

Estudo de movimentos e tempos aplicado às linhas de produção de baterias para celular

Sthefanny Monique Vanelli (Centro Universitário do Sul de Minas, UNIS MG) smvanelli@gmail.com
Gustavo Ferreira Rabêlo Garcia (Centro Universitário do Sul de Minas, UNIS MG) gustavo.garcia@unis.edu.br
Roger Antonio Rodrigues (Centro Universitário do Sul de Minas, UNIS MG) roger.rodrigues@unis.edu.br

Resumo

Este artigo demonstra a aplicação do estudo de movimentos e tempos às linhas de produção de baterias para celular. O desenvolvimento deste projeto é relevante uma vez que analisa a criação e ajuste de um processo produtivo de um novo produto, em busca aumento de produtividade e redução de custos. O objetivo do artigo é verificar se o estudo de movimentos e tempos permite o aumento de produtividade nas linhas de produção. Este propósito foi alcançado através de uma revisão bibliográfica acerca do tema estudo de movimentos e tempos e de uma pesquisa-ação sobre as linhas de produção. Segundo a análise dos resultados obtidos, pode-se afirmar que o estudo de movimentos e tempos contribui diretamente para que a produtividade seja aumentada e para que os custos relativos à mão-de-obra sejam reduzidos. Estima-se que a economia gerada pela aplicação do estudo de movimentos e tempos foi de R\$19.986,31 em relação à sua não aplicação, para o caso em questão.

Palavras chave: Engenharia de Produção, Estudo de Movimentos e Tempos, Linhas de Produção, Baterias para Celular.

Study of movements and times applied to the lines of production of batteries for mobiles

Abstract

This article demonstrates the application of the study of movements and times to the production lines of mobiles batteries. The development of this project is relevant since it analyzes the creation and adjustment of a productive process related to a new product, in search of increase of productivity and reduction of costs. The purpose of this paper is to verify if the study of movements and times allows the increase of productivity in the production lines. This purpose was reached through a literature review on the theme study of movements and times and an action research on the production lines. According to the analysis of the obtained results, it can be affirmed that the study of movements and times directly contributes to that the productivity is increased and that the costs related to the reduction of the costs related to the manpower. It is estimated that the economy generated by the application of the study of movements and times was R\$ 19,986.31 in relation to its non-application, for the case in question.

Key-words: Production Engineering, Studies oh movements and times, Lines of Production, Batteries for Mobiles

1. Introdução

O tema escolhido para o desenvolvimento deste artigo é o estudo de movimentos e tempos aplicado às linhas de produção de baterias para celular. O estudo de movimentos e tempos pode ser definido como o estudo sistemático do trabalho, que visa desenvolver os melhores métodos, padronizá-los, tomar o tempo padrão e treinar o operador para que este sempre execute uma tarefa conforme o padronizado.

A empresa em que a pesquisa-ação foi realizada possui um departamento responsável pelo gerenciamento de processos. Sendo assim, na criação e ajuste de um processo-padrão, as atividades de montagem são divididas por postos de trabalho e os tempos de produção são estimados com base no material enviado pelos fornecedores. Durante a produção do lote piloto, as atividades são ajustadas, fotografadas, registradas e, então, cronometradas. Posteriormente, a meta de produção é ajustada de acordo com base no maior tempo obtido dentre todos os postos de trabalho. Deste modo, o estudo de movimentos e tempos será aplicado na análise dos postos de trabalho, a fim de verificar se há formas de execução de uma tarefa que diminua seu tempo padrão, assim aumentando a produtividade geral da linha.

O desenvolvimento deste projeto é relevante, uma vez que analisa a criação e ajuste de um processo produtivo de um novo produto, em busca de aumento de produtividade e redução de custos. A produtividade será aumentada através da atuação no recurso mão-de-obra, identificando a melhor maneira de se desempenhar uma tarefa, eliminando movimentos desnecessários e analisando os postos de trabalho.

2. Referencial teórico

O estudo de movimentos e tempos permite a análise dos postos de trabalho, da movimentação do operador no posto e do tempo gasto em cada operação, a fim de identificar qual a melhor forma de se executar uma atividade e os movimentos os desnecessários. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), o estudo do tempo é uma técnica de medida do trabalho para registrar os tempos e o ritmo de trabalho de uma tarefa especializada, realizada sob condições especializadas, e para analisar os dados de forma a obter o tempo necessário para a realização do trabalho com um nível definido de desempenho.

