REDUÇÃO DE CUSTO COM INSERTOS CBN UTILIZANDO A METODOLOGIA SEIS SIGMA

Cost Reduction with CBN Inserts Using the Methodology Six Sigma

CARVALHO, Felipe
Faculdade de Jaguariúna

EDGARD, Sidnei
Faculdade de Jaguariúna

SILVA, Bruno
Faculdade de Jaguariúna

SCIPIONI, Breda Rosângela
Faculdade de Jaguariúna

Resumo*:* O mercado atual, altamente competitivo, faz com que as empresas se empenhem, cada vez mais, em aperfeiçoar seus produtos e processos. Para tanto, muitos programas e ferramentas têm sido estudados e melhorados. O programa Seis Sigma é uma das práticas de gestão da qualidade, utilizada atualmente pelas organizações, com o propósito de melhorar a qualidade e a competitividade de seus negócios na busca pela excelência. As empresas que aplicam os Seis Sigma têm como principal objetivo melhorar suas decisões baseando-se em fatos concretos e dados mensuráveis, visando ter maior e melhor controle e menor variabilidade dos processos de produção e serviços. O presente trabalho enfoca a aplicação do programa Seis Sigma na redução de custos com insertos CBN (nitreto cúbico de boro com cobertura) no processo de usinagem de aços endurecidos produzidos por uma indústria do ramo metalúrgico de auto peças.

Palavras chaves: Qualidade, Seis Sigma, Torneamento de Aço Endurecido.

Abstract: The current market, highly competitive, makes companies strive increasingly to improve its products and processes. Therefore, many programs and tools have been studied and improved. The Six Sigma Program is one of quality management practices that companies use today in order to improve the quality and preserve the competitiveness of its businesses, looking for the excellence. Companies implementing the Six Sigma have the main purpose to improve their decisions on real facts and measurable data, aiming to have wider and better control and less variability of production processes and services. This work focuses on the application of Six Sigma in reducing cost inserts CBN (cubic boron nitride coated) in the process of machining of hardened steels.

Keywords: Quality, Six Sigma, Turning hardened steel.

ISSN 1679-8902

INTRODUÇÃO

Basicamente, o Seis Sigma é um conjunto de práticas para melhorar os processos eliminando defeitos. Ele busca entender exatamente quais são as necessidades dos consumidores e usa, de forma disciplinada, fatos, dados e análise estatística para identificar, tratar e eliminar as fontes de erros. No programa Seis Sigma estão incluídas ferramentas como: DMAIC, SIPOC, Mapa do Processo e Matriz de Causa e Efeito.

Sabe-se que torneamento é um processo de usinagem onde um sólido cilíndrico bruto é transformado, retirando-se cavaco de sua periferia, com a finalidade de se obter um objeto cilíndrico com formas definidas e com precisão. O torneamento de materiais duros obteve um crescimento significativo em sua utilização ao longo do tempo, devido ao aumento da demanda de produção e à necessidade de redução dos custos de fabricação proveniente da exigência cada vez maior das novas tecnologias empregadas nos processos industriais.

Segundo Pereira (2006) convencionou-se chamar de torneamento duro, a remoção de cavacos em materiais com dureza superior aos 45 HRC (Rockwell). Antigamente, para materiais tratados termicamente (endurecidos) que necessitavam ser usinados, utilizava-se o processo de retificação. Com o passar do tempo, novas tecnologias foram desenvolvidas como ferramentas de elevada dureza e resistência ao desgaste em altas temperaturas e máquinas de maiores rigidez e precisão dimensional em altas rotações. Estas técnicas garantiram a viabilidade e qualidade do processo de usinagem destes materiais conhecido como torneamento duro.

Este artigo tem como objetivo estudar a aplicação do Seis Sigma no processo de torneamento a fim de reduzir os custos com insertos CBN (nitreto cúbico de boro com cobertura).

ISSN 1679-8902

Revisão Bibliográfica

Seis Sigma

O Seis sigma surgiu na empresa Motorola na década de 80. Segundo Junior, Cierco, Rocha, Mota (2003), o presidente da Motorola seguiu o exemplo do *chief executive officer* da Hewlett–Packard (HP), que instituiu o programa de melhoria "10X". Porém, o presidente da Motorola pediu que esta empresa fizesse em cinco anos, aquilo que a HP levara uma década para realizar. A Motorola, em 1988, recebeu o Prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige e o Seis Sigma passou a ser conhecido como programa responsável pelo sucesso obtido por esta empresa.

> "No processo de criação do 6σ, o setor de qualidade da Motorola utilizou-se de uma prática simples. Analisou-se uma determinada falha como um dado, realizando-se em seguida o tratamento estatístico. Para isso, aplicou-se o cálculo de variação da falha. O cálculo realizado foi o de desvio padrão de amostra, representado pela letra grega "sigma". O valor padrão resultou em seis desvios, cada valor de desvio padrão corresponderia um número de sigmas" (PENCZKOSKI et al., 2008, p. 2).

Com a divulgação do sucesso e os ganhos de US$ 2,2 bilhões obtidos pela Motorola com o programa, outras empresas como Asea Brown Boveri, Allied Signal, General Electric e Sony passaram a utilizá-lo.

Jack Welch, o CEO (Chief Executive Officer) da GE, começou a se interessar pelo programa. Entre 1996 e 1997, a GE investiu US$ 450 milhões no treinamento de 5 mil *master black belts* e *black belts* e de mais de 60 mil *green belts* – cerca de 30% de sua força de trabalho. Esse investimento gerou um ganho de US$ 1,5 bilhão em 1999. Para Jack Welch, os bons resultados financeiros decorrem do aumento de *market-share* da empresa, à medida que os consumidores passam a sentir os benefícios do programa Seis Sigma em seus próprios negócios.

No Brasil, empresas como Belgo-Mineira, Multibrás, Kodak, Motorola, Ambev, grupo Gerdau e Cimento Votorantim implementaram o programa seis sigma, tendo alcançado bons resultados e forte impacto no preço de suas ações.

ISSN 1679-8902

Os ganhos das empresas, em consequência da adoção do programa Seis Sigma, no decorrer do tempo podem ser observados na figura 1.

