

# Melhoria de Processo no Tratamento de Zincagem a Quente



ISSN: 2316-2317

## Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR

Anderson Salmo Santos<sup>1</sup>; Anderson Pereira Macário<sup>2</sup>; Armando Heilmann<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade Educacional Araucária – Engenheiro de Produção

<sup>2</sup>Faculdade Educacional Araucária – Engenheiro de Produção

<sup>3</sup>Faculdade Educacional Araucária – Doutor em Ciências Geodésicas

### RESUMO

*Este artigo propõe uma melhoria na capacidade produtiva de uma linha de zincagem por imersão a quente, sendo que a hipótese é a utilização do Sistema Toyota de Produção, mais especificamente o Kaizen, e o gerenciamento das atividades é realizado através do PDCA. O desenvolvimento da melhoria utilizou-se das ferramentas brainstorming e ishikawa para buscar as ideias possíveis de solução do problema, onde estas foram simuladas através de construção dos modelos do processo atual e do processo sugerido, utilizando o fluxograma, mapofluxograma e fluxograma analítico que permitiu a identificação da operação gargalo que restringe a capacidade produtiva. O plano de ação para a eliminação do gargalo foi elaborado através da ferramenta 5W2H, e o resultado deste foi avaliado através do fluxograma analítico. Os resultados obtidos demonstram que a hipótese testada foi positiva para a solução do problema, e a capacidade produtiva teve um significativo aumento com a melhoria proposta, oferecendo um novo fluxo de processo, através do mapofluxograma, para a linha de tratamento superficial de zincagem por imersão a quente.*

*Palavra-chave: Sistema Toyota de Produção. Kaizen. PDCA.*

### ABSTRACT

*This paper proposes an improvement in the productive capacity of a line of hot-dip galvanizing, and the hypothesis is to use the Toyota Production System, more specifically, Kaizen, and management activities are conducted through the PDCA. The development of improved use of the tools and brainstorming ideas ishikawa to seek possible solution of the problem, where they were simulated by constructing models of the current process and the proposed process using the flowchart, flowchart and analytical mapofluxograma allowed identify the bottleneck that restricts the operation capacity. The plan of action for the elimination of the bottleneck was prepared by 5W2H tool, and this result was assessed by analytical flow chart. The results show that the hypothesis was tested positive for the solution of the problem, and productive capacity had a significant increase with the improvement proposal, offering a new process flow through the mapofluxograma to line the surface treatment of zinc-dipped hot.*

*Key-words: Toyota Production System. Kaizen. PDCA.*

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade de excelência em processos produtivos faz com que a engenharia de produção direcione esforços de estudos para o processo de melhoria, em meios de produção. Este artigo apresenta uma melhoria no fluxo de processo em uma linha de zincagem por imersão a quente, e a base de estudos para o desenvolvimento do artigo tem como fundamentos o Sistema Toyota de Produção e o *PDCA*. Uma das atividades de pesquisa foi à visita técnica na empresa onde se desenvolveu o processo de melhoria, e o levantamento de dados demonstrou, falta de ordenação do processo atual.

Conforme relato do *stakeholders*, o projeto da fábrica foi realizado para suprir a demanda do mercado, por serviços de zincagem, na região onde se encontra instalada a fábrica, que teve o início de suas instalações em junho de 2010 e as operações do processo produtivo em setembro de 2010, devido a este curto espaço de tempo, resultou no processo atual, sendo de conhecimento da empresa a necessidade da melhoria, para a organização do processo produtivo, tendo como desafio o aumento da capacidade produtiva, para atender novos negócios.

Com o novo desafio da empresa, este artigo desenvolveu os estudos necessários para mapear o processo, identificar os gargalos de produção e propor o plano de ação, com a melhoria que resultará no aumento da capacidade produtiva, sem interferir na qualidade do processo de imersão a quente.