Barnes (2008) define o estudo de movimentos e tempos como o estudo sistemático dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: (1) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo; (2) padronizar esse sistema e método; (3) determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; e (4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

O desenvolvimento do método preferido inicia-se com a definição do objetivo ou problema, como por exemplo, fabricar um produto, e então parte para o projeto de um sistema composto de uma sequência de operações e procedimentos que mais se aproximem da solução ideal. Depois de determinado o método ideal, é necessário que haja a padronização das operações, onde a tarefa é dividida em operações específicas, que serão descritas em detalhes e com clareza, contendo informações como o conjunto de movimentos do operador, dimensões e qualidade do material, ferramentas e gabaritos, por exemplo (BARNES, 2008).

O próximo passo é a determinação do tempo padrão. O tempo padrão pode ser definido como o tempo que uma pessoa qualificada, treinada e com experiência gasta para executar uma operação padronizada, trabalhando normalmente (BARNES, 2008). A partir da definição do tempo-padrão para cada atividade desenvolvida, torna-se possível identificar a capacidade de

produção de uma linha de montagem ou mesmo de uma máquina (BORTOLI, 2013), viabilizando a utilização dos dados obtidos no planejamento e na programação de produção para estimativa e controle de custos de mão de obra.

Por fim, é necessário treinar o operador para colocar em prática o método de trabalho mais adequado, o instruindo para executar a operação conforme planejado. Quando são empregadas poucas pessoas em uma operação e o trabalho é relativamente simples, o operador pode ser treinado em seu próprio local de trabalho. O supervisor, o cronoanalista, o engenheiro de produção ou um operador hábil podem ser os instrutores (BARNES, 2008).

2.1. Melhoria dos processos

Para que seja realizado um estudo de movimentos e de tempos, se faz necessária a avaliação do retorno de capital esperado. Então, o grau até o qual uma operação será desenvolvida e melhorada depende diretamente dos benefícios em potencial. Deste modo, um estudo detalhado é justificado quando a operação envolve muitos trabalhadores, matérias-primas e equipamentos de alto custo, e um estudo superficial é justificado quando a operação é temporária, o volume de produtos produzidos é pequeno ou quando a economia potencial é desprezível (BARNES, 2008).

A melhoria do método de trabalho está diretamente relacionada à simplificação da produção. O método de trabalho deve ser alterado de modo que se torne mais simples, mais barato, menos cansativo, mais rápido e com melhor qualidade. Para a simplificação do trabalho, são utilizados os próprios recursos materiais e humanos da empresa (CRUZ, 2008).

A padronização das operações em tarefas curtas e simples permite que os operadores aprendam mais rapidamente, possibilita a automatização de tarefas e reduz o trabalho não produtivo, uma vez que os operadores não desempenham funções de procurar, posicionar ou alcançar peças e ferramentas para desempenho da atividade (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Segundo Bortoli (2013), a padronização dos métodos de trabalho e a definição do tempo-padrão de cada atividade são fatores fundamentais para que as empresas consigam aperfeiçoar suas operações e aumentar a sua produtividade.

Por fim, produzir com produtividade significa obter produtos de melhor qualidade, com menor custo, em menos tempo e em maior quantidade. Logo, uma maior produtividade é consequência da organização e da utilização de medidas adequadas para a realização do trabalho, e depende diretamente do desempenho do trabalhador, dos métodos corretos de produção e de ferramentas e máquinas adequadas, que facilitem e reduzam o tempo da função desempenhada (CRUZ, 2008). Deste modo, a aplicação do estudo de movimentos e tempos interfere diretamente na produtividade, uma vez que permite a determinação do melhor método de trabalho, padroniza este método para garantir a repetibilidade e reduz o tempo-padrão com base na análise das tarefas desempenhadas por cada operador.