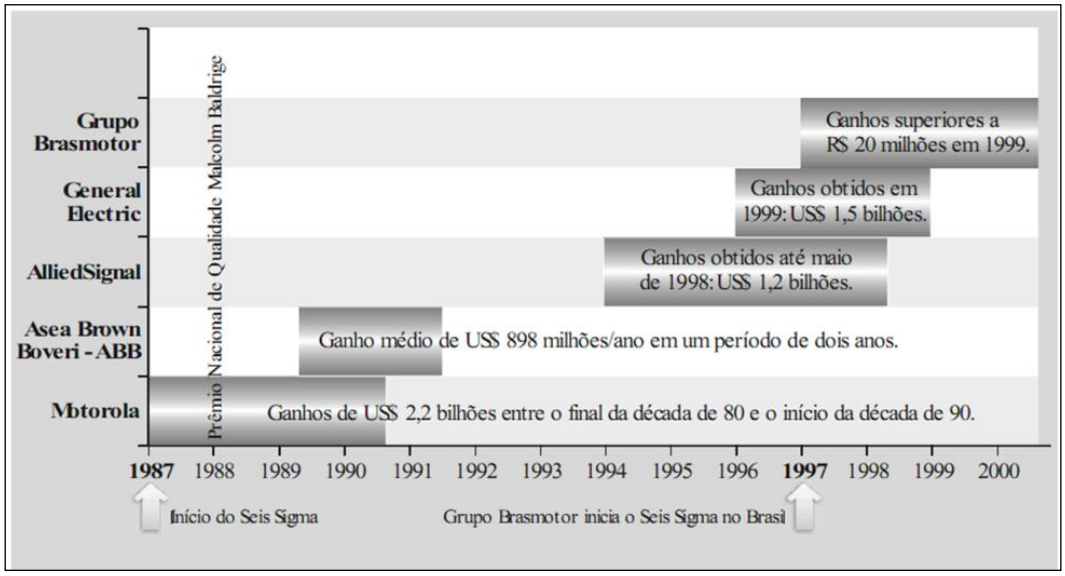


Figura 1: Ganhos decorrentes da adoção do programa Seis Sigma (WERKEMA, 2002B)

Conceito do Seis Sigma

Segundo Junior, Cierco, Rocha, Mota (2003, p. 111), "o conceito do Seis Sigma não é totalmente novo [...] A origem de seus princípios está fundamentada nas ideias de Shewhart, Deming e Juran entre outros". Para estes autores, com o objetivo de atingir em determinados processos o máximo de 3,4 defeitos por 1 milhão de oportunidades, o Seis Sigma transforma esforços de melhoria em metas especificas de redução.

O programa Seis Sigma é impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes. Sendo possível definir e medir estas necessidades pode-se, por exemplo, calcular o número de defeitos no processo e nas saídas, bem como o rendimento deste e o percentual de bens e serviços com a qualidade desejada.

Outra abordagem para determinar o nível seis sigma é calcular quantos defeitos ocorrem, em comparação com o número de oportunidades das atividades saírem erradas em um bem ou serviço. O resultado desta operação é chamado de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). A tabela 1 mostra a classificação em sigma segundo o nível de perfeição e DMPO (Defeitos por Milhão de Oportunidades).

ISSN 1679-8902

Tabela 1: Tabela Simplificada de Conversão em Sigma
Fonte: Pande, Neuman, Cavanagh (2001)

Tabela Simplificada de Conversão em Sigma		
Seu nível de perfeição é...	Seu DMPO é...	Seu Sigma é...
30,9 %	690.000	1,0
69,2 %	308.000	2,0
93,3 %	66.800	3,0
99,4 %	61.210	4,0
99,98 %	320	5,0
99,9997 %	3,4	6,0

O programa Seis Sigma também pode ser definido como:

> "É uma metodologia revolucionária para a melhoria de processos por toda empresa, desde sua área de manufatura até a área comercial (marketing, finanças, jurídico, etc.) visando atingir melhorias na qualidade e ganhos de produtividade drásticos, com consequente redução de custos" (MORANDO, 2007, p. 4).

Metodologia Seis Sigma

Segundo Pande, Neuman, Cavanagh (2001), o Seis Sigma conta com metodologias de máxima eficiência como as ferramentas DFSS (Design For Six Sigma - utilizado para desenvolvimento de novos produtos ou processos) e DMAIC.

De acordo com LINDERMAN et al. (2003), a ferramenta DMAIC está dividida em cinco fases conhecida como: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyse* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar).

***Define* (Definir):** Consiste na definição e ou identificação clara e objetiva do projeto compreendendo o controle total da qualidade e os requisitos técnicos.

***Measure* (Medir):** É a identificação das medidas-chave da eficiência e da eficácia, transportando tais medidas para o conceito do Seis Sigma, tais como mensuração do desempenho de processos e da variabilidade dos mesmos.

***Analyse* (Analisar):** São analisados os dados relativos aos processos estudados, com o objetivo principal de determinar as causas dos problemas que precisam de melhoria.

ISSN 1679-8902

***Improve* (Melhorar):** Consiste, fundamentalmente, no desenvolvimento de projetos de experimentos (DOE - *Design of Experiments*), com o objetivo de se conhecer a fundo cada processo. É a soma das atividades relacionadas com a geração, seleção e implementação de soluções.

***Control* (Controlar):** Mecanismos são implementados para monitorar o desempenho de cada processo, a fim de garantir que as melhorias se sustentam ao longo do tempo.



Figura 2: Ciclo DMAIC
Fonte: Lean Sigma Institute

Outras ferramentas auxiliam na estruturação do DMAIC, tais como: SIPOC, DOE, Mapa de Processo e Matriz de Causa e Efeito.

SIPOC: É um diagrama que tem como objetivo definir o principal processo envolvido no projeto e facilitar a visualização do escopo do trabalho. O significado de suas letras são:

Supplier (Fornecedores): fornecedores de recursos ao processo;

Input (Entrada): informação, materiais ou serviços;

Process (Processo): transformação das entradas em saídas;

Output (Saída): produto ou serviço final de um processo;

Customer (Clientes): clientes dos produtos da saída dos processos.