O mapeamento do processo é realizado através do fluxograma e mapofluxograma, sendo que a identificação do gargalo realizada através do fluxograma analítico, uma vez identificado este, o *PDCA* será a metodologia utilizada para gerenciar o *kaizen* e as ferramentas de *brainstorming*, *ishikawa* serão desenvolvidas ao decorrer do artigo, apresentando assim uma proposta de melhoria através do *5W2H*.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As características da produção em série são a padronização dos produtos, matéria prima e mão de obra ao menor custo possível, estas características visam à simplificação da produção e apresenta aspectos significativos como, produção planejada, trabalho entregue ao trabalhador e a realização de análise das operações. O idealizador da linha de produção em série foi *Henry Ford*, que aplicou a base científica de *Frederick*

## Melhoria de Processo no Tratamento de Zincagem a Quente

*Taylor*, priorizando os aspectos da divisão das funções na fábrica, planejamento e execução (PINTO, 2010).

O Sistema Toyota de Produção esta representado nos temas, *JIT*, *takt time*, fluxo contínuo de peças, produção puxada, *5S*, controles visuais, *Kanban*, troca rápida de ferramentas, *TPM*, *3P*, sistemas de sugestão, *Jidoka*, conceitos de qualidade, *pokayoke*, *5 porque*, harmonia entre homem e máquina, trabalhos padronizados, *Heijunka*, *Kaikaku* e o *Kaizen*. O artigo desenvolvido na empresa estudada é a melhoria de processo, onde se espera um aumento da capacidade produtiva, e a ferramenta utilizada é o *kaizen*.

Para CAMPOS (2004, p.113) “gerenciar é resolver problemas”, e o *PDCA* é um método de gerenciamento e solução de problema com o foco na melhoria contínua, que hoje é um dos métodos mais utilizados no gerenciamento de rotinas de *kaizen* na indústria, o livro de CAMPOS 2004, traz estudos de casos reais na indústria.

### 2.2 HISTÓRIA DA ZINCAGEM

No ano de 1741 teve início à zincagem a quente pelo químico francês *P. J. Melouin*, que descobriu a capacidade do zinco em proteger o ferro contra a corrosão, sua teoria foi apresentada na academia real francesa. Somente em 1837 quando o engenheiro *Stanislaus Tranquille Modeste Sorel* obteve a patente deste processo é que começou a serem difundidas a zincagem, as etapas essenciais utilizadas eram a decapagem, desengraxe, fluxagem e a zincagem correspondente à dissolução de impurezas, remoções de óxidos, umidade remanescente e o revestimento de zinco que foi chamada por *Sorel* de “galvanização”, fazendo referencia a proteção do ferro pela célula galvânica (ROBERGE, 2000).

### 2.3 METODOLOGIA

O artigo foi desenvolvido numa empresa do ramo metalúrgico, tendo como objetivo a melhoria do processo produtivo, focando no indicador de produtividade, este desenvolvimento tem uma base científica com fundamentação teórica. Durante a pesquisa se faz necessário uma abordagem de mapeamento de processo focado a melhoria contínua, e as ferramentas do Sistema Toyota de Produção direcionam para a solução do problema frente aos objetivos pretendidos.

O ciclo *PDCA* foi idealizado por *Walter Andrew Shewhart*, porem foi aplicado e difundido no Japão por *William Edwards Deming*, que inicialmente era usado em métodos estatísticos e de amostragem, mas rapidamente foi incorporado na gestão da qualidade,

## Melhoria de Processo no Tratamento de Zincagem a Quente

resultando em uma contribuição muito grande para o modelo de solução de problemas, este método de gerenciamento também é aplicado ao *kaizen* do Sistema Toyota de Produção (SCHERKENBACH,1993).

Com a identificação do problema, definição das metas e o levantamento de dados do processo, realiza-se uma análise e busca das causas do problema, podendo ser realizado através do método de *Branstorming* e *Ishikawa*. O conjunto de ações definidas no plano de ação pode ser organizado através do *5W2H* e o plano de ação executado conforme planejado, potencializa o alcance das metas estabelecidas (CAMPOS, 2004).

### 2.4 MAPEAMENTO DE PROCESSO

Mapeamento de processo é a forma de se registrar e visualizar graficamente as operações, possibilitando o registro documental para uma análise do processo, identificando os pontos importantes que impactam no resultado esperado, que podem ser, o gerenciamento e desenvolvimento de um processo novo ou estudo de proposta de melhoria em um processo já existente (HUNT, 1996).