2.2. Determinação do tempo-padrão e cronoanálise

Segundo Cruz (2008), o estudo de tempos é usado na determinação do tempo necessário para uma pessoa qualificada e bem treinada, trabalhando em ritmo normal, executar uma tarefa específica. O estudo de tempos também pode ser utilizado para estabelecer programações, planejar o trabalho, determinar os custos-padrão, estimar o custo de um produto antes do início da fabricação, determinar a eficiência de máquinas e na criação de um plano de incentivos, por exemplo, conforme descrito por Barnes (2008).

Desse modo, o tempo-padrão pode ser definido como o tempo gasto por uma pessoa adaptada

ao trabalho e completamente treinada no método específico na execução da tarefa, trabalhando em um ritmo considerado normal. É através desse tempo que se pode comprovar as melhorias em relação à produtividade no processo, pois esse método permite a análise da capacidade produtiva, considerando uma série de aspectos presentes na realidade de uma rotina de trabalho e que impactam no tempo necessário para a fabricação de um produto (CRUZ, 2008).

A medição do tempo-padrão deve ser realizada em condições normais de trabalho, ou seja, dentro de uma rotina e por um operador apto e treinado, com habilidade média e desempenhando um esforço médio durante todas as horas de trabalho. A escolha do funcionário é importante, pois não devem ser escolhidos operadores com habilidades acima da média e capazes de desempenhar um esforço superior ao normal, já que essa não representa a realidade da maioria dos funcionários. De modo igual, um operador que desempenha pouco esforço também não deve ser escolhido (CRUZ, 2008).

Para o cálculo do tempo-padrão, as tarefas devem ser padronizadas anteriormente, possibilitando assim a determinação de um ciclo e então parte-se para a coleta de tempos. Quanto mais frequente a coleta, maior a qualidade do resultado. Devem ser desconsiderados os tempos que indicam acontecimentos esporádicos para que os tempos sejam nivelados e então se calcula a média aritmética dos tempos de cada tarefa.

A cronoanálise é a ferramenta que define o tempo-padrão e auxilia na organização dos processos, uma vez que acompanha a evolução contínua das melhorias através da análise do tempo. Segundo Caetano et al (2016), o uso da cronoanálise é aconselhado quando há necessidade de melhorar a produtividade e para conhecer detalhadamente o que ocorre em cada processo produtivo, identificando assim os gargalos e os desperdícios do processo e possibilitando a melhoria contínua. Para Barnes (2008), a cronometragem direta é o método mais empregado na indústria para a medida do trabalho e o cronômetro é o aparelho mais utilizado para o registro dos tempos.

O tempo-padrão é composto do tempo coletado na cronoanálise acrescido de tolerâncias reservadas para fadiga, necessidades pessoais ou pequenas falhas no processo, como um erro de posicionamento de uma peça ou uma peça mal encaixada, por exemplo. Segundo Barnes (2008) as tolerâncias para as interrupções de produção podem ser classificadas em tolerância pessoal, para fadiga ou de espera. A tolerância pessoal é reservada para necessidades pessoais e para um trabalho leve sem períodos de descanso pode ser considerada entre 2 a 5% do tempo total do turno de trabalho. A tolerância por fadiga é aplicada quando há esforço físico pesado ou quando o trabalho é executado em condições adversas de calor, umidade, poeira e perigo de acidente, para proporcionar um descanso ao operador. A tolerância para espera são aquelas inevitáveis causadas pela máquina, pelo operador ou por uma força externa, porém esta tolerância não é computada no tempo-padrão.

Também é necessário que o tempo-padrão seja nivelado, através da eliminação dos tempos incorretos ocorridos durante as observações, que podem ser decorrentes de falhas no cronômetro, falhas mecânicas, interrupções nos ciclos, falhas de sequenciamento de atividade entre outras (CAETANO et al, 2016).

2.3. Ramp-up de produção

Após realizados todos os ajustes e padronizadas as tarefas, a produtividade ainda pode ser melhorada através da aplicação das técnicas de *ramp-up* de produção. Esse é um termo utilizado para denominar as etapas iniciais de um processo de fabricação, desde a produção

das primeiras unidades dos produtos a serem comercializados.

Segundo Jesus (2017), resumidamente, o *ramp-up* de produção é o aumento significativo no nível de produção dos produtos ou serviços de uma empresa, que envolve a experimentação e a melhoria de produtos e processos. O *ramp-up* de produção ocorre em antecipação a um aumento da demanda, em momentos em que novos produtos são lançados, na expansão da fábrica ou quando há mudanças no cenário de produção. Ainda segundo Jesus (2017), o *ramp-up* de produção permite que a produção atinja sua capacidade nominal mais rapidamente e que a empresa se torne mais competitiva frente ao mercado.

