



Aumento da produtividade na fabricação de aquecedores solares através do estudo de tempos e métodos

Increased productivity in the manufacture of solar water heaters by studying times and methods

Fábio Yokoi Arantes¹

André Alves de Resende²

Sílvia Parreira Tannús³

Resumo: A busca por melhores resultados e maior produtividade, muitas vezes, pressupõe soluções que identificam e minimizam os desperdícios, o tempo de produção e, conseqüentemente, os custos. Este artigo tem por objetivo mostrar a importância da inclusão/utilização dos estudos de tempos e métodos em setores produtivos. No estudo de caso realizado em uma empresa metalúrgica do ramo de aquecimento solar é apresentado o trabalho de melhoria e ganho de produtividade realizado em um dos postos de trabalho da fábrica. Utilizando os conceitos da cronoanálise foi possível, primeiramente, evidenciar os pontos a serem melhorados e, após a implementação das ações, foi possível verificar um aumento de aproximadamente 100%, na produtividade do processo estudado.

Palavras-chave: cronoanálise, tempo padrão, produtividade, *takt time*.

¹ UFG – Universidade Federal de Goiás

² UFG – Universidade Federal de Goiás

³ UFG – Universidade Federal de Goiás

Abstract: The search for better results and higher productivity require solutions that identify and minimize waste, the production time and optimize the costs. This article aims to show the potential of time and motion study in productive sectors. A study was conducted to increase productivity in a metallurgical branch company that produces solar heating equipment. In one of the factory jobs was performed time and motion study to identify points to be improved. After improvements, we observed an increase of approximately 100% in productivity.

Keywords: Time and motion study, standard time, productivity, takt time.

1. Introdução

Um dos desafios do século XXI enfrentados pelas empresas é conseguir produzir de forma eficiente para atender com maior rapidez as demandas do mercado. Diante deste cenário as organizações estão em constante busca por métodos e processos de produção mais eficazes e enxutos que proporcionem aumento de produtividade, redução de mão de obra e melhor qualidade de seus produtos e serviços (CARVALHO et al., 2015).

A procura incessante pelo aumento da produtividade passa a ser o foco de tudo. Formas de se medir a produtividade, de administrá-la e, conseqüentemente, aumentar os resultados das empresas torna-se preocupação constante de todos os seus gerentes e diretores (MARTINS, 2009). Neste contexto, a cronoanálise tem se mostrado uma alternativa viável.

A cronoanálise tem sua origem no “Estudo de Tempos e Métodos”, ela define parâmetros tabulados de várias formas, coerentemente, culminam na racionalização industrial. O tempo padrão determina um tempo de produção, onde o analista o utilizará na determinação de parâmetros relativos à produtividade e conseqüentemente da qualidade (ANIS, 2010).

Toledo (2004) afirma que a cronoanálise, quando aplicada e utilizada nos processos produtivos, aperfeiçoa o trabalho, gera parâmetros para que o sistema se torne eficiente e racionalizado. Segundo o mesmo autor a atividade principal da cronoanálise é a cronometragem dos tempos de produção. De acordo com Martins e Laugeni (2009), essa metodologia continua sendo muito utilizada para que sejam estabelecidos padrões para a produção e para os custos industriais e segundo Barnes (1968), a cronoanálise é uma ferramenta aplicada para cronometrar e estudar o tempo que uma pessoa, qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, leva para realizar uma operação, em um processo industrial.

A cronoanálise não serve somente para definir o tempo padrão de cada processo, mas auxilia a definir um processo de produção e documentá-lo. Serve ainda para balancear a linha de produção, otimizando o uso dos recursos (COSTA JUNIOR, 2008). O mesmo autor também esclarece que desta forma é possível identificar possibilidades de melhorias permitindo a redução dos custos de manufatura de um produto.

Dessa forma, por meio dos estudos dos tempos e movimentos, as empresas passaram a mensurar o tempo gasto com a realização das atividades fabris, podendo identificar as perdas inerentes aos processos produtivos e gerar informações essenciais em tomadas de decisão, a fim de atingir melhorias nos processos industriais (CHAGAS; MORTE; PESSOTTI, 2015).

Neste trabalho foi realizado um estudo de caso no processo de injeção de poliuretano (PU) em uma empresa fabricante de aquecedores solares. O objetivo geral foi avaliar, por meio da cronoanálise, o processo de injeção do PU, identificando possíveis oportunidades de melhorias no posto de trabalho e, conseqüentemente, reduzir os custo de fabricação. Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram abordados: Identificar problemas no processo de

injeção do PU; Cronometrar as etapas e implementar mudanças; Determinar a viabilidade econômica do investimento nas mudanças.

A aplicação da cronoanálise na solução de problemas similares foi abordada recentemente, conforme os trabalhos (CALIFE; DINIZ, 2015) e (FERREIRA et al., 2015), onde os autores obtiveram resultados satisfatórios, com melhorias nos postos de trabalho, o que mostra que a abordagem proposta para este trabalho é atual e se justifica.