Mapofluxograma é a representação da sequencia de movimentos de materiais, operadores e equipamentos dentro do espaço de um arranjo físico, apresentando uma visão completa compacta e consistente para um processo produtivo, de forma a garantir o correto processamento e segurança na execução das operações (BARNES, 1982).

O fluxograma analítico pode ser utilizado para se identificar um gargalo, analisando um sistema já existente ou um sistema novo, a fim de prevenir e reduzir falhas que comprometam o balanceamento de uma linha produtiva. Esta representação é que permitirá a identificação das oportunidades de melhoria a serem trabalhadas, com as ferramentas que ordenam as ideias para se chegar a um plano de ação.

### 2.5 JIDOKA OU KAIZEN

Entre as metodologias do STP foram comparadas duas possibilidades que podem ser usadas para se trabalhar à melhoria do processo e aumento da capacidade produtiva, sendo elas o *Jidoka* e *Kaizen*. O *Jidoka* é o princípio de automação do processo com autonomia para a detecção de anomalias, esta técnica demanda uma inovação muito grande, como um *Kaikaku* e normalmente é aplicada com grandes valores de investimento financeiro e tecnológico (GHINATO, 2000). O mundo corporativo assim como a empresa pesquisada busca resultado rápido e com baixo custo de

investimento e a filosofia do *kaizen* foi à metodologia do *STP* mais adequada para este artigo de melhoria. Neste conceito utiliza-se o *Kaizen*, gerenciado pelo *PDCA*, onde se deve alcançar a meta estabelecida no artigo, que é o aumento da capacidade produtiva.

### 2.6 MAPEAMENTO DO PROCESSO ATUAL

O processo atual de zincagem por imersão a quente esta representado no fluxograma que será o objeto de estudo para a realização da melhoria de processo. O fluxograma permite registrar e padronizar a sequência de operações, que devem ser respeitadas durante o processo de melhoria, para que não se interfira na garantia da qualidade do processo produtivo.

O Mapofluxograma na FIGURA 1 (A) representa o processo atual de zincagem por imersão a quente, na empresa onde foi recolhido os dados da pesquisa de campo. Esta ferramenta permite uma análise com a movimentação física das operações dentro da fábrica, identificando as sequências de operações representadas no fluxograma de processo.

### 2.7 ANÁLISE COM AS FERRAMENTAS APLICADAS NO KAIZEN

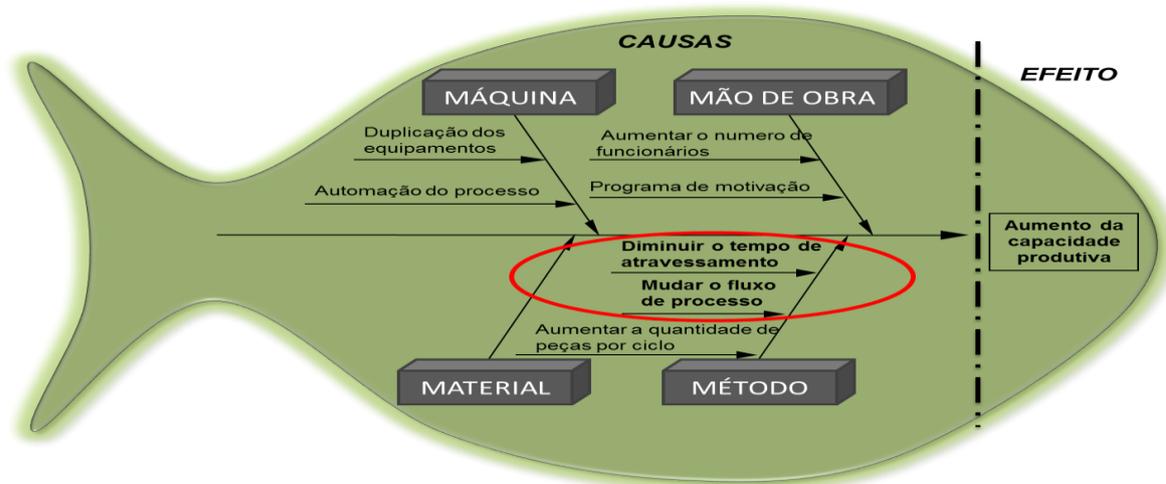
A ferramenta de *brainstorming* foi aplicada na linha de produção envolvendo toda a equipe do processo produtivo, para que isso ocorresse à empresa pesquisada realizou reunião com a equipe operacional, para levantamentos de ideias conforme o QUADRO 1, porem eliminando as repetições de ideias para filtrar de forma mais clara e objetiva.