O *ramp-up* de produção também está diretamente relacionado à capacidade do processo. Segundo Stauder et al (2014), um processo capaz é definido como um processo estável e controlado dentro dos intervalos de tolerância estabelecidos. Logo, a capacidade caracteriza-se como uma medida para que as variações sejam percebidas ao longo do tempo. Stauder et al (2014) também afirma que um processo com capacidade insuficiente causa um atraso no *ramp-up* de produção. Assim, o estudo de movimentos e tempos complementa os conceitos de capacidade, já que padroniza as operações dentro de um processo produtivo para garantir a estabilidade e que não haja variação nas operações.

3. Metodologia

Dentre as classificações das pesquisas científicas, este artigo pode ser classificado como pesquisa aplicada em relação à sua natureza e como pesquisa explicativa do ponto de vista dos objetivos. Segundo Gil (2008), a pesquisa aplicada tem como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos, enquanto a pesquisa explicativa aprofunda o conhecimento realidade, através do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados.

A abordagem do problema pode ser classificada como qualitativa e quantitativa, uma vez que o método qualitativo investiga, esclarece profundamente e aborda detalhadamente as análises realizadas e o método quantitativo utiliza amostras e análises numéricas para traduzir em números o conteúdo gerado (MARCONI; LAKATOS, 2011).

Quanto aos procedimentos, este artigo pode ser classificado como pesquisa-ação e como pesquisa de campo. Segundo Vianna (2013), a pesquisa-ação é utilizada para a resolução de um problema coletivo, onde os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. Ainda segundo Vianna (2013), a pesquisa de campo ocorre quando há a observação de fatos e fenômenos espontâneos, geralmente *in loco* e diz respeito sobre a fonte de dados.

Os estudos foram realizados em uma empresa de médio porte do ramo de informática, telecomunicações e eletrônica, localizada na cidade de Varginha-MG, através da observação das linhas de produção, do levantamento de dados através da cronoanálise e da aplicação do estudo de movimentos e tempos, visando a minimização os tempos de operação e o aumento das metas de produção.

3.1. Pesquisa ação

Quando a empresa realiza o estudo de produção para incorporar um novo produto ao seu catálogo, são solicitadas ao cliente as especificações do produto, a lista de composição do mesmo, contendo as matérias-primas que serão utilizadas e a quantidade de cada item, uma peça-padrão e a demanda mensal desse item.

Com base nessas informações, o departamento de Engenharia de Processos viabiliza um novo

processo produtivo, com base na experiência de montagem de produtos similares e na desmontagem e remontagem da peça padrão. O processo-piloto contém a divisão das tarefas necessárias para a produção do item e inclui as adequações relativas à mão-de-obra, restrições físicas de espaço e metas propostas pela diretoria. Então, durante a produção de um primeiro lote de peças, são realizados os ajustes iniciais de processo, tempos e metas. Para o estudo em questão, os dados contidos na Tabela 1 foram obtidos durante a produção do lote-piloto.

Posto de trabalho	Descrição das atividades	Qtd. de Operadores	Medição (s)	Tempo de Operação (s)
A	Corte de terminal e teste OCV	1	7,43	7,43
B	Abastecimento da máquina	1	4,80	4,80
C	Separação de reprova	1	4,80	4,80
D	Solda de módulo	1	4,80	4,80
E	Inspeção da solda	1	9,03	9,03
F	Colar fita térmica 1 (gabarito)	1	14,89	14,89
G	Colar fita térmica 1 (flat)	2	10,37	5,19
H	Colar dupla face	1	6,41	6,41
I	Dobrar módulo	1	11,38	11,38
J	Colar fita térmica 1 (final)	1	10,47	10,47
K	Colar fita térmica 2	1	15,55	15,55
L	Colar fita térmica 2 (final)	1	11,57	11,57
M	Teste dimensional e de planicidade	1	7,67	7,67
N	Teste dimensional	1	5,98	5,98
O	Teste funcional	2	12,93	6,47

Fonte: Os autores

Tabela 1 – Tempos de operação durante o lote piloto

Para o processo piloto, foram alocados 17 operadores, divididos em 15 postos de trabalho, cada um desempenhando uma tarefa específica. O maior tempo de operação obtido foi de 15,55 segundos, o que proporciona uma meta de produção de 216 peças/hora, através do cálculo simples da divisão dos segundos de uma hora pelo maior tempo obtido e aplicando a tolerância padrão adotada pela empresa de 6,5% para fadiga e não conformidades de processo.