2. Metodologia

O estudo foi aplicado em uma empresa fabricante de aquecedores solares, situada no interior do estado de Goiás, durante o ano de 2015. O estudo se concentrou no reservatório térmico que a empresa fabrica e comercializa, mais precisamente no processo de injeção de poliuretano (produto responsável pela isolamento térmico do reservatório). Este processo é uma das etapas de fabricação do reservatório e que foi escolhido devido à uma recente melhoria realizada com o objetivo de aumentar a produtividade da operação que será evidenciado com a análise dos tempos do processo assim como o retorno do investimento realizado.

2.1. Descrição do processo estudado

O reservatório térmico, Figura 1a, é um produto composto de dois cilindros: o cilindro interno e o cilindro externo, que posteriormente, são montados em conjunto para formar o produto final.

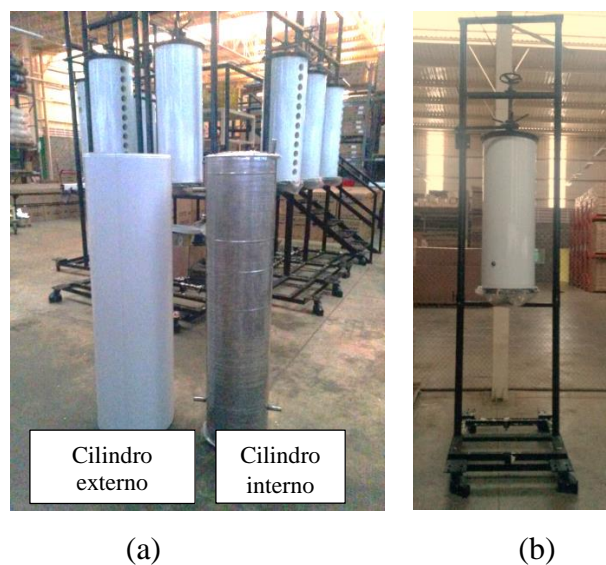


Figura 1 – (a) Cilindro externo e interno e, (b) alinhador. Fonte: Dados da pesquisa

Este conjunto do reservatório é posicionado em um equipamento denominado “Alinhador”, Figura 1b. O alinhador é uma espécie de “suporte” com base giratória onde é possível posicionar o conjunto reservatório montado na posição vertical. Esta posição é necessária para que seja possível injetar o poliuretano no espaço entre o cilindro interno e externo, conforme ilustrado na figura 2.



Figura 2 – Cilindros externo e interno montados. Fonte: dados da pesquisa.

O processo de injeção é composto de 3 alinhadores com uma plataforma onde fica posicionada a máquina injetora. Sendo assim 3 peças são injetadas em cada bateria de injeção. Os alinhadores são posicionados um ao lado do outro de forma que o operador possa realizar a injeção das peças, uma a uma. A máquina injetora possui uma única pistola por onde é liberado o poliuretano em forma de jato líquido.

O poliuretano é um produto composto de dois componentes (Isocianato e Polioli) que se misturam na ponta da pistola da máquina injetora. Segundos após a mistura, inicia-se um processo de reação química que demanda alguns minutos. Essa reação faz com que o produto se expanda gradativamente e preencha os espaços livres disponíveis entre os dois cilindros até completar todo o espaço vazio. No entanto esse processo não é dado de uma só vez, pois o poliuretano não reage de forma perfeitamente ordenada e este fato pode gerar eventuais espaços vazios dentro do reservatório. Sendo assim o preenchimento completo do reservatório é realizado através de pelo menos duas etapas de injeções, chamadas de “tiros de injeção”, em cada reservatório. A quantidade de “tiros” depende do comprimento do reservatório injetado. O processo de reação química do poliuretano demora aproximadamente 240 segundos (tempo estipulado pelo fabricante do produto) e durante este tempo não é possível realizar um novo tiro de injeção, pois tal procedimento também causaria falhas no preenchimento do poliuretano no reservatório. Sendo assim para que seja possível o preenchimento completo do reservatório é necessário aguardar o processo de reação para que seja possível uma nova rodada de injeção.

2.2. Descrição da operação

O processo se inicia com o operador de frente à pistola da injetora que a direciona para o primeiro alinhador e em seguida aciona o botão que ativa a injeção. Após o tempo regulado a injeção é interrompida concluindo-se então o disparo de poliuretano. Neste momento o operador aguarda alguns segundos para que o líquido do poliuretano presente nas mangueiras do equipamento termine de escoar. A pistola é retirada do primeiro reservatório e movimentada para o segundo alinhador, repetindo o processo de injeção. Ao concluir o terceiro reservatório o operador encaminha a pistola para a posição inicial onde se encontra o cesto de lavagem.

Decorrido alguns segundos após as injeções, inicia-se um processo de lavagem necessário para que os resíduos de poliuretano no interior das mangueiras e pistola da máquina não comecem a reação química de expansão o que geraria o entupimento do conjunto.

Paralelamente ao processo de lavagem citado, o poliuretano injetado nos reservatórios se encontram reagindo quimicamente e expandindo. O operador fica aguardando o sinal da máquina (alerta sonoro) para iniciar uma nova “rodada” de injeções.