ISSN 1679-8902

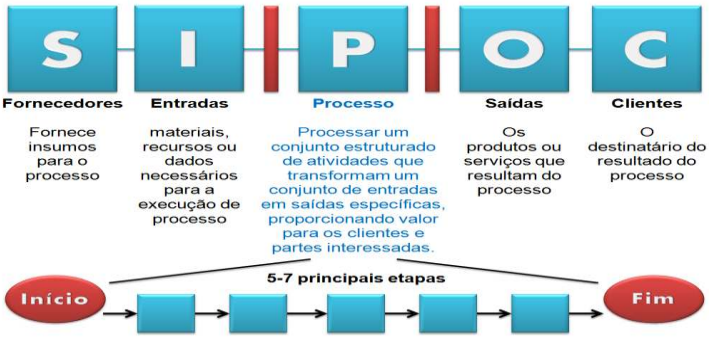


Figura 3: SIPOC
Fonte: Mentorsonline

DOE (*Design of Experiments*): permite identificar o ajuste de variáveis-chaves para modificar e otimizar os processos, introduz propositais mudanças nas entradas para observar a saída.

Mapa de Processo: é usado para documentar o conhecimento existente sobre o processo. Estabelece o entendimento comum, identifica as entradas, as saídas, os clientes, os fornecedores e o fluxo, auxiliando a equipe a ganhar conhecimento sobre o processo.

Matriz de Causa & Efeito (C&E): consiste em uma matriz simples que enfatiza a importância da compreensão das exigências do cliente, priorizando o impacto das variáveis de entrada. Usa o mapa de processo como fonte.

Implementação do programa Seis Sigma

Uma implementação bem-sucedida do seis sigma associa conhecimentos estatísticos e técnicos à gestão de processos, estabelecendo onde e como utilizá-los. Um dos pontos mais importantes para a implementação deste programa é a capacitação de especialistas, sendo o mais conhecido o *black belt*, que sinaliza a figura do “faixa preta”. A ideia de se estabelecer um paralelo entre a luta de caratê e a implementação do seis sigma surgiu porque ambas dependem de força, velocidade e determinação, bem como de disciplina mental e treinamento sistemático e intensivo.

Atores do processo:

Champions (Patrocinador/Líder) – gestores que definem a direção que o seis sigma irá tomar e que têm a responsabilidade de apoiar os projetos e remover possíveis barreiras ao seu desenvolvimento;

ISSN 1679-8902

Master Black Belts (Líderes com Cinturão Preto) – profissionais que atuam em tempo integral como mentores dos black belts e que assessoram os champions;

Black Belts (Cinturão Preto) – sua característica principal é a capacidade de liderança;

Green Belts (Cinturão Verde) – profissionais que participam das equipes lideradas pelos *black belts* na condução dos projetos seis sigma;

Yellow Belts (Cinturão Amarelo) – são profissionais do nível operacional da empresa (supervisores), treinados nos fundamentos do seis sigma para que possam dar suporte aos *black belts* e *green belts* na implementação dos projetos.

Uma das características importantes do seis sigma é a confiança na tomada de decisão a partir dos resultados obtidos através de estudos de fatos e dados.

Objetivo

Este artigo teve como objetivo estudar a aplicação do Programa Seis Sigma no processo de torneamento de uma empresa do ramo de autopeças, situada na região de Campinas. O grande desafio foi reduzir os custos com insertos CBN (nitreto cúbico de boro com cobertura) no torno 09555 (Célula M5), que atualmente trabalha com três tipos de peças, e demonstrar a efetividade do Programa Seis Sigma na realização desta tarefa.

METODOLOGIA

Durante a realização deste estudo de caso, foram seguidos os passos descritos abaixo:

1 - A princípio, foi utilizado o ciclo DEMAIC. Uma equipe multifuncional usou esta ferramenta para definir o objetivo do projeto, medições, análises e controle.

2 - Algumas ferramentas de apoio como SIPOC, VSM (ferramenta Lean) e Mapa do Processo foram utilizadas durante o projeto.

3 - A coleta de informações foi registrada por meio de uma planilha de controle de consumo de insertos que foi colocada "*in loco*", onde os operadores anotaram o consumo de insertos por aresta e o motivo das trocas de insertos.

ISSN 1679-8902

4 - Após a coleta de dados foi realizado um estudo sobre a capabilidade do processo a fim de monitorar e quantificar a qualidade das peças.

5 - Após a utilização das ferramentas citadas e a implantação das ações corretivas e preventivas decorrentes do seu uso, foram realizados testes a fim de acompanhar a evolução da redução do custo com inserto na célula M5.

Desenvolvimento

A companhia onde foi realizado este estudo de caso possui mais de 100 anos de história. É líder mundial no fornecimento de componentes e sistemas elétricos, hidráulicos, automotivos, aeronáuticos e de filtração, oferecendo marcas, produtos e soluções de comprovada excelência para seus clientes nos mercados sul-americanos. O trabalho em questão foi desenvolvido na planta da região de Campinas, no segmento de transmissões de caminhões, onde emprega mais de 1000 funcionários e atende a clientes como Mercedez Bens e Volvo entre outros.

Definir

Este projeto foi desenvolvido de acordo com o levantamento de contas de ferramentais e dispositivos da unidade de negócio, realizado no período de janeiro a outubro de 2012. Conforme figura 4, observou-se que a 2ª maior contribuição, representada por 22% dos custos totais, estão incorporados em *Tooling Insertos* (ferramenta de insertos). Os demais itens como *Reworks* (Retrabalho de dispositivos e ferramentais), *Tooling Hurth Infer* (ferramentas de corte e acabamento de engrenagens), *Samputensili* (ferramentas de corte), *Supplies* (suprimentos) e *Cooperfer* (fabricação de dispositivos) não serão desenvolvidos neste trabalho.

