Redução do Tempo de Ciclo em um Processo de Usinagem



Isabel Rechenchosky Leitão[1];
Marlon Wellington Devens[1];
Nelson Flavio Dias Vanzetti[2];

[1]*Faculdade Educacional Araucária*
[2]*Faculdade de Engenharia Mauá*

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo apresentar estratégias visando a redução do tempo de ciclo em uma célula de usinagem. A metodologia utilizada foi experimental de abordagem dedutiva, na qual, com o auxílio de algumas ferramentas do Lean Manufacturing, foram analisados e cronometrados os tempos de cada máquina, operação e ferramenta de corte do processo produtivo. Após a identificação dos ciclos mais longos – referenciados aqui como gargalos – e do brainstorming com a equipe, medidas foram tomadas para manipular as identificadas variáveis gargalo com a finalidade de reduzir o tempo de ciclo de cada uma delas. Entre as medidas tomadas, está a redução dos tempos passivos de usinagem e o desenvolvimento de uma nova ferramenta de corte para o processo. Depois de implantada as medidas propostas e aprovado os resultados, os parâmetros foram generalizados para todas as máquinas com mesma função e por fim foi realizado o controle estatístico do processo. Como resultado final, o tempo de ciclo nas máquinas gargalo foi reduzido ao ponto de possibilitar a realocação de uma das máquinas sem afetar a capacidade produtiva total da célula de usinagem.

Palavras chave: tempo de ciclo, célula de usinagem, operação, gargalo, ferramentas de corte, Lean Manufacturing.

ABSTRACT

This scientific article aims to show strategies for reducing cycle time in a cell machining. The methodology used was experimental of deductive approach, with help of some tools of Lean Manufacturing, were analyzed and timed the time of each machine, operation and cutting tool of production process. After identifying the longer cycles - referenced here as bottlenecks - and the brainstorming with the team, actions were taken to manipulate the bottleneck variables identified in order to reduce the cycle time of each one. Among the actions taken, are, reduction passive time of machining and development a new cutting tool. After implemented the actions proposed and approved the results, the parameters were generalized to all machines with the same function and finally was conducted statistical process control. As a final result, the cycle time on the machines bottleneck has been reduced to the point of enabling the relocation of one machine without affecting the overall capacity of the machining cell.

Keywords: cycle time, machining cell, operation, bottleneck, cutting tools, Lean Manufacturing.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da concorrência no mercado automobilístico afeta significativamente os fornecedores de autopeças, exigindo uma acentuada redução nos custos internos das empresas a fim de permanecerem competitivas no mercado, fazendo com que busquem formas de otimizar intensivamente os seus processos industriais.

Com base na ideia de maior competitividade e menores custos, foi proposto ao departamento de engenharia de uma empresa do setor de autopeças, estratégias visando a redução do tempo de ciclo ao ponto de viabilizar a realocação de uma das máquinas sem afetar a capacidade produtiva total de uma célula de manufatura de usinagem de peças “carcaça do diferencial”.

Através do conhecimento adquirido durante o curso de Engenharia de Produção, analisou-se o processo produtivo desta empresa por meio de algumas ferramentas do *Lean Manufacturing*, tais como: Seis Sigma focado na Metodologia DMAIC, Teoria das Restrições, *Kaizen*, *Brainstorming* e o Controle Estatístico de Processo (CEP).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONCEITO DE USINAGEM

Segundo a DIN 8580, a usinagem aplica-se a todos os processos de fabricação onde ocorre a remoção de material sob a forma de cavaco.

2.2. FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING*

O conceito *lean* considera reduzir o tempo do processo através da eliminação do desperdício, ou seja, tudo que não agrega valor tanto ao produto quanto ao processo. É um processo dinâmico de mudança dirigido por um conjunto sistêmico de princípios e melhores práticas voltadas para a melhoria contínua (LUSTOSA, 2008).

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a pesquisa experimental de abordagem dedutiva, onde foram levantados dados quantitativos, selecionadas as variáveis capazes de influenciar os dados, implantada melhorias nas variáveis e definida as formas de controle e de observação dos efeitos que as variáveis modificadas produzem no processo.

3.1. EMPRESA

O estudo foi focado na célula de usinagem de peças carcaça do diferencial. A célula possui sete máquinas executando três operações de usinagem: operação 10, operação 20 e operação 30. Onde estão localizadas seis máquinas operatrizes modelo Okuma MA-60HB, com custo aproximado de 900 mil reais realizando as Operações 10/20 e uma máquina operatriz modelo Mazak VTC 2000 realizando a Operação 30.

3.2. PLANEJAMENTO

Para a realização desse projeto o primeiro passo dado foi o planejamento da execução e o levantamento de dados.