3. Resultados e Discussões

A tabela 1 apresenta os tempos medidos para o processo antes do processo de melhorias. Os dados da tabela estão separados em lotes e cada lote representa uma “rodada” de 3 reservatórios injetados. Ao lado direito da tabela (após o lote 06) encontra-se as colunas onde foram calculados os tempos de ciclo totais no processo, além dos cálculos dos tempos médios de ciclo, mínimos, máximos e as variabilidades dos postos.

Ainda na Tabela 1, são apresentados os valores de variabilidade do posto, calculados pela Equação 1. Na parte inferior da tabela, ainda encontram-se os cálculos de ciclo total, tempo por peça e quantidade de peças fabricadas por hora.

$$V\% = \left(\frac{md-m}{m} \right) \cdot 100 \quad \text{Equação 1}$$

sendo que “*md*” é o tempo médio e “*m*” o tempo mínimo.

Tabela 01 – Tabela de tempos antes das melhorias. Fonte: Dados da pesquisa.

TEMPOS DE CICLO																		Legenda							
Produto : Aquecedor solar		Ref : Produto A		Posto : Injeção		Data : 23/07/2015		Total : tempo total		m : tempo mínimo		md : tempo médio		M : tempo Máximo		V% : ((md-m)/m)x100 = variabilidade do posto									
Processo : Injeção de PU		Analisado por :		Entre 8:00 h e 11:30																					
CRONOMETRAGEM (s)																									
SEQUENCIA OPERAÇÃO	DESCRICOÇÃO OPERAÇÃO	LOTE 01		LOTE 02		LOTE 03		LOTE 04		LOTE 05		LOTE 06		Total	md	m	M	V. %							
		PC 01	PC 02	PC 03	PC 04	PC 05	PC 06	PC 07	PC 08	PC 09	PC 10	PC 11	PC 12						PC 13	PC 14	PC 15	PC 16	PC 17	PC 18	
1	Injeção 1	16,6	14,4	15,0	16,0	15,0	14,7	16,5	16,1	14,3	17,1	14,8	15,7	16,0	22,1	14,9	15,7	17,1	16,3	288,3	16,0	14,3	22,1	12,0	
2	Reação PU	194,0			194,4			193,1			192,4			187,0			190,9			1.151,7	192,0	187,0	194,4	2,7	
3	Injeção 2	15,9	20,0	14,0	16,4	15,3	14,3	16,0	14,9	15,4	15,7	14,3	14,0	16,7	14,2	15,0	17,0	14,3	14,1	277,6	15,4	14,0	20,0	10,1	
4	Reação PU	190,1			194,0			193,7			196,0			194,1			194,6			1.162,5	193,7	190,1	196,0	1,9	
5	Injeção 3	15,9	15,5	15,0	16,0	15,2	15,0	17,1	15,1	21,7	16,7	15,7	15,2	16,3	15,0	15,2	16,3	15,4	14,7	287,0	15,9	14,7	21,7	8,5	
6	Reação PU	193,6			193,8			186,1			192,4			193,5			193,6			1.153,0	192,2	186,1	193,8	3,3	
7	Corte PU excedente	57,3	58,4	63,7	59,0	55,2	61,3	62,2	62,7	58,6	58,2	55,0	59,2	61,3	61,0	54,2	60,0	55,0	62,3	1.064,6	59,1	54,2	63,7	9,1	
	Somatória	683,4	686,0	685,4	689,5	100,7	105,3	684,7	108,8	110,0	688,5	99,8	104,1	684,9	112,3	99,3	688,1	101,8	107,4	5.384,6	684,4	660,4	711,7	47,6	
	Ciclo Total (s)	899,40			895,50			903,50			892,40			896,50			897,30								
	Tempo/pc (s)	299,80			298,50			301,17			297,47			298,83			299,10								
	pcs/hr	12,01			12,06			11,95			12,10			12,05			12,04								
COMENTARIOS																									
a	Todos os tempos estão em segundos (s).																								
b	Injeção 1 - O operador movimenta a pistola da injetora até o primeiro alinhador, aponta a pistola e aciona o botão de disparo. Após o disparo ele aguarda escorrer o líquido se encaminha para a próxima injeção. Injeção 2 e 3 tem o mesmo procedimento. Após a 3 injeção o operador encaminha a pistola para cesta de lavagem.																								
c	O primeiros tempos das injeções 1, 2 e 3 (peças 01, 04, 07, 10, 13 e 16) são sempre maiores devido à maior movimentação (posição de repouso até primeiro reservatório.)																								
d	Ao iniciar a injeção do primeiro reservatório a máquina liga o timer automático (240 segundos) que avisa o operador sobre o final do tempo de reação do poliuretano.																								
e	Sequencia da operação 1, pc 14, operador gastou tempo limpando bocal da pistola da injetora																								
f	Sequencia da operação 3, pc 2, operador gastou tempo limpando bocal da pistola da injetora																								
g	Sequencia da operação 5, pc 1, operador se atrapalhou e bateu a pistola na máquina																								
h	Sequencia da operação 5, pc 6, 9, 15 e 18, operador gastou tempo limpando bocal da pistola da injetora																								
M&P Produção Supervisão de Produção																									

3.1. Avaliação do ritmo do operador

Neste processo de injeção, o ritmo do operador é regulado pelos tempos ajustados na máquina. Assim que é iniciado o procedimento de injeção o operador deve seguir os tempos regulados para injeção além do tempo de reação do poliuretano e de lavagem. Desta forma, o operador é obrigado a seguir um procedimento repetitivo e regular para que o processo possa ser concluído satisfatoriamente. Os resultados apontados foram considerados dentro dos padrões de aceitação da empresa uma vez que não foram diferentes de tempos levantados em medições passadas.