ISSN 1679-8902

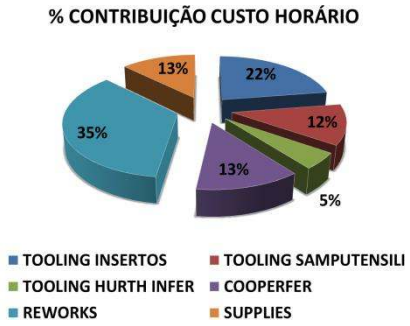


Figura 4: Contribuição de Custo Horário
Fonte: Elaborado pelos autores

O *tooling* insertos desmembra-se em 4 segmentos: MD (insertos de metal duro), MD Prawema (Insertos de Metal Duro Prawema), Suporte Prawema, e CBN (Nitreto Cúbico de Boro com cobertura), conforme figura 5.

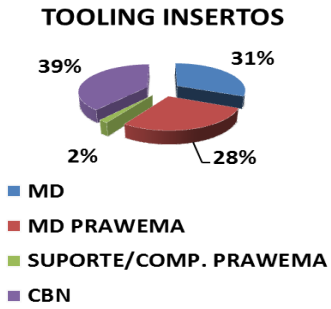


Figura 5: Contribuição de Insertos
Fonte: Elaborado pelos autores

Identificou-se, assim, que a maior contribuição nas contas de ferramentais e dispositivos da unidade de negócio era com insertos CBN com 39% de contribuição.

Com base nos levantamentos de contas da companhia, expostos nas figuras 4 e 5, este trabalho concentra-se na redução de custos com insertos CBN e, para diminuir as variáveis, o projeto concentra-se no torno 09555 e célula M5, havendo a possibilidade de disseminar a metodologia para outras células futuramente.

O inserto utilizado atualmente é de classificação CBN (Nitreto Cúbico de Boro com cobertura) revestido de Titânio, em formato de V, utilizado para corte contínuo com 4 arestas, conforme figura 6.

ISSN 1679-8902

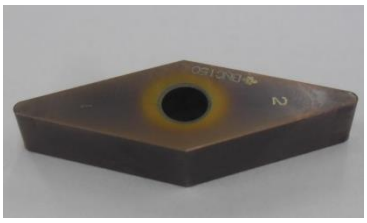


Figura 6: Inserto CBN “V”
Fonte: Elaborado pelos autores

A máquina utilizada para realizar o estudo foi um torno automático com dois fusos, ou seja, manufatura duas peças ao mesmo tempo conforme figura 7.

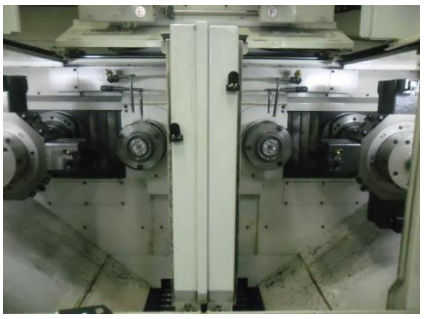


Figura 7: Torno (09555)
Fonte: Elaborado pelos autores

As peças manufaturadas são engrenagens cônicas existentes na caixa de transmissão com função de auxiliar nas trocas de marcha, conforme figura 8.

O local do projeto foi uma recente célula de trabalho que manufatura peças caracterizadas como críticas, devido suas tolerâncias geométricas e funcionalidades.

O ciclo DEMAIC orientou os passos do projeto. Esta ferramenta foi utilizada pela equipe multifuncional com o principal objetivo de definir o projeto, as medições, as análises e os controles a serem realizados.

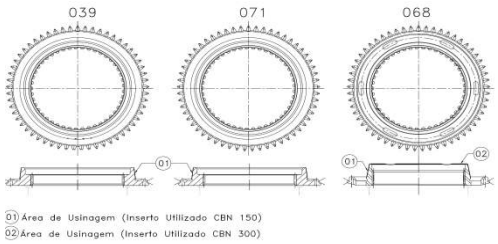


Figura 8: Peças Manufaturadas
Fonte: Elaborado pelos autores

ISSN 1679-8902

Para estudo do processo, optou-se por uma ferramenta Lean, VSM (*Value Stream Mapping*) conforme APÊNDICE 1, onde o principal intuito é expor uma visão abrangente do processo resultando em um *brainstorming* da equipe.

Durante o *brainstorming*, muitas ideias foram expostas, porém priorizou-se as ideias que mais impactariam sobre a redução de custos com o menor esforço possível, entre elas estavam: realizar testes com novos fornecedores, retirar a usinagem da face do cone (peça 068) e reduzir o sobremetal do cone. Porém, indiscutivelmente, a ideia mais aceita e tecnicamente mais factível foi a de realizar testes com novos fornecedores, já que as outras duas opções exigiam longas negociações comerciais burocráticas.

Após a ferramenta VSM, elaborou-se a ferramenta SIPOC e Mapa do Processo conforme tabela 2 e APÊNDICE 2, respectivamente, com o intuito de aprofundar o conhecimento sobre o processo, rastreando entradas, saídas e tornando factíveis as ideias anteriores.

Tabela 2: SIPOC
Fonte: Elaborado pelos autores

FORNECEDOR	ENTRADAS	PROCESSO	SAÍDAS	CLIENTES
Operação de Brunir	Peça com Tratamento Térmico	TORNEAMENTO DURO	Cone com Dimensional Especificado	Operação de Lapidar
	Peça com acabamento no diâmetro interno		Cone com Ra Especificado	
	Insertos		Peça Aprovada	
	Dispositiovos de Fixação		Peça Reprovada	

O Mapa de Processo para o estudo em questão encontra-se no APÊNDICE 2. Neste mapa pode-se encontrar informações sobre o tipo de inserto utilizado, parâmetros de usinagem, movimentação do inserto, especificações do produto, dispositivos *Poka Yoke* e capacitação dos operadores (*Know How*), saídas como: frequência de medições das especificações do produto, quantidade de peças por aresta e capabilidade, além de estudos de entradas e saídas de processos anteriores e posteriores que impactariam no sucesso do projeto.

ISSN 1679-8902

Medir

Para coleta de informações foi feita uma planilha de controle (linha de base) para saber o principal motivo da troca de inserto e seu consumo real (peças/aresta), conforme tabela 3.