Os subitens abaixo descrevem quais foram as etapas seguidas:

1. Definição do tempo de ciclo a ser otimizado;
2. Comparação do tempo de ciclo das máquinas no processo;
3. Cronometragem das operações da máquina e identificação da operação gargalo;
4. Levantamento e cronoanálise de todas as ferramentas de corte existentes na operação gargalo;
5. Identificação da ferramenta gargalo no processo de usinagem;
6. *Brainstorming* com a equipe;
7. Desenvolvimento de uma nova ferramenta de corte por fornecedores;
8. Otimização de tempos;
9. Teste e cronoanálise da nova ferramenta e melhorias;
10. Análise da viabilidade de custos;
11. Implementação da ferramenta no processo;
12. Teste de amostragem e controle da eficiência.

3.2.1. Definição do Tempo de Ciclo a ser Otimizado

Previamente, deve ser esclarecido que a operação 30 é realizada por uma máquina única (Mazak VTC 2000) na célula de usinagem, não sendo possível desloca-la, logo o estudo será focado na operação 10/20.

Com base na capacidade anual da célula de usinagem, foram elaborados cálculos, através de fórmulas já existentes na empresa, para identificar qual seria o tempo de ciclo ideal das máquinas e qual seria o novo tempo de ciclo ideal com a

redução de uma máquina na célula de usinagem, sem afetar a capacidade produtiva total. Tornando-se necessário definir uma meta de otimização para o tempo de ciclo.

Para isso, primeiramente, foi fundamental calcular a capacidade de produção de peças por dia (*Pd*), através da EQUAÇÃO (1). Onde: *Ca* = capacidade anual [peças]; Perda do OEE = 15%; *d* = dias trabalhados ao ano [dias].

$$Pd = Ca * \frac{(100\% + Perda\ de\ OEE)}{d}\ [peças/dia] \quad (1)$$

A célula de usinagem em questão possui uma capacidade de produção anual de 136.000 peças, considerando 251 dias trabalhados ao ano. Substituindo os valores na EQUAÇÃO (1), tem-se:

$$Pd = 136000 * \frac{(1 + 0{,}15)}{251} = 623{,}1076\ peças/dia$$

Para a definição de quantas peças por hora (*Ph*) cada máquina deve produzir, foi utilizada a EQUAÇÃO (2). Onde: *Pd* = capacidade de produção de peças por dia [peças/dia]; *h* = disponibilidade de horas por dia [horas]; *n* = número de máquinas na célula.

$$Ph = \frac{(Pd/h)}{n}\ [peças/h] \quad (2)$$

3.2.1.1. Célula de Usinagem Atual

A célula de usinagem atualmente é composta por seis máquinas executando a Operação 10/20 com disponibilidade de 22,5 horas por dia. Substituindo os valores na EQUAÇÃO (2), tem-se:

$$Ph = \frac{(623{,}1076/22{,}5)}{6} = 4{,}615612\ peças/h$$

O tempo de ciclo ideal, em minutos, para atender esta capacidade é definido pela EQUAÇÃO (3):

$$Tempo\ de\ ciclo\ ideal = \frac{60\ (minutos\ )}{Ph} * 2\ [minutos] \quad (3)$$

onde o número 2 representa o número de peças comportadas por ciclo. Logo:

$$Tempo\ de\ ciclo\ ideal = \frac{60}{4{,}615612} * 2 \cong 26\ minutos$$

3.2.1.2. Célula de Usinagem Futura

Com objetivo de atender a mesma capacidade com uma máquina operação 10/20 a menos na célula, a quantidade de peças que devem ser produzidas por hora foi recalculada através da EQUAÇÃO (2):

$$Ph = \frac{(623{,}1076/22{,}5)}{5} \cong 5{,}538734\ peças/h$$

Com o aumento da produtividade por hora o tempo de ciclo tende a reduzir. O novo tempo de ciclo ideal para a atender a capacidade é de 21,665 minutos, conforme encontrado na resolução da EQUAÇÃO (3):

$$Novo\ tempo\ de\ ciclo\ ideal = \frac{60}{5{,}538734} * 2 \cong 21{,}665\ minutos$$

3.2.1.3. Meta de Otimização

$$Meta = Tempo\ de\ ciclo\ real - Novo\ tempo\ de\ ciclo\ ideal \quad (4)$$

$$Meta = 23{,}217 - 21{,}665 = 1{,}552\ minutos$$

3.2.2. Comparação do Tempo de Ciclo das Máquinas no Processo

Após a definição da meta de otimizado do tempo, foi necessário realizar uma análise da cronometragem de todas as máquinas de mesma operação, conforme apresentado na FIGURA 1, para encontrar a máquina de maior tempo.

