentes ao comprimento das barras para análises de capacidade. As medidas encontradas variaram entre a tolerância permitida e estipulada para o processo de  $2280 \pm 5$  mm.

Figura 06: Equipamento de medição a laser, indicando o comprimento em mm de uma das amostras.



Fonte: Autor

Tabela 04: Variação do processo de recorte na extrusão

Variação do processo de recorte na extrusão do perfil 4023.82					
	2280,32	2281,54	2280,98	2279,96	2281,44
	2278,61	2281,65	2278,96	2280,44	2280,14
	2280,62	2280,4	2280,35	2278,98	2279,35
125 amostras com comprimento estipulado 2280 ± 5 milímetros	2280,9	2279,81	2279,14	2279,14	2280,35
	2281,21	2280,39	2278,95	2281,69	2279,68
	2280,3	2279,66	2281,17	2280,14	2280,34
	2279,2	2278,41	2280,69	2280,69	2280,98
	2282,4	2280,69	2281,65	2279,18	2279,98
	2280,3	2282,21	2282,3	2280,99	2281,21
	2279,92	2282,9	2280,47	2281,65	2280,65
	2279,3	2278,89	2281,32	2279,98	2279,41
	2279,54	2279,5	2280,41	2278,42	2282,17
	2281,4	2281,32	2280,06	2278,69	2279,13
	2280,64	2280,87	2280,88	2280,45	2280,95
	2279,32	2280,8	2279,35	2278,98	2278,8
	2279,93	2278,98	2280,98	2280,65	2280,48
	2278,69	2280,12	2282,54	2281,47	2281,47
	2280,91	2282,61	2281,69	2280,25	2281,99
2279,41	2278,72	2279,58	2280,69	2280,63	
2280,54	2277,99	2280,58	2282,61	2280,77	
2282,8	2279,3	2281,69	2280,9	2279,47	
2280,4	2280,86	2280,47	2280,32	2281,36	
2278,6	2279,98	2280,89	2279,87	2281,14	
2281,4	2279,12	2279,12	2281,66	2280,93	
2280,15	2281,61	2278,52	2280,93	2279,99	

Fonte: Autor

## 5 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)

O CEP (Controle Estatístico de Processos) pode ser entendido como um processo preventivo de se comparar os resultados de um processo de maneira contínua, identificando por meio de dados e ferramentas estatísticas, as variações e suas tendências, eliminando-as por completo ou controlando-as para que sejam reduzidas cada vez mais. O CEP são técnicas utilizadas para controlar com qualidade um processo e produto durante cada etapa de fabricação.

Dessa forma este Controle Estatístico de Processo resultará em um maior aproveitamento dos recursos, menor retrabalho e desperdícios, além de aumentar o bem estar dos empregados que irão trabalhar melhor e com objetivos específicos para cada área.

O gráfico Xbarra (média amostral) apresenta três linhas, estas representam dois limites de controle: um é o limite superior (LCS) e outro é o limite inferior (LCI), e a linha do meio é a média da variável ou também o alvo da característica analisada.

Somohyl (2009) em seus estudos afirma que o uso destas três linhas na prática funciona bem na maioria dos casos, apesar de ser um pouco exagerado. Eles definem uma grande área que irá evitar possíveis alarmes falsos. O engenheiro que gasta seu tempo precioso correndo atrás de causas especiais ou anomalias que não existem definitivamente não está sendo bem empregado.

Após a coleta ter sido realizada, é essencial que as três linhas sejam analisados e que padrões a elas sejam definidos, encontrando os limites de controle que são divididos em três tipos:

Limite superior de controle (LSC): é o maior limite aceito pelo processo. Calculada pela equação:

$$LSC = \bar{x} + (3\sigma)$$

Calculando o LSC para o processo de corte na extrusão do perfil 4023.82 obtivemos o valor de 2281,86 milímetros.