A variabilidade do posto é um índice que ajuda a verificar o ritmo do operador. Nas injeções 1, 2 e 3 essa variabilidade manteve-se entre 8,5% (injeção 3) a 12% (injeção 1) que representam respectivamente 1,2s e 1,7s. Tais tempos são muito pequenos por se tratar de uma operação manual e que foi interferida pelo fato de o operador ter realizado uma rápida limpeza na pistola (operação pertinente ao processo onde ocorre um pequeno entupimento da pistola que faz com que o jato não fique concentrado, espalhando o poliuretano, em alguns casos, para fora do reservatório injetado). No entanto a empresa possui critério padrão de aceitação para a variabilidade de um posto de até 20%. Desta forma o resultado para a variabilidade do posto foi considerada aceitável.

A variabilidade da operação de reação do PU está ligada à variabilidade do processo de injeção, pois o tempo de reação (tempo estipulado pelo fabricante do produto) é contado simultaneamente ao primeiro disparo da pistola de injeção. Independentemente do que ocorra durante o processo, o *timer* irá contar os 240 segundos (regulados em função do tempo de reação do poliuretano) e disparar o aviso sonoro. Desta forma o tempo de reação apresentado na tabela é o tempo restante aos 240 segundos após o término da injeção do último reservatório do lote. Para o caso da Sequência 1, Injeção 1 temos: [240-(16,6+14,4+15)].

A variabilidade do processo de corte do PU é de 9,1% e também foi considerado pela empresa como aceitável. Sendo assim, o ritmo geral do operador pode ser considerado como aceitável.

3.2. Avaliação da quantidade de ciclos cronometrados

Segundo Martins e Laugeni (2009), na prática, para determinar o tempo padrão de uma peça ou de uma operação, devem ser realizadas entre 10 e 20 cronometragens, no entanto Barnes (1968) ressalta que o estudo de tempos é um processo de amostragem, conseqüentemente quanto maior o número de ciclos cronometrado tanto mais representativos serão os resultados obtidos para a atividade em estudo.

Barnes (1968) propõe que o número de ciclos seja calculado pela equação 2.

$$N' = \left(\frac{40\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2 \quad \text{Equação 2}$$

Onde: N' - número necessário de observações para prever o tempo verdadeiro com erro relativo de $\pm 5\%$ e 95% de confiança; X - leitura do cronômetro ou observação individual; N - número de leituras efetuadas.

A equação 2 deve ser utilizada após a conclusão das cronometragens. Os dados levantados devem ser lançados na fórmula e o resultado dos cálculos, segundo Barnes (1968), devem ser avaliados da seguinte forma: Quando $N > N'$, o número de observações feitas garante a confiança da amostra; Quando $N < N'$, fazer $N = N'$ e continuar as observações até o novo N .

Na tabela 2 são apresentadas as medições de tempos utilizados para avaliação da quantidade de ciclos. Os tempos referentes à reação PU não foram listados pois referem-se ao tempo vinculado ao produto, conforme explicado anteriormente.

Tabela 02 – Tempos dos ciclos cronometrados. Fonte: Dados da pesquisa

INJEÇÃO 01			INJEÇÃO 02			INJEÇÃO 03			CORTE PU EXCEDENTE		
Quantidade cronometradas (N)	x	x ²	Quantidade cronometradas (N)	x	x ²	Quantidade cronometradas (N)	x	x ²	Quantidade cronometradas (N)	x	x ²
1	16,61	275,89	1	15,94	254,08	1	15,90	252,81	1	57,30	3.283,29
2	14,40	207,36	2	20,00	400,00	2	15,50	240,25	2	58,40	3.410,56
3	15,00	225,00	3	14,00	196,00	3	15,00	225,00	3	63,70	4.057,69
4	15,95	254,40	4	16,40	268,96	4	16,00	256,00	4	59,00	3.481,00
5	15,00	225,00	5	15,30	234,09	5	15,20	231,04	5	55,20	3.047,04
6	14,70	216,09	6	14,30	204,49	6	15,00	225,00	6	61,30	3.757,69
7	16,50	272,25	7	16,00	256,00	7	17,10	292,41	7	62,20	3.868,84
8	16,10	259,21	8	14,90	222,01	8	15,10	228,01	8	62,70	3.931,29
9	14,30	204,49	9	15,40	237,16	9	21,70	470,89	9	58,60	3.433,96
10	17,10	292,41	10	15,70	246,49	10	16,70	278,89	10	58,20	3.387,24
11	14,80	219,04	11	14,30	204,49	11	15,70	246,49	11	55,00	3.025,00
12	15,70	246,49	12	14,00	196,00	12	15,20	231,04	12	59,20	3.504,64
13	16,00	256,00	13	16,70	278,89	13	16,30	265,69	13	61,30	3.757,69
14	22,10	488,41	14	14,21	201,92	14	15,00	225,00	14	61,00	3.721,00
15	14,90	222,01	15	15,00	225,00	15	15,20	231,04	15	54,20	2.937,64
16	15,70	246,49	16	17,00	289,00	16	16,30	265,69	16	60,00	3.600,00
17	17,10	292,41	17	14,30	204,49	17	15,40	237,16	17	55,00	3.025,00
18	16,30	265,69	18	14,10	198,81	18	14,70	216,09	18	62,30	3.881,29
288,26	4.668,64		277,55	4.317,89		287,00	4.618,50		1.064,60	63.110,86	
Σx	Σx^2		Σx	Σx^2		Σx	Σx^2		Σx	Σx^2	