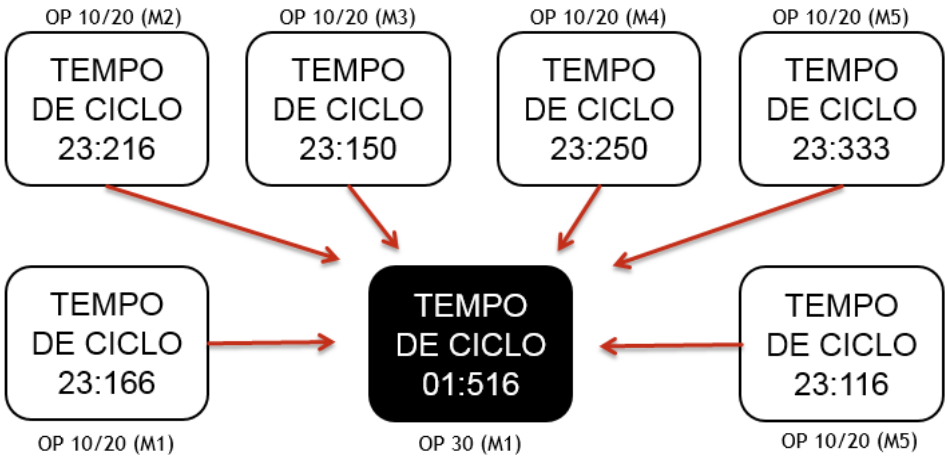

FIGURA 1: CÉLULA DE USINAGEM
FONTE: OS AUTORES, 2015.

3.2.3. Cronometragem das Operações da Máquina e Identificação da Operação Gargalo

Como apresentado na FIGURA 1, o tempo de ciclo das máquinas com Operação 10/20 (máquinas Okuma) é, em média, 23,217 minutos e da máquina com operação 30 (máquina Mazak) é de 1,51 minutos.

A EQUAÇÃO (5) comprova que o tempo de produção de uma unidade das máquinas Operação 10/20 é mais longo que o tempo da máquina Operação 30.

$$Tempo\ de\ produção\ (unid) = \frac{Tempo\ \ de\ ciclo\ \ real}{nº\ de\ máquinas\ *nº\ de\ peças\ por\ \ ciclo} \quad (5)$$

$$Tempo\ de\ produção\ (unid) = \frac{23{,}217}{6 * 2} \cong 1{,}935\ minutos$$

Portanto, foi comprovado que a Operação 30 consegue suprir com folga de tempo as doze peças usinadas pelas seis máquinas Operação 10/20, logo a operação 10/20 é a gargalo no processo.

3.2.4. Levantamento e Cronoanálise de Todas Ferramentas de Corte Existente na Operação Gargalo (10/20)

Após identificada a operação gargalo, foi realizado um levantamento e cronoanálise de todas as ferramentas existentes na operação.

Sendo elas três ferramentas de fresamento, quatro ferramentas de furação, duas ferramentas de rosqueamento, nove ferramentas de mandrilamento e uma ferramenta de chanfro. Apresentadas na tabela abaixo:

TABELA 1 – CRONOANÁLISE ATUAL DAS FERRAMENTAS

TORRE	DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA	CATEGORIA	TEMPO (CENT)
00	TROCA DE PALLET	N/A	0,300’
01	CABEÇOTE DE FRESAR DIAM. 50 (usinagem)	FRESAMENTO	1,350’
07	BARRA DE MANDRILAR DIAM. 69 x DIAM. 81 ISO 50	MANDRILAMENTO	1,483’
02	CABEÇOTE DE FRESAR DIAM. 32 x CAPTO C6	FRESAMENTO	1,267’
03	BROCA MD HELICOIDAL DIAM. 10,25 x DIAM. 14 X L-102	FURAÇÃO	0,633’
04	MACHO M12 X L-110 DIN 370	ROSQUEAMENTO	0,933’
26	BARRA DE MANDRILAR DESBASTE DIAM. 55,8 x DIAM. 66,5 x DIAM. 85 x DIAM. 74,4	MANDRILAMENTO	0,533’
25	BARRA DE MANDRILAR DESBASTE DIAM. 94,5	MANDRILAMENTO	0,900’
08	BARRA DE MANDRILAR DIAM. 61,5 x DIAM. 71,2 x DIAM 72,9 x DIAM. 98	MANDRILAMENTO	0,867’
00	TROCA DE PALLET	N/A	0,300’