Tabela 3: Controle de Vida de Insertos
Fonte: Elaborado pelos autores

CONTROLE DE VIDA DE INSERTOS										
						MOTIVO DA TROCA				
CÓDIGO PEÇA	CÓDIGO INSERTO	DATA	Lado Esq.	Lado Dir.	Pç/Lado da Aresta	DESGASTE DO INSERTO	MANCHA NA LAPIDAÇÃO	ALTA RUGOSIDADE	VARIAÇÃO DE DIMENSIONAL	OUTROS *
3363071	BNC150	12-set	1		210		1			
3363071	BNC150	12-set		1	223		1			
3363071	BNC150	13-set	1		232				1	
3363071	BNC150	13-set		1	202				1	
3363039	BNC150	19-set		1	196			1		
3363039	BNC150	19-set	1		250			1		
3363039	BNC150	19-set		1	250			1		
3363039	BNC150	20-set	1		225			1		
3363039	BNC150	20-set		1	223			1		
3363068	BNC300	21-set	1		213	1				
3363068	BNC300	21-set		1	213	1				
3363068	BNC300	21-set	1		263			1		
3363068	BNC300	21-set		1	263			1		

Pode-se observar na tabela 3, o consumo de peças por lado da aresta localizado na coluna amarela. Nota-se, também, os motivos da troca do lado da aresta e/ou troca do inserto sendo a alta rugosidade o motivo com maior frequência.

Analisar

Através da média de consumo de insertos para cada modelo de peça, calculou-se o custo anual que serviu com linha de base do projeto para se estipular a meta a ser atingida, conforme APÊNDICE 3, tabela 4 e figura 9.

Tabela 4: Linha de Base de Consumo de Insertos
Fonte: Elaborado pelos autores

FORNECEDOR	CUSTO TOTAL	META CUSTO TOTAL	REDUÇÃO PROPOSTA	META %	CUSTO PROPOSTO
SUM.	R$ 80.320,08	R$ 64.256,07	R$ 16.064,02	20%	R$ 64.256,07

ISSN 1679-8902

Como pode-se observar na tabela 4, o levantamento dos custos totais é de R$ 80.320,08. A proposta deste trabalho foi atingir uma meta de 20%, resultando em uma redução de R$ 16.064,02.

A figura 9 representa graficamente os custos anuais de processo, meta e redução de custo proposto.

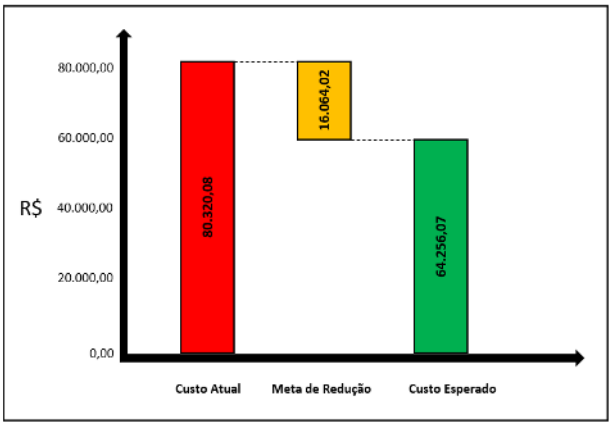


Figura 9: Proposta de Redução de Custos
Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a tabela 3 o maior índice de troca de inserto é devido à rugosidade da peça conforme mostra figura 10.

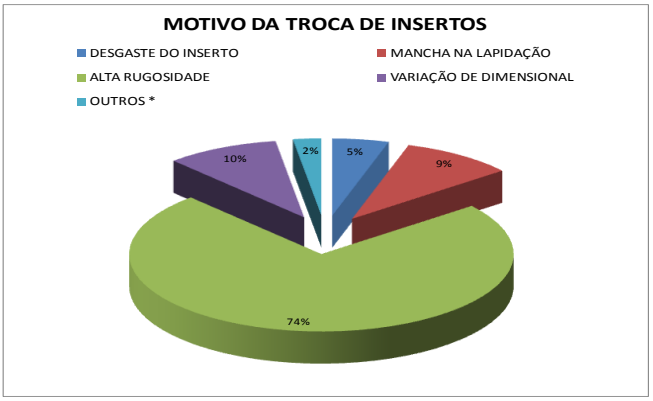


Figura 10: Redução de Custos
Fonte: Elaborado pelos autores

Através desta informação, realizou-se os estudos de capabilidade para monitorar a evolução alcançada durante o projeto. Para realizar o estudo de capabilidade do processo utilizou-se amostras de 125 peças para cada modelo de peça e cada fuso (eixo do torno 09555).

A tabela 5 mostra a capabilidade atual do processo.

ISSN 1679-8902

Tabela 5: Capabilidade do Processo Atual
Fonte: Elaborado pelos autores

	071			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 150	CP	CPK	CP	CPK
	1,35	1,07	1,39	1,24

	039			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 150	CP	CPK	CP	CPK
	1,13	0,83	1,54	1,49

	068			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 150 CBN 300	CP	CPK	CP	CPK
	1,04	0,96	1,44	1,30

Conforme capabilidade do processo o Cp e CpK são analisados da seguinte forma: Processo Capaz Cp ≥ 1,33 e Cpk ≥ 1,0

Os dados mostram que o processo é capaz de atender as especificações do cliente apenas para o inserto CBN 150 peça 071 - fuso direito e esquerdo, peça 039 - fuso esquerdo e peça 068 - fuso esquerdo.

Melhorar

Para iniciar os testes com os novos fornecedores, foi realizada a apresentação do projeto para alguns candidatos a fornecedor e foi discutido sobre os requisitos técnicos das partes físicas e químicas do material.

Um dos candidatos a fornecedor apresentou o inserto com formato T com uma diferenciação da classificação comparado ao atual conforme figura 11.



Figura 11: Inserto CBN 010 “T”
Fonte: Elaborado pelos autores

Testes foram realizados sem alteração significativa das variáveis de processo (parâmetros de máquina) tais como:

Vc = Velocidade de Corte; f = Avanço; RPM = Rotação por Minuto.