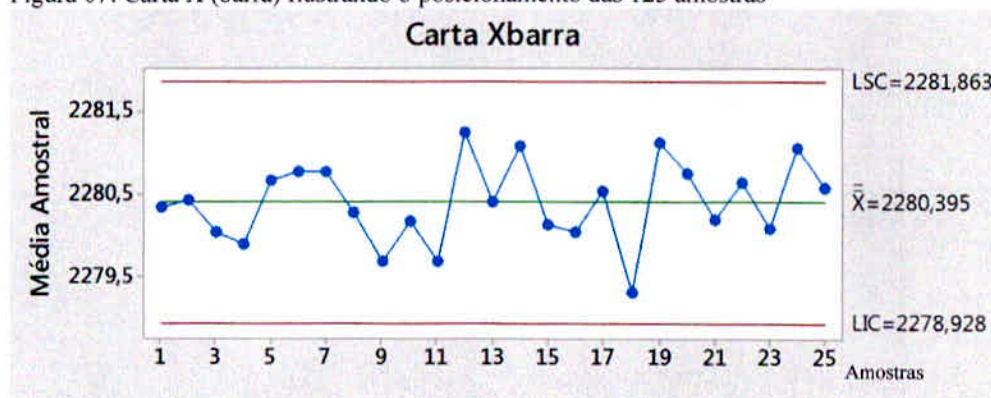
Limite de controle (LC): é a média aritmética das amostras, o valor zero ou ideal para a amostra:

$$LC = \bar{x}$$

Limite inferior de controle (LIC): é o menor limite aceito pelo processo. Calculada pela equação:

$$LIC = \bar{x} - (3\sigma)$$

Figura 07: Carta X (barra) Ilustrando o posicionamento das 125 amostras



Fonte: Autor

## 5.1 Média Aritmética Simples da Amostragem

Diniz (2001) afirma que a média aritmética simples também é muito conhecida como apenas média. É a grandeza de posição mais utilizada, intuitiva e repetitiva de todas as demais. Consiste na somatória de todas as grandezas dividida pela quantidade das mesmas.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Realizando o cálculo da média aritmética simples das 125 amostras coletadas, obtemos que o comprimento das barras do perfil 4023.82 após o recorte da extrusão é igual a 2280,39 milímetros de comprimento.

## 5.2 Estudo de Capabilidade do Corte das Barras na Extrusão

Com o equipamento ajustado no comprimento atual do perfil conforme plano de inspeção é necessário prever as variações do equipamento para que se tenha um fator de segurança antes que seja realizada alguma melhoria ou redução de custos na cadeia produtiva.

Machado (2010) em seus estudos apresenta que a capacidade tem como objetivo verificar quando um processo se encontra estatisticamente estável e atende as especificações estabelecidas para o produto estudado ou se haverá geração de itens não conformes. Esta