01	CABEÇOTE DE FRESAR DIAM. 50 (conferência)	FRESAMENTO	0,300’
09	BARRA DE MANDRILAR DESBASTE DIAM. 77,3 ISO 50	MANDRILAMENTO	1,817’
24	CABEÇOTE DE FRESAR DIAM. 63	FRESAMENTO	1,467’
10	BROCA MD HELICOIDAL DIAM. 6,76 x DIAM. 8,37 x DIAM. 10 X L-100	FURAÇÃO	1,217’
11	MACHO M8 X 1,25 R/I	ROSQUEAMENTO	1,883’
12	BROCA MD HELICOIDAL DIAM. 14,33 x DIAM. 16 X L-100	FURAÇÃO	0,683’
13	BROCA MD HELICOIDAL DIAM. 16,333 x DIAM. 20 X L-100	FURAÇÃO	0,383’
19	BARRA DE MANDRILAR ACABAMENTO DIAM. 81,503	MANDRILAMENTO	1,950’
20	BARRA DE MANDRILAR ACABAMENTO DIAM. 77,8 ISO 50	MANDRILAMENTO	1,883’
21	BARRA DE MANDRILAR REVERSA ACABAMENTO DIAM. 95,206	MANDRILAMENTO	1,167’
22	BARRA DE MANDRILAR ACABAMENTO DIAM. 73,85 x DIAM. 72,18	MANDRILAMENTO	0,783’
23	FRESA ESPECIAL DIAM. 60	CHANFRO	1,117’
			23,217'

FONTE: OS AUTORES, 2015.

3.2.5. Identificação da Ferramenta Gargalo no Processo de Usinagem

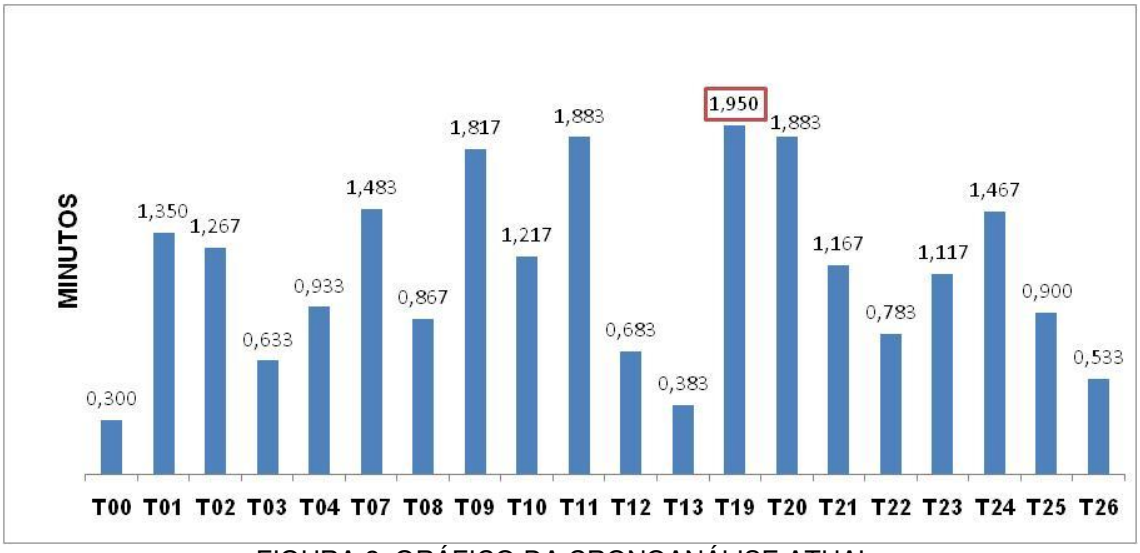

FIGURA 2: GRÁFICO DA CRONOANÁLISE ATUAL.
FONTE: OS AUTORES, 2015.

3.2.6. *Brainstorming* com a Equipe

TABELA 2 – *BRAINSTORMING* COM A EQUIPE

#	IDEIA SUGERIDA	DETALHAMENTO DA IDEIA	CLASSIFICAÇÃO
1	Desenvolver uma nova ferramenta de corte para a ferramenta de maior tempo (T19)	Buscar fornecedores de alta tecnologia para desenvolver uma ferramenta mais rápida	5

2	Reduzir em 50% o percurso de usinagem da Ferramenta T02	Eliminar um passe no percurso de usinagem, através do aumento da profundidade de corte	4
3	Reduzir os tempos passivos da Ferramenta T01	O fresamento é realizado em dois passes, reduzir o percurso de usinagem e diminuir o tempo passivo utilizando o comando de aproximação rápida (G0)	3
4	Manter avanço constante até o final do corte da Ferramenta T07	A ferramenta possui três estágios de avanço durante o ciclo, eliminar o último avanço mantendo o segundo constante até o final do ciclo	3
5	Eliminar a função de conferência da Ferramenta T01	Substituir a função de conferência do mancal da ferramenta T01 para a ferramenta T24	3

ÍNDICE DE RELEVÂNCIA				
1 – Menor Relevância	2 - Relevância Baixa/Média	3 - Relevância Intermediária	4 – Relevância Média/Alta	5 – Maior Relevância

FONTE: OS AUTORES, 2015.