Durante os testes, utilizou-se a planilha de controle (linha de base) para saber o consumo real de peças/aresta. Após três meses de testes, concluiu-se que ocorreu uma melhora na redução do consumo de insertos conforme APÊNDICE 4, tabela 6 e figura 12.

ISSN 1679-8902

Tabela 6: Consumo de inserto na célula GMI-M5
Fonte: Elaborado pelos autores

FORNECEDOR	CUSTO TOTAL	REDUÇÃO TOTAL	% REDUÇÃO	META CUSTO TOTAL	META REDUÇÃO	META %
SUM.	R$ 80.320,08	R$ 35.383,77	44%	R$ 64.256,07	R$ 16.064,02	20%
SEC. (novo)	R$ 44.936,31					

A figura 12 mostra o ganho significativo obtido no projeto.

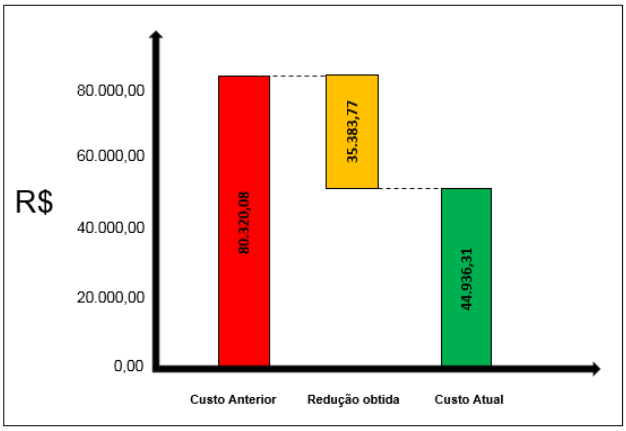


Figura 12: Redução de Custos
Fonte: Elaborado pelos autores

Como pode-se observar na tabela 6 e figura 12, os testes com o inserto do novo fornecedor superou a expectativa resultando em uma redução de custo de 44%, passando de R$ 80.320,08 de custos totais anuais para R$ 44.936,31.

O melhoramento não resultou apenas na evolução da quantidade de peças/aresta, mais também na qualidade do produto conforme apresentado na tabela 7 que mostra os índices de capacidade do processo com o uso do novo inserto com formato T.

Tabela 7: Capabilidade do Processo Após o Estudo
Fonte: Elaborado pelos autores

	071			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 010	CP	CPK	CP	CPK
	1,38	1,13	1,44	1,29

	039			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 010	CP	CPK	CP	CPK
	1,34	1,01	1,42	1,37

	068			
	Fuso Direito		Fuso Esquerdo	
	RUGOSIDADE (RA)		RUGOSIDADE (RA)	
CBN 010 CBN 160C	CP	CPK	CP	CPK
	1,36	1,07	1,48	1,41

Observou-se que o estudo de capabilidade do processo com o novo inserto em forma de T proporcionou um ganho significativo na qualidade do produto e processo, superando as expectativas e sendo capaz de atender as especificações do cliente em todas as peças e fusos.

ISSN 1679-8902

Controlar

Realizou-se o monitoramento pós-projeto durante 3 meses para comprovar os resultados obtidos. A metodologia utilizada foi através da planilha de controle de vida útil dos insertos e auditorias internas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo visou estudar a aplicação da ferramenta Seis Sigma no processo de torneamento, a fim de reduzir os custos com insertos CBN (nitreto cúbico de boro com cobertura) utilizados na produção de engrenagens cônicas existentes na caixa de transmissão de automóveis.

Os resultados obtidos mostram que foi possível obter uma redução de 44% no custo do inserto superando a meta inicial de 20%.

Conclui-se, assim, que a utilização da metodologia Seis Sigma mostrou-se altamente eficiente pois, além de superar os resultados esperados com relação ao custo do inserto CBN, levou a um aumento da capacidade do processo em atender os requisitos específicos do cliente em relação a esse produto.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, M. J. Estudo Exploratório Sobre a Aplicação do Programa Seis Sigma no Brasil. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2007000200002>. Acesso em: 15 set. 2012.

BEHARA, R. S.; FONTENOT, G.F.; GRESHAM, A. **Customer satisfaction measurement and analysis using six sigma.** International Journal of Quality & Reliability Management, v. 12,n. 3, p. 9-18, 1995.

JUNIOR, MARSHALL I.; CIERCO, A. A.; ROCHA, V. A.; MOTA, B. E. **Gestão da Qualidade**. 2. Ed. Rev. E atual. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003.

LINDERMAN, K.; SCHROEDER, R. G.; ZAHEER, S.; CHOO, A. S. **Six Sigma:** a goal-theoretic perspective. Journal of Operations Management, v. 3, n. 21, p. 193-203, 2003.

MORANDO, G. H. F. **Gestão da Qualidade:** Seis Sigmas na 3M do Brasil. CONVIBRA CONGRESSO VIRTUAL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO, 4, 2007, Internet. Anual. Disponível em:

ISSN 1679-8902

< http://www.convibra.com.br/2004/pdf/71.pdf>. Acesso em: 15 set. 2012.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVENAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma:** como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando o seu desempenho; Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PENCZKOSKI, D. P. ET. AL. Dificuldades da implantação do programa Seis Sigma Disponível em:

<http://www.4eetcg.uepg.br/oral/70_1.pdf>

PEREIRA, J. C. C. Determinação de Modelos de Vida de Ferramenta e Rugosidade no Torneamento do Aço ABNT 52100 Endurecido Utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta (DOE). Disponível em:

<http://www.portal.unifei.edu.br/files/arquivos/PRPPG/Engenharia_mecanica/Projeto_fabrica%C3%A7ao_mestrado/Jean_Carlo_Cescon_Pereira.pdf>. Acesso em: 01 out. 2012.

RESHULSKI, D. K.; CARVALHO, M. M.; **Programas de Qualidade Seis Sigma – Características distintivas do modelo DMAIC e DFSS.** Publicação da Produção em Iniciação Científica da Escola Politécnica da USP. São Paulo, PIC-EPUSP Número 02, 2004. Disponível em:

<http://www.leansixsigma.com.br/ACERVO/ACERVO_39112939.PDF> Acesso em 01 out. 2013.