Com base nas informações da tabela 2 e na equação 2, temos que o número de ciclos (N') calculados para as injeções 01, 02, 03 e corte PU excedente, respectivamente, são 18,1; 14,3; 14,9 e 3,7 observações.

No caso analisado são 18 a quantidade de cronometradas realizadas ($N=18$). Em todas as análises é satisfeita a condição $N > N'$, com exceção da injeção 01 onde N' é 0,1 maior. Como a diferença neste caso é muito pequena, foi utilizado um critério de arredondamento para aceitar a quantidade de observações realizadas.

Também foi calculado o *Takt Time*. Segundo Rother e Shook (2003), o *takt time* define o ritmo da produção, ou seja, é a frequência na qual se deve produzir um produto sincronizando a velocidade de produção ao ritmo de vendas, para atender a demanda do mercado. Pode ser calculado como sendo a razão entre o tempo disponível e a quantidade de peças para produzir. Para o estudo em questão, com 7,5 horas disponíveis para produzir 24 peças, foi calculado um *takt time* de 18,75 minutos.

O tempo de ciclo de 1 peça foi de aproximadamente 300 segundos ou 5 minutos. Como o *takt time* é de 18,75 minutos significou que o processo conseguiu suprir a demanda necessária. O posto possui uma série de possibilidades para melhorias e pode ser realizado em um tempo menor por isso foi mantida a decisão de realizar os investimentos para gerar as melhorias no posto, pois se o operador gastar menos tempo para cumprir com a mesma tarefa ao final do processo este mesmo operador pode se dedicar às outras operações.

3.3. Melhorias realizadas no posto de trabalho

Analisando o posto de trabalho e a planilha de cronometragem percebe-se que após a injeção dos 3 (três) reservatórios (tempo médio de aproximadamente 48s) o operador encaminha a pistola de injeção para o cesto de lavagem e tem que aguardar o tempo restante aos 240 s para que o poliuretano conclua o processo de expansão. Temos então um desperdício de tempo neste intervalo, pois se o processo de expansão demora 240s e o operador injeta 3 reservatórios em aproximadamente 48s, temos 208,6s obsoletos. Desta forma o objetivo da modificação foi aumentar ao máximo a quantidade de peças a serem injetadas no intervalo de tempo obsoleto. Foram confeccionados então 5 (cinco) novos postos (alinhadores), passando de 3 (três) para 8 (oito) alinhadores. Como o tempo de reação do poliuretano é de 240s e o tempo médio de injeção é de 16s, temos que seria possível injetar até 15 postos ($240/16= 15$ postos). Neste caso seria possível que após a injeção dos 15 reservatórios o operador se dirigisse ao primeiro para efetuar o próximo “tiro”, pois já teria se passado o tempo de reação do poliuretano. No entanto a quantidade de 8 (oito) alinhadores foi estipulada de acordo com os limites de alcance físico da pistola da máquina injetora. A plataforma da injetora também teve que ser alterada para que fosse possível comportar essa nova condição.

As modificações realizadas foram avaliadas por especialistas para verificar uma eventual sobrecarga sob o operador e não houveram restrições ao projeto realizado.

3.4. Avaliação do processo de injeção após as melhorias

Depois de realizadas as melhorias, uma nova cronometragem foi realizada e os resultados estão apresentados na Tabela 3.

O documento foi separado em colunas identificadas com 2 lotes. Cada lote representa uma “rodada” de 8 reservatórios injetados. Desta forma temos uma cronometragem de 16 peças (2 peças a menos comparada à cronometragem antes das melhorias).

3.4.1. Avaliação do ritmo do operador

De acordo com Martins e Laugeni (2009), a velocidade do operador é determinada subjetivamente por parte do cronometrista, atribuindo valores de 0 a 100% que deve ser analisada por ocasião das medidas dos tempos da amostra. Para Camaroto (2007), Como pode haver

diferenças nos sistemas de avaliação de cada analista, recomenda-se o uso de um único sistema, a fixação de valores normais para a empresa e um treinamento dos analistas através de filmes sobre estudo de tempos de operações

Tabela 03 – Tabela de tempos (analisado após as melhorias). Fonte: Dados da empresa avaliada.