Durante a produção do lote piloto, foi verificada a possibilidade de melhora do processo produtivo. As atividades desempenhadas nos postos A e B podem ser executadas de duas formas: (a) manual, em que são utilizados dois operadores; e (b) automática, em que é utilizado um operador para abastecer a máquina e o tempo de operação é reduzido. Então, optou-se por utilizar a máquina e assim reduzir um operador no processo. Também foi verificado que o posto G possuía tempo de operação baixo quando utilizados dois operadores, enquanto o posto F quando utilizado um operador possuía tempo elevado. Então, as tarefas executadas nos postos F e G foram unificadas para melhor distribuição dos tempos e um operador foi retirado do processo. Após implementadas as modificações, uma nova tomada de tempos foi realizada, obtendo-se os dados contidos na Tabela 2. A coluna Ajuste 1 apresenta uma nova nomenclatura para os postos de trabalho e demonstra as alterações feitas.

Posto de trabalho	Ajuste 1	Descrição das atividades	Qtd. de Operadores	Medição (s)	Tempo de Operação (s)
A	a	Corte de terminal e teste OCV	1	4,80	4,80
B		(máquina)			
C	b	Abastecimento da máquina	1	4,80	4,80
D	c	Solda de módulo	1	4,80	4,80
E	d	Inspeção da solda	1	5,12	5,12
F	e	Colar fita térmica 1 (gabarito) e dupla	2	9,91	4,96
G		face			
H	f	Colar fita térmica 1 (flat)	2	9,91	4,96
I	g	Dobrar módulo	1	8,00	8,00
J	h	Colar fita térmica 1 (final)	1	7,25	7,25
K	i	Colar fita térmica 2	1	12,72	12,72
L	j	Colar fita térmica 2 (final)	1	12,72	12,72
M	k	Teste dimensional e de planicidade	1	5,55	5,55
N	l	Teste dimensional	1	5,61	5,61
O	m	Teste funcional	2	6,20	3,10

Fonte: Os autores

Tabela 2 – Tempos de operação após ajustes nos postos A, B, F e G

Após o ajuste, o número de operadores foi reduzido de 17 para 16 e o maior tempo de produção verificado foi de 12,72 segundo, o que resulta em uma meta de 265 peças/hora. Após os ajustes iniciais, a empresa passou a produzir esse modelo de baterias em lotes maiores e a meta proposta pela diretoria para esse processo era de, no mínimo 500 peças/hora, o que justifica a continuidade na análise e ajuste do processo produtivo.

Durante a montagem de lotes maiores, foi observado que a operação do posto g causava fadiga no operador mais rapidamente que nos outros postos, devido à natureza dos movimentos exigidos e por várias vezes o operador reclamava de dores nas mãos. Para mitigar o problema, os operadores eram revezados nesse posto, o que fazia com que o tempo de operação apresentasse uma maior variação, já que alguns operadores possuíam mais ou menos habilidades na execução da tarefa. A solução adotada foi a inclusão de um operador neste posto de trabalho, diminuindo assim a rotatividade, porém assegurando que não houvesse prejuízos ao operador. Os postos i e j também foram unificados para minimizar a fadiga dos operadores, através da redução da repetibilidade. Assim, ao invés de o operador realizar apenas uma operação curta e repetitiva, dois operadores passam a desempenhar as duas operações em um tempo maior.

Uma nova tomada de tempo foi realizada e os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 3. Novamente, a nomenclatura dos postos de trabalho foi alterada, conforme a coluna Ajuste 2, demonstrar as alterações feitas. O número de operadores foi aumentado, de 16 para 17 e o maior tempo de produção obtido foi de 6,99 segundos, o que resulta em uma meta de 482 peças/hora.