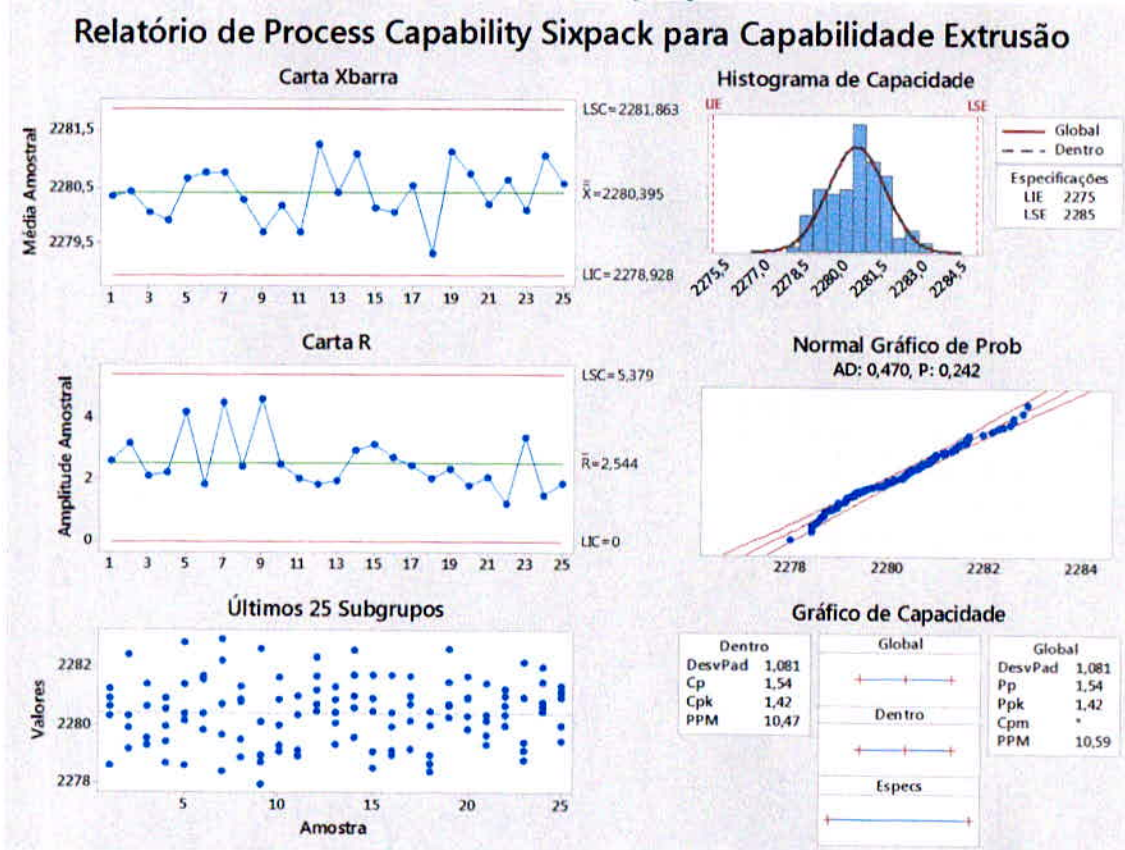
análise de desempenho pode ser realizada pela interpretação de dados específicos. Conclui se então, que realizando os estudos da capacidade de um processo pode-se obter através de índices um diagnostico atual deste processo, verificando se o mesmo poderá produzir peças não conformes e sem qualidade.

O estudo de capacidade dos comprimentos das barras do perfil 4023.82 foi realizado através do software MINITAB 17, por ele se obtém tabelas, índices e gráficos que nos responde à pergunta “meu processo é bom o bastante?”, entre estes índices estão o CP e CPK do processo.

O índice CP nos mostra um processo em que se obtém uma curva gráfica relacionando os limites de tolerância do processo com as medições encontradas nas 125 amostras, quanto mais estreita a curva, maior o índice Cp e se torna menos provável que o processo esteja fora das especificações.

O índice Cpk é o ajuste do índice CP para uma distribuição não-centrada entre os limites de especificação. Temos então para Cp e Cpk gerados pelo software com valores < 1 um processo incapaz, para valores ≤ 1,33 um processo aceitável e por ultimo para Cp e Cpk com valores ≥ 1,33 é um processo capaz e ideal.

Figura 08: Processo de recorte na extrusão com índices de Cp e Cpk ≥ 1,33



Fonte: Autor



## 6 ANÁLISES DO PERFIL COM O COMPRIMENTO ATUAL

Incorporando o perfil 4023.82 com o comprimento de corte na extrusão de  $2280 \pm 5$  milímetros na próxima operação de acabamento que tem como objetivo realizar recortes nas extremidades e abas do perfil, obtemos uma sobra de processo de até 50 milímetros.

Figura 09: Medida da sobra de processo com o perfil em seu comprimento atual



Fonte: autor

A ocorrência desta sobra de processos se dá pelo comprimento desnecessário e em excesso do perfil 4023.82, ao inseri-lo no equipamento de corte do acabamento, obtemos uma distância entre a extremidade da peça e o sensor de leitura do corte de 25 milímetros, e consequentemente desperdício de uma porcentagem considerável do perfil durante o processo.