LISTA DE SUGESTÕES FILTRADA	
1º	AUMENTAR O NUMERO DE FUNCIONÁRIOS
2º	DUPLICAR O PROCESSO DE ZINCAGEM
3º	AUTOMAÇÃO DO PROCESSO
4º	MUDAR O FLUXO DO PROCESSO
5º	AUMENTAR A QUANTIDADE DE PEÇAS PROCESSADAS POR CICLO
6º	DIMINUIR O TEMPO DE ATRAVESAMENTO
7º	PROGRAMA DE MOTIVAÇÃO RECURSOS HUMANO

QUADRO 1 - APLICAÇÃO DO *BRAINSTORMING*  
FONTE OS AUTORES

As ideias do *brainstorming* foram separadas de acordo com as causas fundamentais, representadas no QUADRO 2 do diagrama de *ishikawa*, esta separação permite uma visualização clara de forma a facilitar a análise das sugestões que podem chegar à solução do problema.

## Melhoria de Processo no Tratamento de Zincagem a Quente



QUADRO 2 - APLICAÇÃO DO *ISHIKAWA*.  
FONTE: ADAPTADO DE DAYCHOUM (2010).

Na causa fundamental máquina foi apresentada duas possibilidades, duplicação do processo de zincagem e automação do processo. O espaço físico disponível pela fábrica não comporta a duplicação do processo de zincagem. Na automação de processo dependeria um investimento em novas tecnologias, exigindo um aporte financeiro não disponível pela empresa e neste caso caracterizaria uma inovação através de *kaikaku* e não de um *kaizen*.

Já na causa fundamental mão de obra, analisamos as sugestões, aumento do número de funcionários e programa de motivação da equipe. O programa de motivação de recursos humanos deve ser uma atividade constante na empresa, este recurso não interfere diretamente no processo, mas na forma em que os operadores desempenham sua função. A inclusão de mais operadores no processo produtivo aumenta o custo fixo de mão de obra e não resultam em uma melhoria de processo.

Para a causa fundamental método, apresenta-se três ideias a ser exploradas, aumentar a quantidade de peças por ciclo, mudar o fluxo de processo e diminuir o tempo de atravessamento. O aumento da quantidade de peças por ciclo tem impactos na qualidade final do produto. Para a mudança de fluxo de processo, a alteração da sequência de operações de produção, pode auxiliar na redução do tempo de atravessamento.

Portanto deve ser criado um plano de ação que possa, mensurar a capacidade produtiva atual, localizar a operação gargalo, balancear esta operação com as demais ou reduzir ao máximo esta diferença de sincronismo dentro do processo.

## 2.8 PLANO DE AÇÃO ATRAVÉS DA FERRAMENTA

O plano de ação tem por objetivo, mensurar a capacidade produtiva, identificar o gargalo do processo atual, propor ações que atuem no gargalo e realizar a comparação dos resultados entre o processo atual e o processo sugerido. O plano de ação está detalhado no *5W2H* dos QUADROS 3.

	WHAT? O QUE FAZER?	WHO? QUEM?	WHO? POR QUE?	WHO? ONDE?	WHEN? QUANDO?	HOW? COMO?	HOW MUCH? QUANTO?
1	MENSURAR A CAPACIDADE PRODUTIVA ATUAL	GRUPO ARTIGO	COMPARAR OS RESULTADOS	PROCESSO DE ZINCAGEM	UMA SEMANA	FLUXOGRAMA ANALÍTICO	SEM CUSTO
2	IDENTIFICAR O GARGALO	GRUPO ARTIGO	REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO	PROCESSO DE ZINCAGEM	UMA SEMANA	FLUXOGRAMA ANALÍTICO	SEM CUSTO

QUADRO 3 - APLICAÇÃO DO *5W2H* PARA O PLANO DE AÇÃO (A)  
 FONTE: ADAPTADO DE DAYCHOUM (2010)

Com a identificação do gargalo na operação fluxagem, o plano de ação baseado no *5W2H* descrito no QUADRO 4, busca o balanceamento desta operação, a primeira atividade do plano de ação é duplicar o tanque de fluxagem, esta modificação implica na segunda e terceira atividade, que é a criação de um novo fluxograma e mapofluxograma.