A Figura 1 demonstra o gráfico gerado a partir dos valores obtidos na Tabela 1, na Tabela 2 e na Tabela 3. O processo piloto demonstra elevados tempos de operação e um desbalanceamento entre os postos de trabalho, uma vez que alguns postos apresentam tempos de operação muito superiores aos outros. No primeiro ajuste, percebe-se que os tempos de operação já estão um pouco mais uniformes e que houve a redução de operadores. O segundo ajuste demonstra um processo produtivo equilibrado, com tempos de operação mais

uniformes em toda a linha de produção, o que permite que as atividades sejam padronizadas e que o processo produtivo seja elevado ao nível de melhoria contínua.

Posto de trabalho	Ajuste 2	Descrição das atividades	Qtd. de Operadores	Medição (s)	Tempo de Operação (s)
a	1	Corte de terminal e teste OCV (máquina)	1	4,80	4,80
b	2	Abastecimento da máquina	1	4,80	4,80
c	3	Solda de módulo	1	4,80	4,80
d	4	Inspeção da solda	1	5,65	5,65
e	5	Colar fita térmica 1 (gabarito) e dupla face	2	12,08	6,04
f	6	Colar fita térmica 1 (flat)	2	12,00	6,00
g	7	Dobrar módulo	2	13,42	6,71
h	8	Colar fita térmica 1 (final)	1	6,19	6,19
i	9	Colar fita térmica 2	2	13,98	6,99
j	10	Teste dimensional e de planicidade	1	6,31	6,31
k	11	Teste dimensional	1	5,48	5,48
m	12	Teste funcional	2	10,32	5,16

Fonte: Os autores

Tabela 3 – Tempos de operação após ajustes nos postos g, i e j

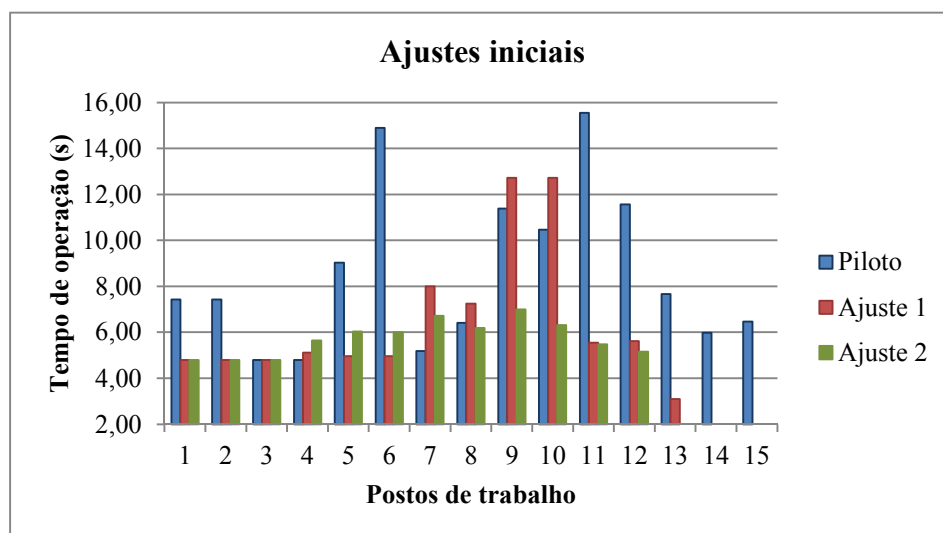


Figura 1 – Gráfico de ajustes iniciais

Após os ajustes realizados, toda a documentação foi alterada para que fossem formalizadas as alterações e as operações se tornassem operações padronizadas. Para verificar se ainda havia a possibilidade de aumento de produtividade no processo, a velocidade da esteira foi aumentada progressivamente até o ponto de maior produtividade sem que houvesse acúmulo de peças semiacabadas nos postos de trabalho, caracterizando assim o *ramp-up* de produção.

Então foram realizadas mais duas medições de tempo e os resultados obtidos são demonstrados na Tabela 4. Durante a primeira medição, o maior tempo de operação obtido foi

de 6,76 segundos, gerando uma meta de 498 peças/hora e durante a segunda medição, o maior tempo de operação obtido foi de 6,34 segundos, gerando uma meta de 531 peças/hora e assim atingindo o objetivo proposto inicialmente pela diretoria.