TEMPOS DE CICLO																		Legenda						
Produto : Aquecedor solar		Ref : Produto A												Total : tempo total		m : tempo mínimo								
Processo : Injeção de PU		Posto : Injeção												md : tempo médio		M : tempo Máximo								
Operador : José Carlos		Analisado por : Érick												Data : 23/07/2015		Entre 8:00 h e 11:30								
																		V%: ((md-m)/m)x100 = variabilidade do posto						
CRONOMETRAGEM (s)																								
SEQUÊNCIA OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	LOTE 01								LOTE 02								Total	md	m	M	V. %		
		PÇ 01	PÇ 02	PÇ 03	PÇ 04	PÇ 05	PÇ 06	PÇ 07	PÇ 08	PÇ 09	PÇ 10	PÇ 11	PÇ 12	PÇ 13	PÇ 14	PÇ 15	PÇ 16						PÇ 17	PÇ 18
1	Injeção 1	17,3	15,1	15,5	16,7	15,4	14,3	19,0	14,9	18,0	14,9	20,1	16,4	15,2	15,3	15,8	16,8			260,7	16,3	14,3	20,1	13,9
2	Reação PU	111,8								107,5								219,3	109,7	107,5	111,8	2,0		
3	Injeção 2	18,2	15,3	19,8	14,9	14,7	15,1	14,9	15,4	17,4	15,2	15,4	14,9	15,3	14,8	19,0	15,4			255,7	16,0	14,7	19,8	8,7
4	Reação PU	111,7								112,6								224,3	112,2	111,7	112,6	0,4		
5	Injeção 3	17,7	15,3	15,7	16,1	14,9	14,7	14,5	16,0	17,6	14,7	14,9	16,1	14,7	15,3	19,7	15,7			253,6	15,9	14,5	19,7	9,3
6	Reação PU	115,1								111,3								226,4	113,2	111,3	115,1	1,7		
7	Corte PU excedent	62,2	60,3	59,4	57,8	65,0	61,2	57,1	59,4	57,9	63,0	64,7	58,4	63,7	59,1	62,4	59,4			971,0	60,7	57,1	65,0	6,3
Somatória		454,0	444,6	449,0	444,1	448,6	443,9	444,1	444,3	442,3	439,2	446,5	437,2	440,3	435,9	448,3	438,7	0,0	0,0	2.411,0	443,8	431,1	464,1	42,4
Ciclo Total (s)		1.202,4								1.208,6														
Tempo/pc (s)		150,3								151,1														
pcs/hr		24,0								23,8														
COMENTÁRIOS																								
a	Todos os tempos estão em segundos (s).																							
b	Injeção 1 - O operador movimenta a pistola da injetora até o primeiro alinhador, aponta a pistola e aciona o botão de disparo. Após o disparo ele aguarda escorrer o líquido se encaminha para a próxima injeção. Injeção 2 e 3 tem o mesmo procedimento. Após a 3 injeção o operador encaminha a pistola para cesta de lavagem.																							
c	O primeiros tempos das injeções 1, 2 e 3 (peça 01 e peça 09) são sempre maiores devido à maior movimentação (posição de repouso até primeiro reservatório).																							
d	Ao iniciar a injeção do primeiro reservatório a máquina liga o timer automático (240 segundos) que avisa o operador sobre o final do tempo de reação do poliuretano.																							
e	Sequencia da operação 1, pç 7 e 11, operador gastou tempo limpando bocal da pistola da injetora																							
f	Sequencia da operação 3, pç 3 e 15, operador gastou tempo limpando bocal da pistola da injetora																							
g	Sequencia da operação 5, pç 15, operador gastou tempo limpando bocal da pistola da injetora																							
																		M&P Produção		Supervisão de Produção				

Os resultados apontados foram considerados novamente dentro dos padrões normais da empresa. A variabilidade do posto manteve-se entre 8,7% e 13,9%, índices estão ligeiramente maiores quando comparados à cronometragem antes das melhorias, no entanto continuam considerados dentro da variabilidade aceitável nos padrões da empresa. A variabilidade do processo de corte do PU foi de 6,3% e também é considerado pela empresa como uma variação aceitável do sistema.

3.4.2. Avaliação da quantidade de ciclos cronometrados

Na tabela 4 são apresentados os tempos cronometrados após as melhorias. Aplicados os valores desta tabela na equação 2, foram obtidos para o cálculo do número de observações N' respectivamente para as injeções 01, 02, 03 e Corte PU excedente os seguintes resultados: 14,8; 15,8; 11,8 e 2,6 observações.

No caso analisado são 16 a quantidade de cronometragens realizadas (N=16). Em todas

as análises é satisfeita a condição $N > N'$. Considera-se então que a quantidade de cronometragens foi suficiente para garantir a confiabilidade de 95%.

Tabela 04 – Tempos cronometrados após melhorias. Fonte: Dados da pesquisa.