SIMÕES, H. C. GUTIERREZ, R. H**. Análise comparativa entre o programa Seis Sigmas e o Gerenciamento de Projetos.** Disponível em:

<http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg4/anais/T7_0096_0119.pdf>. Acesso em: 15 set. 2012.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma.** Rio de Janeiro: Qualitymark, v. 1, 2002b.

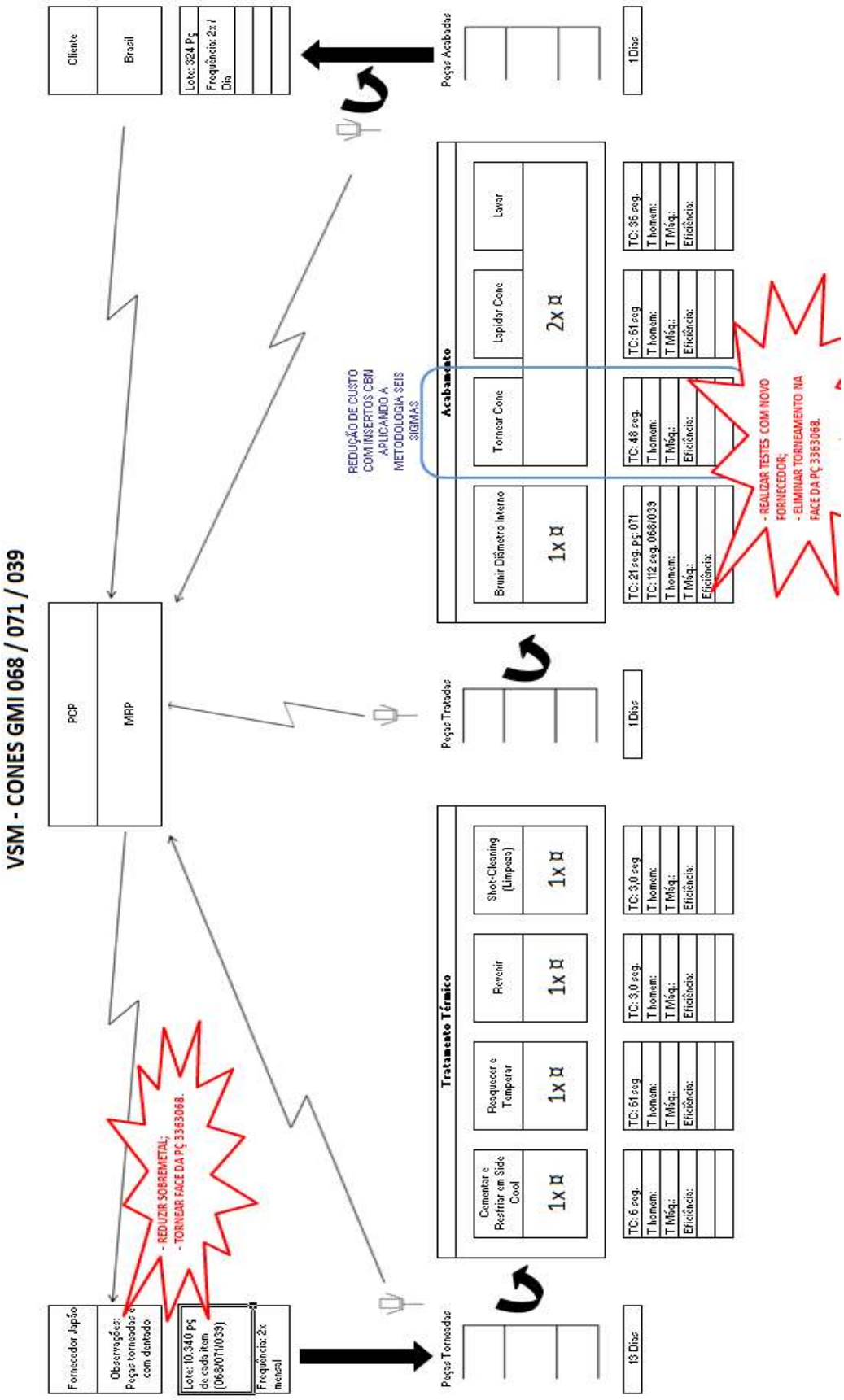
Sites

Lean Sigma Institute. disponível em: <http://www.leansigmainstitute.com/lean/dmaic_lean.shtml>, acesso em: 15 set. 2012.

Mentorsonline. disponível em: <http://mentorsonline.wordpress.com/2012/04/30/sipoc-an-amazing-way-to-reduce-waste-and-streamline-workload/>, acesso em: 15 set. 2012.