Posto de trabalho	Qtd. de Operadores	Medição 1 (s)	Tempo de operação 1 (s)	Medição 2 (s)	Tempo de operação 2 (s)
1	1	4,8	4,8	4,8	4,8
2	1	4,8	4,8	4,8	4,8
3	1	4,8	4,8	5,92	5,92
4	1	5,92	5,92	5,08	5,08
5	2	12,28	6,14	11,66	5,83
6	2	13,44	6,72	12,62	6,31
7	2	12,08	6,04	11,46	5,73
8	1	6,76	6,76	6,24	6,24
9	2	11,62	5,81	11,58	5,79
10	1	6,34	6,34	6,34	6,34
11	1	5,97	5,97	6,11	6,11
12	2	10,32	5,16	10,32	5,16

Fonte: Os autores

Tabela 4 – Ramp-up de produção

A figura 2 demonstra o gráfico gerado a partir dos valores obtidos na Tabela 3 e na Tabela 4, com uma alteração na escala em relação à figura 1, para que as alterações fossem percebidas mais facilmente. A medição inicial é a mesma obtida após o término dos ajustes e caracteriza-se como um ponto de referência. A medição 1 demonstra uma variação anormal no processo produtivo, em que alguns postos de trabalho apresentam tempos de operação superiores aos encontrados na medição inicial. Por fim, a medição 2 demonstra o processo melhorado com relação à medição inicial.

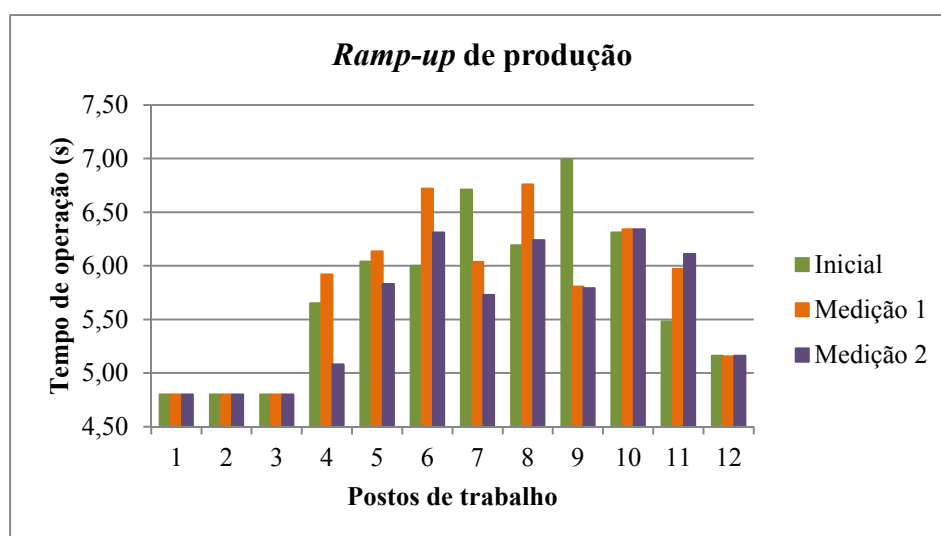


Figura 2 – Gráfico de ramp-up de produção

4. Resultados e discussões

A figura 3 demonstra a evolução da meta durante o processo piloto, os ajustes no processo e o *ramp-up* de produção. Percebe-se que a meta parte de um valor extremamente baixo estimado durante o processo piloto, há um aumento progressivo durante os ajustes e atinge seu valor máximo após o *ramp-up* de produção.