3.2.7. *Brainstorming* #1: Desenvolvimento de uma Nova Ferramenta de Corte por Fornecedores

3.2.7.1. Ferramenta Atual

A atual ferramenta de mandrilamento T19 (FIGURA 3), têm como função fazer o acabamento do diâmetro de 81,503 mm com remoção de 0,6 mm de sobre-metal na peça. Atualmente ela possui: 1 faca; 3 arestas; Geometria de corte lateral; Inserto triangular de metal-duro. Os parâmetros de corte utilizados pela ferramenta são: RPM 1000; Avanço 280 metros/minuto.



FIGURA 3: DETALHE FERRAMENTA T19 (ATUAL).
FONTE: OS AUTORES, 2015.

3.2.7.2. Ferramenta Nova

A ferramenta proposta (FIGURA 4) possui: 6 facas; 4 arestas; Geometria de corte frontal; Inserto tangencial de metal duro. E os parâmetros de corte da ferramenta tornam-se: RPM 800; Avanço 1200 metros/minuto.

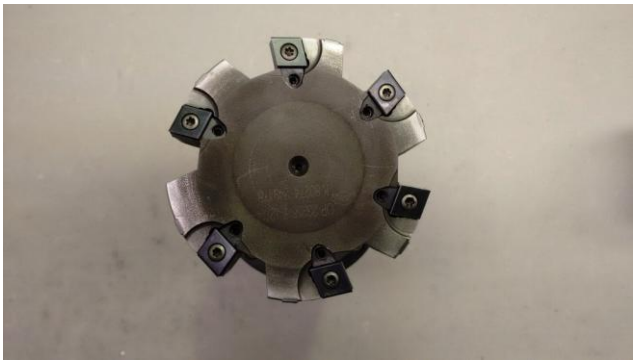

FIGURA 4: FERRAMENTA T19 (PROPOSTA).
FONTE: OS AUTORES, 2015.

TEMPO ATUAL (CENT)	TEMPO NOVO (CENT)	GANHO (CENT)	GANHO (%)
1,950’	0,950’	1,000’	51,30%

3.2.8. Otimização de Tempos

3.2.8.1. *Brainstorming* #2: reduzir em 50% o percurso de usinagem da ferramenta de fresamento T02

Para obter uma redução no tempo de ciclo da ferramenta, foi eliminado 50% do percurso de fresamento da ferramenta T02 (cabeçote de fresar diâmetro 32 x capto C6) através do aumento da profundidade de corte. Passando de 1mm para 2mm de profundidade. Ver FIGURA 5.

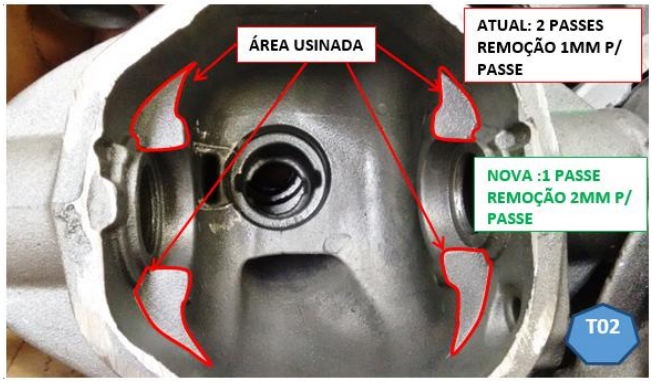

FIGURA 5: PERCURSO DE FRESAMENTO FERRAMENTA T02.
FONTE: OS AUTORES, 2015.

TEMPO ATUAL (CENT)	TEMPO NOVO (CENT)	GANHO (CENT)	GANHO (%)
1,267’	0,767’	0,500’	39,50’

3.2.8.2. *Brainstorming* #3: reduzir os tempos passivos da ferramenta T01

A ferramenta de fresamento T01 (cabeçote de fresar diâmetro 50 mm) possui a função de usinar em dois passes a face da peça, porém existem duas regiões onde não existe o contato da ferramenta com o material, somente o deslocamento. A fim de reduzir o tempo de ciclo, o comando de aproximação rápida (G0) da ferramenta será acionado onde não existe sobre-metal. Ver FIGURA 6.