Figura 10: Perfil atual inserido no equipamento com sensores de presença na extremidade



Fonte: Autor

## 7 DEFINIR NOVO COMPRIMENTO DE CORTE PARA A EXTRUSÃO

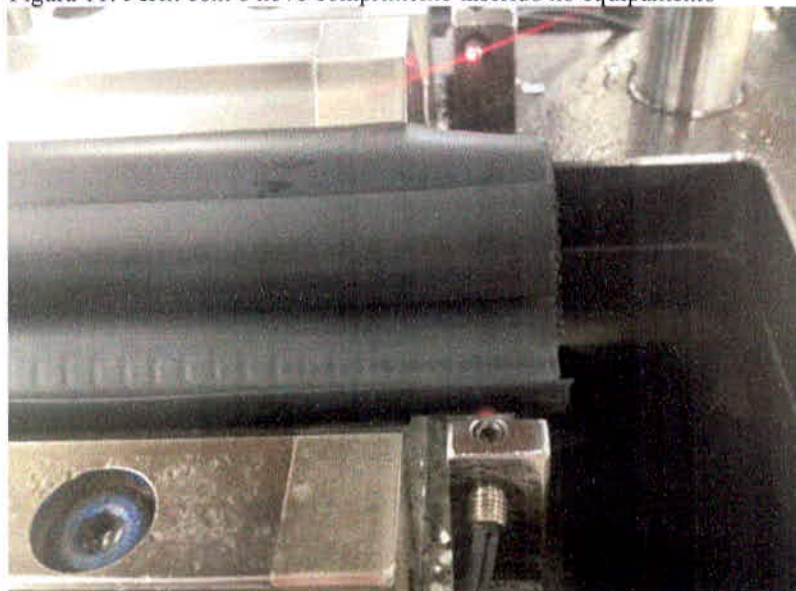
Com base nas informações de quanto o perfil tenderá a encolher após a extrusão (2 milímetros no máximo), juntamente com a variação do corte do perfil no equipamento da extrusão, a medida desnecessária entre o sensor de presença do perfil e a extremidade do mesmo no equipamento de corte do acabamento, foi possível calcular o novo comprimento de corte do perfil 4023.82 com segurança.

Foi obtida a seguinte configuração: Novo comprimento de corte = [(Comprimento mínimo da barra do perfil extrudado de 2275 milímetros + Média de encolhimento máximo 2 milímetros + Variação do equipamento de corte máxima de 3 milímetros) - Distância entre o sensor de presença e extremidade do perfil de 25 milímetros].

Novo comprimento mínimo de corte =  $[(2275 + 2 + 3) - 25] = 2255$  milímetros.

Conclui-se então que o perfil da Pingadeira X52 Renault deverá ter um comprimento de  $2260 \pm 5$  milímetros, obtendo então uma redução na sobra de processo entre 20 a 25 milímetros aproximadamente.

Figura 11: Perfil com o novo comprimento inserido no equipamento



Fonte: Autor

Figura 12: Sobra de processo após a redução de aproximadamente 25 milímetros



Fonte: Autor

## 8 CALCULO DE SAVING DA REDUÇÃO

Após a definição do novo comprimento de corte das barras do Perfil 4023.82, é necessário que seja emitido um Aviso de Engenharia, documento que comunica toda e qualquer alteração de processos, produtos, matéria prima, redução de custos e redução de desperdícios, a todos os departamentos que forem afetados com estas alterações, para que haja o alinhamento das informações, o entendimento e por fim a aprovação destes departamentos. Assim, eles assumem o compromisso de alterar todo formulário, documentação e demais fatores que estejam ligados a esta alteração, e que são de responsabilidade deste determinado departamento.

Calculando então o Saving desta redução de sobra de processos juntamente com um responsável do setor de controladoria, foi possível obter uma redução de custos anual de R\$ 16.207,26.