INJEÇÃO 01			INJEÇÃO 02			INJEÇÃO 03			CORTE PU EXCEDENTE		
Quantidade cronometragens (N)	x	x ²	Quantidade cronometragens (N)	x	x ²	Quantidade cronometragens (N)	x	x ²	Quantidade cronometragens (N)	x	x ²
1	17,30	299,29	1	18,20	331,24	1	17,70	313,29	1	62,20	3.868,84
2	15,10	228,01	2	15,30	234,09	2	15,30	234,09	2	60,30	3.636,09
3	15,50	240,25	3	19,80	392,04	3	15,70	246,49	3	59,40	3.528,36
4	16,70	278,89	4	14,90	222,01	4	16,10	259,21	4	57,80	3.340,84
5	15,40	237,16	5	14,70	216,09	5	14,90	222,01	5	65,00	4.225,00
6	14,30	204,49	6	15,10	228,01	6	14,70	216,09	6	61,20	3.745,44
7	19,00	361,00	7	14,90	222,01	7	14,50	210,25	7	57,10	3.260,41
8	14,90	222,01	8	15,40	237,16	8	16,00	256,00	8	59,40	3.528,36
9	18,00	324,00	9	17,40	302,76	9	17,60	309,76	9	57,90	3.352,41
10	14,90	222,01	10	15,20	231,04	10	14,70	216,09	10	63,00	3.969,00
11	20,10	404,01	11	15,40	237,16	11	14,90	222,01	11	64,70	4.186,09
12	16,40	268,96	12	14,90	222,01	12	16,10	259,21	12	58,40	3.410,56
13	15,20	231,04	13	15,30	234,09	13	14,70	216,09	13	63,70	4.057,69
14	15,30	234,09	14	14,80	219,04	14	15,30	234,09	14	59,10	3.492,81
15	15,80	249,64	15	19,00	361,00	15	19,70	388,09	15	62,40	3.893,76
16	16,80	282,24	16	15,40	237,16	16	15,70	246,49	16	59,40	3.528,36
260,70	4.287,09		255,70	4.126,91		253,60	4.049,26		971,00	59.024,02	
Σx	Σx^2		Σx	Σx^2		Σx	Σx^2		Σx	Σx^2	

3.5. Comparação do processo antes e após as melhorias realizadas

Nas Tabelas 05 e 06, são apresentados, respectivamente, um resumo dos resultados antes e depois da melhorias.

Tabela 05 – Resumo da tabela de cronometragens antes das melhorias. Fonte: Autores

	LOTE 01			LOTE 02			LOTE 03			LOTE 04			LOTE 05			LOTE 06		
	PC 01	PC 02	PC 03	PC 04	PC 05	PC 06	PC 07	PC 08	PC 09	PC 10	PC 11	PC 12	PC 13	PC 14	PC 15	PC 16	PC 17	PC 18
Ciclo Total (s)	899,40			895,50			903,50			892,40			896,50			897,30		
Tempo/pc (s)	299,80			298,50			301,17			297,47			298,83			299,10		
pçs/hr	12,01			12,06			11,95			12,10			12,05			12,04		

Tabela 06 – Resumo da tabela de cronometragens após as melhorias. Fonte: autores

	LOTE 01								LOTE 02							
	PC 01	PC 02	PC 03	PC 04	PC 05	PC 06	PC 07	PC 08	PC 09	PC 10	PC 11	PC 12	PC 13	PC 14	PC 15	PC 16
Ciclo Total (s)	1.202,4								1.208,6							
Tempo/pc (s)	150,3								151,1							
pçs/hr	24,0								23,8							

Comparando os resultados das tabelas 05 e 06, pode ser observado uma redução significativa no tempo de produção de cada peça, de uma média 299,1 para 150,7 segundos por peça. Esta redução de tempo significou um aumento de produtividade de quase 100% no posto de trabalho avaliado, utilizando a mesma mão de obra e sem sobrecarregá-la.

3.6. Retorno do investimento

Economicamente, o capital, ou qualquer valor monetário apresenta um custo ou preço ao longo de um determinado período de tempo. Além disso, o tempo está ligado a riscos ligados a fatores conjunturais. Assim sendo, a determinação do tempo de retorno do capital (*payback*) tornou-se, segundo Gitan (2007), amplamente difundida. Ao considerar-se os cenários e expectativas futuras, tornam-se mais atraentes as alternativas que apresentam tempo de recuperação de capital menor.

O método consiste no cálculo do prazo necessário para que o montante dispendido de capital seja recuperado por meio dos fluxos líquidos de caixa gerados pelo investimento, conforme a equação 3. Neste caso, específico optou-se pelo cálculo do *payback* simples, por tratar-se de uma análise de curtíssimo prazo.

$$Payback = \left(\frac{\text{valor investimento}}{\text{receita gerada}} \right) \quad \text{Equação 3}$$

O montante dispendido para a implementação das melhorias do processo estudado (montante investido) foi de R\$20.000,00, gastos com aquisição de materiais e alterações e adequações estruturais. Tais desembolsos estão discriminados na Tabela 7.

Tabela 07 – Resumo dos gastos com as melhorias do posto de trabalho. Fonte: Dados da Pesquisa

DESCRIÇÃO DOS GASTOS	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Compra de materiais para as modificações de adequação na plataforma	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Contratação de serviço terceirizado de serralheria (adequação da plataforma)	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
Contratação de empresa terceirizada para confecção de novos alinhadores material + serviço de mão de obra	5	R\$ 3.000,00	R\$ 15.000,00
TOTAL:.....			R\$ 20.000,00

As peças adicionais fabricadas, com resultado das melhorias no posto estudado, resultaram em uma receita adicional de R\$20.700,00 mensais. Tendo por base os dispêndios e a receita adicional apresentados, o tempo de retorno do total destinado as melhorias seria de apenas um mês.