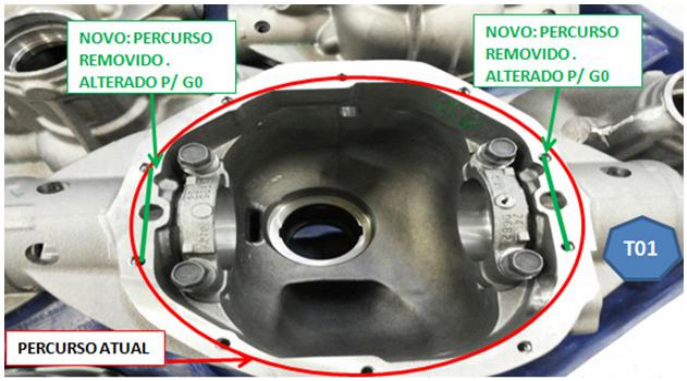

FIGURA 6: PERCURSO DE FRESAMENTO FERRAMENTA T01.
FONTE: OS AUTORES, 2015.

TEMPO ATUAL (CENT)	TEMPO NOVO (CENT)	GANHO (CENT)	GANHO (%)
1,350’	0,717’	0,633’	46,90%

3.2.8.3. *Brainstorming* #4: avanço constante até o final do corte da ferramenta de mandrilamento T07

A ferramenta T07 (barra de mandrilar diâmetro 69x81 ISO 50) possui três estágios de avanço durante o ciclo de mandrilamento: Primeiro estágio: avanço de 560 metros por minuto; Segundo estágio: avanço de 400 metros por minuto; Terceiro estágio: avanço de 200 metros por minuto. Para alcançar uma otimização no tempo da ferramenta, foi inserido um avanço constante a partir do segundo estágio. Ver FIGURA 7.

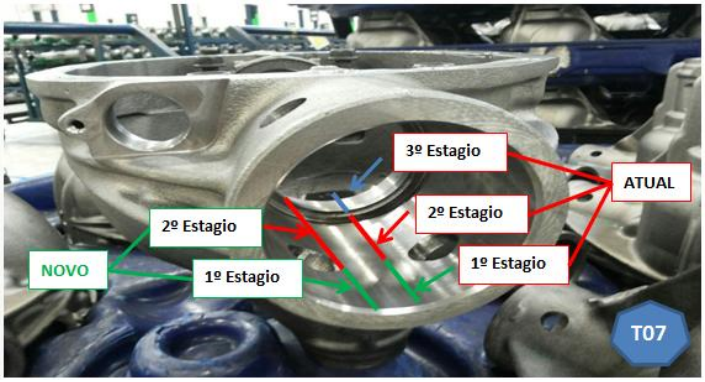

FIGURA 7: PERCURSO DE MANDRILAMENTO FERRAMENTA T07.
FONTE: OS AUTORES, 2015.

TEMPO ATUAL (CENT)	TEMPO NOVO (CENT)	GANHO (CENT)	GANHO (%)
1,483’	1,267’	0,216’	14,60%

3.2.8.4. Brainstorming #5: eliminar a função de conferência da ferramenta de fresamento T01

A Ferramenta T01 (cabeçote de fresar diâmetro 50), além do fresamento inicial, também possui a função de fazer a conferência da existência do mancal no decorrer do processo de usinagem da peça. Porém a ferramenta é carregada somente para esta função, após o giro do pallet. A fim de eliminar este procedimento, foi transferida a função de conferência para a Ferramenta T24 (cabeçote de fresar diâmetro 63). Ver FIGURA 8.



FIGURA 8: PROCESSO DE CONFERÊNCIA FERRAMENTA T01/T24.
FONTE: OS AUTORES, 2015.

TEMPO ATUAL (CENT)	TEMPO NOVO (CENT)	GANHO (CENT)	GANHO (%)
0,300’+1,467’	1,483’	0,283’	16,10%

3.2.9. Teste e Cronoanálise da Nova Ferramenta e Melhorias

TABELA 3 – NOVA CRONOANÁLISE DAS FERRAMENTAS

TORRE	DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA	TEMPO (MIN)	TEMPO (CENT)
00	TROCA DE PALLET	00:18	0,300’
01	**CABEÇOTE DE FRESAR DIAM. 50**	**00:43**	**0,717’**
07	**BARRA DE MANDRILAR DIAM. 69 x DIAM. 81 ISO 50**	**01:16**	**1,267’**
02	**CABEÇOTE DE FRESAR DIAM. 32 x CAPTO C6**	**00:46**	**0,767’**
03	BROCA MD HELICOIDAL DIAM. 10,25 x DIAM. 14 X L-102	00:38	0,633’
04	MACHO M12 X L-110 DIN 370	00:56	0,933’
26	BARRA DE MANDRILAR DESBASTE DIAM. 55,8 x DIAM. 66,5 x DIAM. 85 x DIAM. 74,4	00:32	0,533’
25	BARRA DE MANDRILAR DESBASTE DIAM. 94,5	00:54	0,900’
08	BARRA DE MANDRILAR DIAM. 61,5 x DIAM. 71,2 x DIAM 72,9 x DIAM. 98	00:52	0,867’