	WHAT? O QUE FAZER?	WHO? QUEM?	WHO? POR QUE?	WHO? ONDE?	WHEN? QUANDO?	HOW? COMO?	HOW MUCH? QUANTO?
1	DUPLICAR O PROCESSO DE FLUXAGEM	A EMPRESA	AUMENTAR CAPACIDADE PRODUTIVA	PROCESSO ZINCAGEM	UM DIA	RECICLAR O TAMQUE ESTOQUE DE FLUXAGEM	SEM CUSTO
2	NOVO FLUXOGRAMA	GRUPO ARTIGO	DIMINUIR O TRANSPORTE	PROCESSO ZINCAGEM	7 DIAS	FLUXOGRAMA	SEM CUSTO
3	NOVO MAPOFLUXOGRAMA	GRUPO ARTIGO	DIMINUIR O TRANSPORTE	PROCESSO ZINCAGEM	7 DIAS	MAPOFLUXOGRAMA	SEM CUSTO
4	COMPARAR OS RESULTADOS	GRUPO ARTIGO	AVALIAR A MELHORIA	PROCESSO ZINCAGEM	7 DIAS	FLUXOGRAMA ANALÍTICO	SEM CUSTO

QUADRO 4 - APLICAÇÃO DO *5W2H* PARA O PLANO DE AÇÃO (B)  
 FONTE: ADAPTADO DE DAYCHOUM (2010)

O processo de zincagem atual está representado no mapofluxograma da FIGURA 1 (A) com o plano de ação sugerido, o processo modificado esta representado no mapofluxograma da FIGURA 1 (B), nesta nova estrutura, foi eliminado o estoque antes da operação fluxagem e o transporte entre elas, sendo que o tanque antes utilizado para estoque de peças, foi reaproveitado para a duplicação da operação de fluxagem.