De acordo com Samanez (2009), a relação Custo-Benefício (C/B), demonstra o quanto o valor presente das entradas (Benefícios) representa do valor presente das saídas (Custos) do fluxo caixa. O mesmo autor cita que o índice é um indicador que resulta da divisão do valor atual dos benefícios pelo valor atual dos custos do projeto, incluindo o investimento inicial, como pode ser

observado na equação 4. A viabilidade econômica do investimento ocorre quando o índice se mostra maior que a unidade (1).

$$\text{Relação } C/B = \left(\frac{\text{benefícios}}{\text{custo do projeto}} \right) \quad \text{Equação 4}$$

O resultado da relação custo/benefício para este caso foi de 1,035. Este indicador avaliado conjuntamente com o *Payback*, mostra que o projeto de melhoria é viável e de rápido retorno

4. Conclusões

Pelos resultados apresentados fica evidenciado que o estudo de tempos é de extrema importância para uma organização fabril. Os levantamentos realizados são base para a elaboração dos custos do produto, planejamento produtivo, avaliação do desempenho produtivo, otimização do processo de fabricação entre diversas outras necessidades.

No estudo aplicado no fabricante de aquecedores ficou evidenciado o tempo que o operador ficava ocioso enquanto aguardava a reação do poliuretano. Este tempo foi melhor aproveitado com a modificação realizada no posto de trabalho onde a quantidade de postos de injeção foi ampliada de 3 para 8 postos. A modificação possibilitou aproveitar melhor o tempo de não trabalho onde o operador ficava aguardando a reação do poliuretano para realizar a próxima rodada de injeção. As condições de trabalho foram previamente avaliadas antes da implantação do projeto para verificar uma eventual sobrecarga sob o operador e não houveram restrições para a implantação das melhorias.

Pelos números apresentados, foi obtido um ganho após a implantação das melhorias de aproximadamente 100%. A produção do posto era de 12 peças/hora e após as modificações realizadas este número foi alterado para 23,9 peças/hora.

Com os estudos de viabilidade econômico-financeiros realizados podemos também afirmar que o investimento realizado foi vantajoso. O total investido R\$20.000,00 proporcionou uma receita adicional de R\$20.700,00 por mês. Esse resultado nos mostra que o capital investido foi retornado em um período menor que 1 mês (*payback* = 0,97), evidenciando desta forma um retorno financeiro atrativo. A relação custo benefício também sustenta a afirmação positiva do investimento realizado, pois o

índice C/B foi maior que 1, mostrando assim que o investimento realizado foi superado pela receita gerada.

O objetivo do estudo foi alcançado quando se conclui que a cronoanálise foi fundamental para os estudos e posteriores ações que impactaram positivamente a produtividade do processo fabril.

5. Referências

- ANIS, G. *A importância dos estudos de tempos e métodos para controle da produtividade e qualidade*. UNINOVE. 2010. Disponível em: <<http://www.polimeroseprocessos.com/imagens/tempometodos.pdf>>. Acesso em 10/02/2016.
- BARNES, R. M. *Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho*. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- CAMAROTTO, J. A. *Projeto do trabalho: Métodos, tempos, modelos, posto de trabalho*. [São Carlos]: Universidade Federal de São Carlos, 2007
- CARVALHO, M.; OLIVEIRA, W.; ROCHA, I.; SANTANA, A.; SOUZA, M. Balanceamento em linha de produção de inserção manual de componentes eletrônicos: estudo de caso em empresa do polo industrial de Manaus. XXXV Encontro Nacional De Engenharia de Produção, Fortaleza, Ceará, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_220_28187.pdf>. Acesso em 10/02/2016.
- CALIFE, N.; DINIZ, N. Cronoanálise e balanceamento de montagem: Estudo de caso em uma montadora de veículos. XXXV Encontro Nacional De Engenharia de Produção, Fortaleza, Ceará, 2015.
- CHAGAS, T.; MORTE, J.; PESSOTTI, R. Produtividade em uma empresa do ramo moveleiro. XXXV Encontro Nacional De Engenharia de Produção, Fortaleza, Ceará, 2015. <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_226_28034.pdf>. Acesso em 10/02/2016.
- COSTA JUNIOR, E. L. *Gestão em processos produtivos*. Curitiba: Ibpex, 2008.
- FERREIRA, F.; JUNIOR, J.; OLIVEIRA, V.; SILVA, J.; TELES, F. Balanceamento da linha de montagem de caminhões baús. XXXV Encontro Nacional De Engenharia de Produção, Fortaleza, Ceará, 2015. <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_219_28474.pdf>. Acesso em 10/02/2016.
- GITMAN, L. J. *Princípios de Administração Financeira*. 10 Edição. São Paulo, 2007.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar. Mapeando fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- TOLEDO, I. F. B. *Cronoanálise*. 8. ed. Mogi das Cruzes: Assessoria Escola Editora, 2004.
- SAMANEZ, C. P. *Engenharia Econômica*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.