00	TROCA DE PALLET	00:18	0,300’
24	**CABEÇOTE DE FRESAR DIAM. 63**	**01:29**	**1,483’**
09	BARRA DE MANDRILAR DESBASTE DIAM. 77,3 ISO 50	01:49	1,817’
10	BROCA MD HELICOIDAL DIAM. 6,76 x DIAM. 8,37 x DIAM. 10 X L-100	01:13	1,217’
11	MACHO M8 X 1,25 R/I	01:53	1,883’
12	BROCA MD HELICOIDAL DIAM. 14,33 x DIAM. 16 X L-100	00:41	0,683’
13	BROCA MD HELICOIDAL DIAM. 16,333 x DIAM. 20 X L-100	00:23	0,383’
19	**BARRA DE MANDRILAR ACABAMENTO DIAM. 81,503**	**00:57**	**0,950’**
20	BARRA DE MANDRILAR ACABAMENTO DIAM. 77,8 ISO 50	01:53	1,883’
21	BARRA DE MANDRILAR REVERSA ACABAMENTO DIAM. 95,206	01:10	1,167’
22	BARRA DE MANDRILAR ACABAMENTO DIAM. 73,85 x DIAM. 72,18	00:47	0,783’
23	FRESA ESPECIAL DIAM. 60	01:07	1,117’
			20,583’

FONTE: OS AUTORES, 2015.

3.2.10. Análise da Viabilidade de Custos

A análise de viabilidade de custos para implementação, foi realizada através do custo por peça produzida (CPP), representando o consumível. A EQUAÇÃO 6 apresenta o cálculo.

$$CPP = \frac{custo\ \ inserto\ *nº\ inserto}{vida\ \ útil*nº\ de\ \ arestas}\ [R\$] \quad (6)$$

3.2.10.1. CPP Ferramenta Atual

A ferramenta atual possui uma vida útil de 300 peças e o valor unitário do inserto é de R$ 17,17, logo seu custo de produção por peça (CPPa), através da EQUAÇÃO (6) é de:

$$CPPa = \frac{17{,}17 * 1}{300 * 3} \cong R\$\ 0{,}02$$

3.2.10.2. CPP Ferramenta Nova

A ferramenta nova possui uma vida útil de 1.500 peças e o valor unitário do inserto é de R$ 62,00, conforme a resolução da EQUAÇÃO 6 o custo de produção por peça é de aproximadamente R$ 0,06:

$$CPPn = \frac{62{,}00 * 4}{1500 * 6} \cong R\$\ 0{,}06$$

A diferença entre o CPP da atual e da nova ferramenta é de aproximadamente R$ -0,04, resultando em um impacto parcial negativo na capacidade máxima de R$ 5.837,42 por ano.

3.2.11. Implantação da Ferramenta no Processo

Para a implantação da nova ferramenta no processo foi necessário realizar as seguintes etapas: Adquirir oito sets de Ferramentas T19; Inserir a nova ferramenta na folha de processo; Criar desenho e instrução de montagem; Abastecer estoques dos novos componentes; Colocar a nova ferramenta em todas as máquinas modelo Okuma; Fazer as correções nos programas de usinagem com os novos parâmetros de corte.

3.2.12. Teste de Amostragem e Controle de Eficiência

Depois de inserido os novos parâmetros de usinagem e instalada a nova ferramenta de corte nas máquinas Okuma, a célula de usinagem entrou em operação e foi realizado um teste de amostragem. Nele foi evidenciado que as peças produzidas, depois das melhorias realizadas nas máquinas, continuam dentro dos limites estabelecidos pelo processo, conforme apresentado na FIGURA 9.

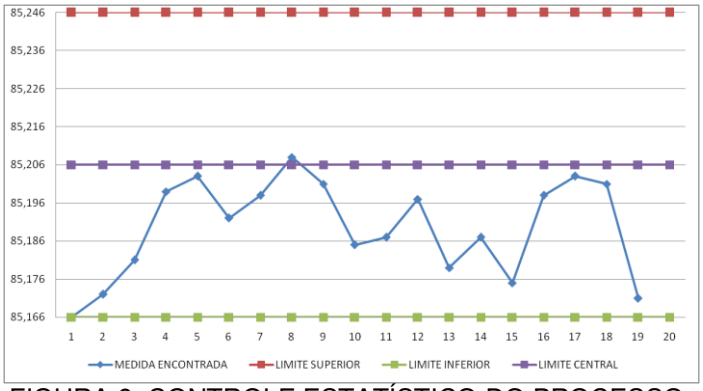

FIGURA 9: CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO.
FONTE: OS AUTORES, 2015.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a aplicação da metodologia DMAIC e a Teoria das Restrições na fase de planejamento, baseado no conceito de melhoria contínua (*Kaizen*), foi possível alcançar o objetivo principal do trabalho, cujo é a redução do tempo de ciclo de usinagem ao ponto de possibilitar a realocação de uma das máquinas para um novo projeto sem afetar a capacidade produtiva máxima da célula. Conforme comprovado pela TABELA 4 e 5.