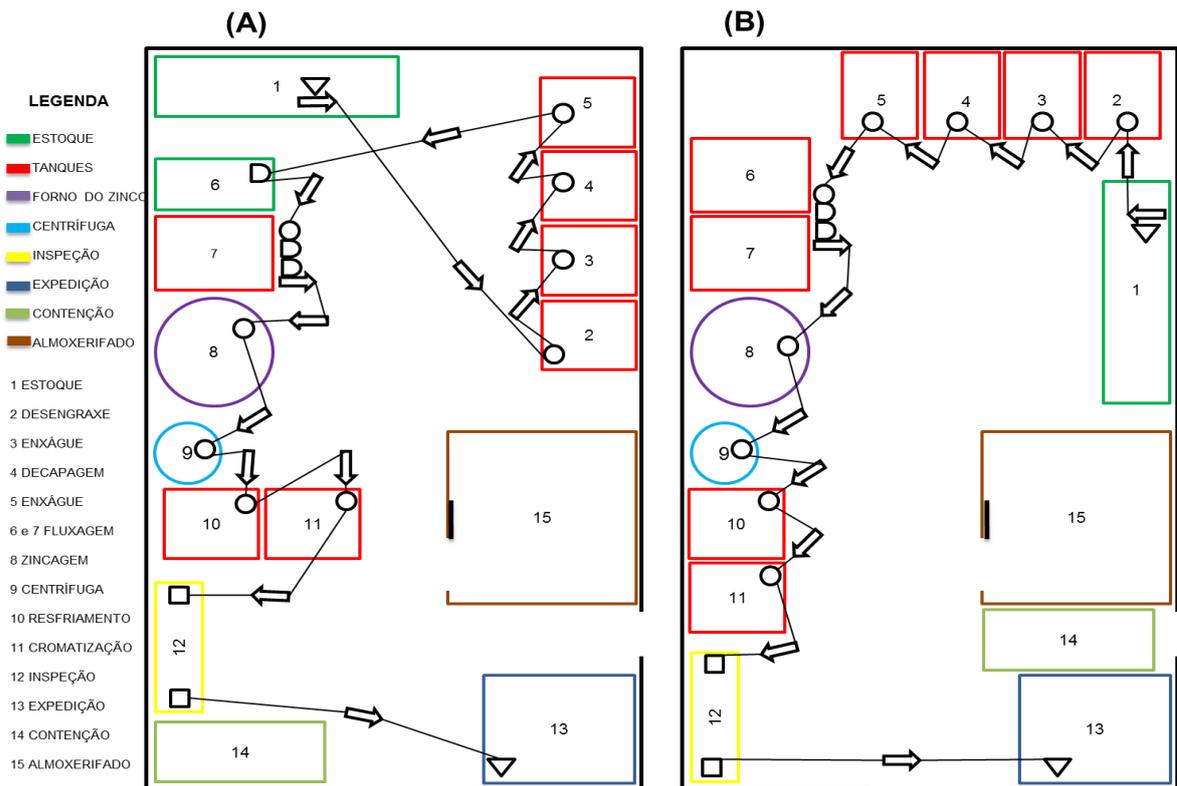


FIGURA 1 - MAPOFLUXOGRAMA, (A) ATUAL E (B) SUGERIDO  
 FONTE: ADAPTADO DE BARNES (1982)

## 2.9 AVALIAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

No resultado do plano de ação avalia-se a capacidade produtiva e algumas melhorias que ocorreram como consequência das atividades de *kaizen*, para este processo sugerido, o plano de ação está representado através do fluxograma, mapofluxograma e avaliado pelo fluxograma analítico.

O processo de transporte do estoque até o desengraxe cruzava com o transporte do enxágue até o estoque de fluxagem, no mapofluxograma do processo sugerido esta movimentação entre operações foi alterada, eliminando assim o fluxo cruzado de transporte. No fluxograma analítico do QUADRO 5 (A) e (B) temos o resultado do tempo de atravessamento. Resultado este conseguido devido a sugestão da eliminação do gargalo no processo de fluxagem, que apresenta um estoque intermediário desnecessário, este problema foi resolvido no plano de ação com a duplicação da operação de fluxagem, melhorando o balanceamento da operação fluxagem com a operação de decapagem.

# Melhoria de Processo no Tratamento de Zincagem a Quente

## (A) FLUXOGRAMA ANALÍTICO DO PROCESSO ATUAL DA EMPRESA

FLUXOGRAMA ANALÍTICO																					
n°	SEQUENCIAS DE OPERAÇÃO										seg.	min	seg.	min	seg.	min	seg.	min	D (m)	M.O	
	1	●	→																		
1	●												42	0,70							
2	●												36	0,60					5,60		
3	●											480	8								
4	●												11	0,18					1,70		
5	●											36	0,60								
6	●												11	0,18					1,70		
7	●											480	8								
8	●												11	0,18					1,70		
9	●											36	0,60								
10	●												36	0,60					5,60		
11	●														240	4					
12	●												10	0,17					1,60		
13	●											600	10								
14	●												51	0,85							
15	●														48	0,80					
16	●														72	1,20					
17	●												15	0,25					2,30		
18	●											300	5								
19	●												15	0,25					2,30		
20	●											24	0,40								
21	●												5	0,08					0,80		
22	●											18	0,30								
23	●												14	0,23					2,10		
24	●											24	0,40								
25	●												18	0,30					2,80		
26	●																18	0,30			
27	●												42	0,70					6,40		
T	9	14	3	1	2							1.998	33,30	317	5,28	360	6,00	18	0,30	34,60	14
TOTAL		100 PEÇAS POR CESTO										1.998	33,30	317	5,28	360	6,00	18	0,30	34,60	14
		Tempo de Atravesamento										Onda:	D(m)	Distancia em Metros	●	Operação					
		44,90min.											M.O	Mão de Obra	→	Transporte					
		Tempo de Ciclo de Linha											T	Total	⏸	Espera					
		15,70 min.											seg.	Segundo	⏴	Inspeção					
		Capacidade Produtiva											min.	Minutos	⏵	Estocagem					
		382 pç/hora											pç.	Peça							
		8.022 pç/dia																			