Tabela 03: Tabela ilustrando a redução de custos através da melhoria implantada

ESTUDO SOBRA DE PROCESSOS (4023.82)	
ESPECIFICAÇÃO COMP. EXTRUSÃO	2275 a 2285
COMP. EXTRUSÃO (mm)	2280
DISTÂNCIA SENSOR (ATUAL)	2255
COMP. ACABAMENTO (mm)	2200
TESTE DE ENCOLHIMENTO (mm)	0
SOBRA PROCESSO TEÓRICO (mm)	50
VALOR PERFIL R\$ (1000 mm)	R\$ 3,78
VOLUME MÊS	17860
VALOR SOBRA TEÓRICO / MÊS	R\$ 3.376,51

Fonte: Autor

SAVING	
SAVING MENSAL	SAVING ANUAL
R\$ 1.350,61	R\$ 16.207,26

## 9 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, pode-se observar que com o crescimento e competição cada vez mais apertada do mercado automobilístico, se torna necessária para as empresas proporem melhorias internas e redução de custos em suas cadeias produtivas, com o intuito de minimizar os desperdícios e conseqüentemente otimizar o processo produtivo.

Para melhorias visando redução de desperdícios nos processos produtivos é essencial que se tenha uma linha de execução, desde análises, planejamento inicial, cálculos de ganhos ou reduções potenciais de custos e finalmente a execução. Cada etapa definida deve ser seguida sequencialmente e obedecendo a ordem planejada, para que se obtenham resultados mais satisfatórios.

Para que se tenha o sucesso de uma empresa, ela deve oferecer um produto ou serviço de qualidade, atender bem a seus clientes e ter funcionários satisfeitos com o trabalho, além de estar sempre disposta a aperfeiçoar seus processos e produtos, visando cada vez mais o lucro, focando a estabilidade no mercado e estimulando sempre o crescimento dos colaboradores.

Após todos os estudos realizados para que o perfil seja cortado com um menor comprimento sem que afete processos posteriores e próximas operações, utilizando o estudo de capacidade como ferramenta para prever a variação do equipamento e também estudos de encolhimento da borracha em diferentes intervalos de tempo, pode-se observar uma redução de custo notável para a empresa. Tendo em mente que se trata apenas de um dos inúmeros produtos que a mesma produz, uma abrangência neste tipo de melhoria pode ser bastante significativa. O desperdício reduzido da borracha também é aspecto positivo para o meio ambiente, levando em conta que a borracha leva um tempo indeterminado para a sua decomposição.

## REFERÊNCIAS

BORNIA, Antônio Cezar. **Análise gerencial de custos em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CAETANO, Mário. **Extrusão da borracha**. Disponível em: [http://www.ctb.com.pt/?page\\_id=1448](http://www.ctb.com.pt/?page_id=1448); Acesso em: 01/07/15 às 11h: 25min

DINIZ, Marcelo Gabriel. **Desmistificando o Controle Estatístico de Processo**. São Paulo: Artliber, 2001.

HILLS, D. A. **Heat Transfer and vulcanization of rubber**. Londres: Elsevier Publishing Company Limited, 1971.

LEVIN, Jack. **Estatística Aplicada a Ciências Humanas**. 2. Ed. São Paulo: Harbra, 1987.

MACHADO, José Fernando. **Método Estatístico: Gestão da Qualidade para Melhoria Contínua**. São Paulo: Saraiva, 2010.

RAMOS, Alberto Wunderler. **CEP (para processos contínuos e em bateladas)**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

SAMOHYL, Robert Wayne. **Controle Estatístico de Qualidade**. São Paulo: Campus, 2009.

SANTOS, Willian (2005). **A História da Borracha**. Disponível em: Acesso em: 30 set. 2015.

WISE, S. A., FAIR D. C. **Innovative Control Charting. Practical SPC Solutions For Today's Manufacturing Environment**. ASQ Quality Press. Milwaukee, Wisconsin