TABELA 4 – MELHORIAS E GANHO

MELHORIA	TEMPO ATUAL	TEMPO NOVO	GANHO (%)
Nova ferramenta de corte T19	1,950	0,950	51,3%
Redução do percurso da Ferramenta T02	1,267	0,767	39,5%
Redução de tempos passivos da Ferramenta T01	1,350	0,717	46,9%
Avanço constante Ferramenta T07	1,483	1,267	14,6%
Transferência da função de conferencia da T01 para a T24	0,300+1,467	1,483	16,1%

FONTE: OS AUTORES, 2015.

TABELA 5 – NOVO TEMPO DE CICLO

MÁQUINA	TEMPO ATUAL	TEMPO NOVO	GANHO (%)
Okuma MA-60HB – Operação 10/20	23,217	20,583	11,3%

FONTE: OS AUTORES, 2015.

Porém, a nova Ferramenta T19 fez com que o custo de produção por peça aumentasse em R$ 0,04, resultando em um impacto parcial negativo de R$ 5.837,42 ao ano e gerando um investimento de R$ 64.000,00 para a aquisição de oito sets de ferramentas para a célula. Todavia, fatores de extrema importância tornaram o desenvolvimento da ferramenta viável, apesar do aumento no CPP.

O desligamento de uma das máquinas Okuma da célula possibilitou a realocação da mesma para um novo projeto, evitando investimento ao comprar uma nova máquina estimada em R$ 900.000,00 para a empresa, o que por si só já supre o valor de investimento da nova Ferramenta T19 com margem alta de lucro.

Outros fatores também contribuíram para a viabilização da proposta, tendo em vista a redução de um equipamento na célula, os quais são apresentados na TABELA 6.

TABELA 6 – GANHO ANUAL

	6 MÁQUINAS	5 MÁQUINAS	GANHO ANUAL	GANHO ANUAL (%)
Energia	R$ 215.871	R$ 179.893	R$ 35.978	16,6 %
Óleo lubrificante	R$ 45.000	R$ 37.500	R$ 7.500	16,6 %

FONTE: OS AUTORES, 2015.

Portanto, o aumento no custo de produção por peça anual é compensado com a redução dos custos anuais com energia e óleos lubrificantes ao eliminar um equipamento

do processo, e ainda proporcionará uma economia anual de R$ 37.640,58. Conforme apresentado na EQUAÇÃO (8).

$$Economia\ anual = (ganho\ energio + ganho\ óleo) - difereça\ CPP \quad (8)$$

$$Economia\ anual = (35978 + 7500) - 5837{,}42 = R\$\ 37.640{,}58/ano$$

Logo a proposta é viável tanto pela redução do tempo de ciclo, quanto pela economia anual alcançada. Além de não ser necessário o investimento em uma nova máquina. O retorno de investimento, considerando apenas a economia com óleos lubrificantes e energia ao reduzir uma máquina na célula de usinagem, ocorrerá em 21 meses.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A otimização de processos trouxe impactos positivos à empresa, aumentando o tempo de disponibilidade dos equipamentos através da redução do tempo de ciclo dos mesmos. Logo este projeto viabilizou a utilização de uma das máquinas para um novo projeto, sem afetar a capacidade máxima da célula. Resultando assim, maior produção com menos recursos.

Apesar do impacto negativo no custo de produção por peça, o mesmo foi eliminado com a redução nos custos de energia e óleos lubrificantes ao eliminar uma máquina Okuma MA-60HB Operação 10/20 da célula.

6. REFERÊNCIAS

DIN 8580 ***Fertingunsverfahren.*** *Berlin: Beuth Vervag*, 1985.

ESCOBAR, Jefferson. **DMAIC**. Disponível em: <http://br.kaizen.com/artigos-e-livros/artigos/dmaic.html>. Acesso em: 04/04/2015.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos materiais**. 1ed. 15. reimpr. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

LAKATOS, E. M.; MARCONI M. de A. **Metodologia científica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

LUSTOSA, Leonardo, et al. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade:** teoria e prática. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da qualidade:** as ferramentas essenciais. Curitiba: Ibpex, 2008.