## (B) FLUXOGRAMA ANALÍTICO DO KAIZEM APLICADO NA EMPRESA

FLUXOGRAMA ANALÍTICO																					
n°	SEQUENCIAS DE OPERAÇÃO										seg.	min	seg.	min	seg.	min	seg.	min	D (m)	M.O	
	1	●	→																		
1	●												42	0,70							
2	●												23	0,38					3,50		
3	●											480	8								
4	●												11	0,18					1,70		
5	●											36	0,60								
6	●												11	0,18					1,70		
7	●											480	8								
8	●												11	0,18					1,70		
9	●											36	0,60								
10	●												3	0,15					1,40		
11	●											300	5								
12	●												51	0,85							
13	●														48	0,80					
14	●														72	1,20					
15	●												19	0,32					3,00		
16	●											300	5								
17	●												15	0,25					2,30		
18	●											24	0,40								
19	●												10	0,17					1,60		
20	●											18	0,30								
21	●												11	0,18					1,70		
22	●											24	0,40								
23	●												10	0,17					1,50		
24	●																18	0,30			
25	●												42	0,70					6,40		
T	9	13	2	1	2							1.698	28,30	265	4,42	120	2,00	18	0,30	26,50	14
TOTAL		100 PEÇAS POR CESTO										1.698	28,30	265	4,42	120	2,00	18	0,30	26,50	14
		Tempo de Atravesamento										Onda:	D(m)	Distancia em Metros	●	Operação					
		35,00 min.											M.O	Mão de Obra	→	Transporte					
		Tempo de Ciclo de Linha											T	Total	⏸	Espera					
		13,70 min.											seg.	Segundo	⏴	Inspeção					
		Capacidade Produtiva											min.	Minutos	⏵	Estocagem					
		438 pç/hora											pç.	Peça							
		9.198 pç/dia																			

QUADRO 5 - FLUXOGRAMA ANALÍTICO, (A) ATUAL E (B) SUGERIDO  
 FONTE: OS AUTORES

### 3. CONCLUSÃO

O uso do Sistema Toyota de Produção através do *kaizen*, gerenciado pelo PDCA e aplicado à linha de imersão a quente da empresa pesquisada, resultou no aumento da capacidade produtiva. O *Kaizen* se mostrou neste processo de melhoria, a

melhor alternativa para suprir a necessidade da empresa pesquisada, pois permitiu ações de melhoria sem altos custos de implementação.

O mapeamento do processo atual, realizado através do fluxograma de processo e mapofluxograma, permitiu uma visualização clara e objetiva do processo estudado. No plano de ação desenvolvido pelo *Kaizen*, utilizando as ferramentas *brainstorming*, *ishikawa* e *5W2H*, contribuíram para a realização das propostas de melhoria, apresentando soluções para o problema. O fluxograma analítico aplicado na análise do processo atual e sugerido, permitiu a identificação do gargalo, tempo de ciclo de linha e deslocamento com transporte, efetuando uma comparação dos resultados para a avaliação e aplicação do *Kaizen*. Com os resultados obtidos através do fluxograma analítico foi verificado um aumento na capacidade produtiva de 14,6%, obtida através da duplicação da operação fluxagem.

Este artigo desenvolveu o ciclo do *PDCA* e *Kaizen*, possibilitando a aplicação da engenharia para a solução de problemas, sendo estes possíveis de serem aplicados em outros processos de manufatura ou administrativos, que é um desafio constante para o profissional da engenharia de produção e é uma das formas de se alcançar um diferencial competitivo no mercado, que além de buscar resultados, contribui no desenvolvimento e aprimoramento dos recursos humano e tecnológico, que se aplica a qualquer nível ou condição financeira de uma empresa.

#### 4. REFERÊNCIAS

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e Tempos**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982.

CAMPOS, V. F. **TQC**. 8. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

DAYCHOUM, M. **40+4 Ferramentas E Técnicas De Gerenciamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

HUNT, V. D. **Process Mapping**. 1.ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

PENHA, F. **Processos de Aplicação do Zinco**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 2002.

PINTO, G. A. **A organização do Trabalho no Século 20: taylorismo, fordismo e toyotismo**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2010.

ROBERGE, P. R. **Handbook of Corrosion Engineering**. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

SCHERKENBACH, W. W. **Caminho de Deming para Melhoria Continua**. 1. ed. São Paulo:Quality Mark, 1993.