ISSN 1679-8902

APÊNDICE 1



ISSN 1679-8902

APÊNDICE 2

MAPA DO PROCESSO

	ENTRADAS		PRODUÇÃO	SAÍDAS		
071	Forjado	Especificação do Produto Ø Externo: 90,220mm	FORNECEDOR MP - OOKA	Peça Usinada	Cp: 1,74 / Cpk:1,70 Frequência: Não há Controle	Estudos de MSA
068	Forjado	Especificação do Produto Ø Externo: 80,000mm		Peça Usinada	Cp: 1,20 / Cpk: 1,14 Frequência: Não há Controle	
039	Forjado	Especificação do Produto Ø Externo: 90,220mm		Peça Usinada	Cp: 1,56 Cpk: 1,42 Frequência: Não há Controle	
071	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Dureza Superficial: 58 - 63 Hrc	TRATRAMENTO TÉRMICO	Peça Tratada	Cp: 1,13 / Cpk: 1,12 Frequência: 1 Cada 4 horas (Gráfico de Acompanhamento)	Estudos de MSA
068	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Dureza Superficial: 58 - 63 Hrc		Peça Tratada	Cp: 1,33 / Cpk: 1,14 Frequência: 1 Cada 4 horas (Gráfico de Acompanhamento)	
039	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Dureza Superficial: 58 - 63 Hrc		Peça Tratada	Cp: 0,99 / Cpk: 0,95 Frequência: 1 Cada 4 horas (Gráfico de Acompanhamento)	
071	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Ø Interno: 69,960 - 69,880mm	BRUNIR	Peça Brunida	Cp: 3,30 / Cpk: 2,95 Frequência: 2 / hora (gráfico de acomp.) e Calibrador Tampão 100%	Estudos de MSA
068	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Ø Interno: 69,960 - 69,880mm		Peça Brunida	Cp: 3,43 / Cpk: 3,17 Frequência: 2 / hora (gráfico de acomp.) e Calibrador Tampão 100%	
039	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Ø Interno: 69,960 - 69,880mm		Peça Brunida	Cp: 2,55 / Cpk: 1,80 Frequência: 2 / hora (gráfico de acomp.) e Calibrador Tampão 100%	
071	Peça Aprovada MSA Aprovado	-Especificação do Produto Ra: 0,5 - 0,8; -Inserto CBN 150; -Velocidade de Corte (Vc): 180m/min.; -Avanço (F): 0.14 Desbaste, 0.12mm/rev. Acabamento; -Capacitação (Know How); -Movimentação do Inserto; -Dispositivo Poka Yoke;	TORNEAR	Peça Torneada	- Direito: Cp: 1,35 / Cpk: 1,07 - Esquerdo: Cp: 1,39 / Cpk: 1,24 - Frequência: 1 pç / hora (Graáfico de acompanhamento). - lascado - Qtd. Pç/Aresta:L1 (263 CBN150); - Qtd. Pç/Aresta:L2 (263 CBN150);	Estudos de MSA
068	Peça Aprovada MSA Aprovado	-Especificação do Produto Ra: 0,5 - 0,8; -Inserto CBN 150 (Cone) e CBN 300 Face); -Velocidade de Corte (Vc): 180m/min.; -Avanço (F): 0.14 Desbaste, 0.12mm/rev. Acabamento; -Capacitação (Know How); -Movimentação do Inserto; -Dispositivo Poka Yoke;		Peça Torneada	Direito: Cp: 1,04 / Cpk: 0,96 Esquerdo: Cp: 1,44 / Cpk: 1,30 Frequência: 1 pç / hora (Grafico de acompanhamento). Qtd. Pç/Aresta:L1 (263 CBN150; 294 CBN300); Qtd. Pç/Aresta:L2 (263 CBN150; 294 CBN300)	
039	Peça Aprovada MSA Aprovado	-Especificação do Produto Ra: 0,5 - 0,8; -Inserto CBN 150; -Velocidade de Corte (Vc): 180m/min.; -Avanço (F): 0.14 Desbaste, 0.12mm/rev. Acabamento; -Capacitação (Know How); -Movimentação do Inserto; -Dispositivo Poka Yoke;		Peça Torneada	Direito: Cp: 1,13 / Cpk: 0,83 Esquerdo: Cp: 1,54 / Cpk: 1,49 Frequência: 1 pç / hora (Gráfico de acompanhamento). Qtd. Pç/Aresta:L1 (263 CBN150); Qtd. Pç/Aresta:L2 (263 CBN150)	
071	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto RZ: 1,5 - 3,5	LAPIDAR	Peça Lapidda	Cp: 1,71 / Cpk: 1,09 Frequência: 2 Cada Hora (Carta de Controle)	Estudos de MSA
068	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto Ra: 0,2 - 0,4		Peça Lapidda	Cp: 1,21 / Cpk: 1,10 Frequência: 2 Cada 1 Hora (Carta de Controle)	
039	Peça Aprovada MSA Aprovado	Especificação do Produto RZ: 1,5 - 3,5		Peça Lapidda	Cp: 1,57 / Cpk: 0,94 Frequência: 2 Cada 1 Hora (Carta de Controle)	

ISSN 1679-8902

APÊNDICE 3 – Linha de Base de Consumo de Insertos

PEÇAS	INSERTO	FORNECEDOR	CUSTO INSERTO	QTD DE ARESTAS	CUSTO ARESTA	QTD MÉDIA DE PEÇAS PROD./ARESTA.	CUSTO MÉDIO	CUSTO MÉDIO/PEÇA	VOLUME ANUAL PÇ	CUSTO ANUAL
039	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	516	R$ 0,11632	R$ 0,116	125000	R$ 14.539,73
071	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	484	R$ 0,12402	R$ 0,124	125000	R$ 15.502,25
068	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	462	R$ 0,12988	R$ 0,402	125000	R$ 50.278,11
	VNGA - BNC300	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	220	R$ 0,27235			

APÊNDICE 4 – Consumo de inserto na célula GMI-M5

PEÇAS	INSERTO	FORNECEDOR	CUSTO INSERTO	QTD DE ARESTAS	CUSTO ARESTA	QTD MÉDIA DE PEÇAS PROD./ARESTA	CUSTO MÉDIO	CUSTO MÉDIO/ PEÇA	DEMANDA ANUAL	CUSTO ANUAL
039	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	516	R$ 0,12	R$ 0,116	125000	R$ 14.539,73
	TNGN - CBN010	SEC. (novo)	R$ 309,00	6	R$ 51,50	673	R$ 0,08	R$ 0,077	125000	R$ 9.565,38
071	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	484	R$ 0,12	R$ 0,124	125000	R$ 15.501,03
	TNGN - CBN010	SEC. (novo)	R$ 309,00	6	R$ 51,50	649	R$ 0,08	R$ 0,079	125000	R$ 9.919,11
068	VNGA - BNC150	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	462	R$ 0,13	R$ 0,40	125000	R$ 50.282,50
	VNGA - BNC300	SUM.	R$ 240,08	4	R$ 60,02	220	R$ 0,27			
	TNGN - CBN010	SEC. (novo)	R$ 309,00	6	R$ 51,50	652	R$ 0,08	R$ 0,20	125000	R$ 25.451,82
	VNGA - CBN160C	SEC. (novo)	R$ 167,00	2	R$ 83,50	670	R$ 0,12			

ISSN 1679-8902