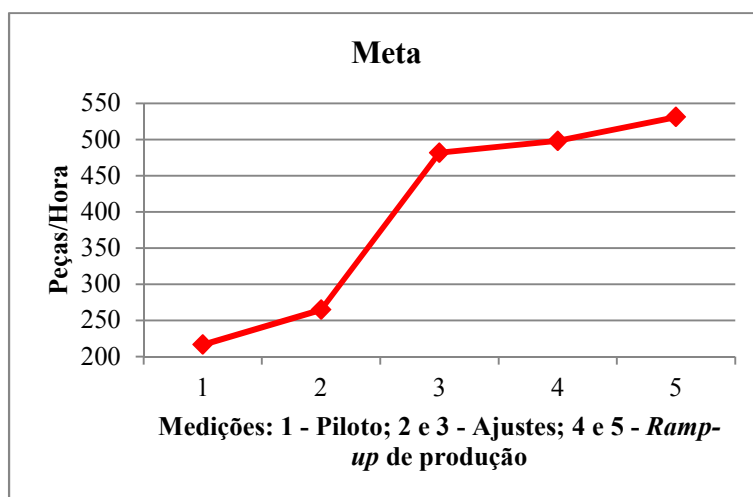


Figura 3 – Gráfico de evolução da meta

Ao total, foram produzidas 30 mil unidades de baterias, divididas em cinco lotes de produção. A Tabela 5 demonstra o cálculo de custo estimado de produção. O ajuste de processo e o *ramp-up* de produção foram realizados durante a produção desses lotes e, portanto, cada lote foi produzido com uma meta diferente. A partir de então, foram calculados a quantidade de horas necessárias para a produção e o custo de mão-de-obra direta e indireta. Para fins de cálculos, foram utilizados os valores de R\$15,00 como sendo o custo da hora trabalhada por operador direto alocado no processo produtivo e o valor de R\$19,00 como sendo o custo da hora trabalhada por operador indireto alocado no processo produtivo. A empresa adota o valor padrão de um operador como mão-de-obra indireta em todos os processos produtivos e esta função é desempenhada pelo líder de produção no acompanhamento da linha.

Lote	Qtd. a ser produzida	Meta (pc/h)	Horas de trab. necessárias	MO direta	MO indireta	Custo de MO direta (R\$)	Custo de MO indireta (R\$)	Custo total de produção (R\$)
I	497	216	2,30	17	1	586,74	43,72	630,45
II	4000	265	15,09	16	1	3.622,64	286,79	3.909,43
III	1000	482	2,07	17	1	529,05	39,42	568,46
IV	5158	498	10,36	17	1	2.641,14	196,79	2.837,94
V	19283	531	36,31	17	1	9.260,20	689,98	9.950,17

Fonte: Os autores

Tabela 5 – Custo teórico de produção

Em resumo, o custo total estimado para a produção dos cinco lotes foi de R\$ 17.328,00. A Tabela 6 demonstra os valores reais obtidos após a produção de cada lote, como o tempo real gasto na produção, o índice de reprovos, que ocorre quando uma peça é danificada durante o processo produtivo, e o índice de retrabalho, que ocorre quando uma peça é montada de forma errada ou necessita de reparos. Com base nas horas de produção, os custos de mão-de-obra direta e indireta foram recalculados.

Lote	Horas reais trab.	Qtd. produzida	Índice de reprovos (%)	Índice de retrab. (%)	MO direta	MO indireta	Custo de MO direta (R\$)	Custo de MO indireta (R\$)	Custo total de produção (R\$)
I	2,00	497	0,00	0,00	17	1	510,00	38,00	548,00
II	11,35	4000	0,48	1,90	17	1	2.894,25	215,65	3.109,90
III	2,25	1000	0,00	1,10	16	1	540,00	42,75	582,75
IV	12,53	5158	0,83	2,11	17	1	3.195,15	238,07	3.433,22
V	40,24	19345	0,36	1,81	17	1	10.261,20	764,56	11.025,76

Fonte: Os autores

Tabela 6 – Custo real de produção

O custo real de produção foi de R\$18.699,63. Assim, a diferença entre o custo real e o custo teórico é de R\$1.371,63. A partir da Tabela 6, também pode-se observar que o índice de reprovos e o índice de retrabalho se mantêm baixos durante a produção de todos os lotes, demonstrando que a aplicação do estudo de movimentos e tempos no processo contribuem para que estes índices não apresentem grandes variações.

Por fim, caso os ajustes iniciais e o *ramp-up* de produção não tivessem sido aplicados, as 30 mil peças iniciais seriam produzidas com uma meta de produção de 216 peças/hora, 17 operadores diretos e 1 operador indireto, o que geraria um custo de produção aproximado de R\$38.685,94. A diferença entre o custo de produção sem os ajustes e o custo real de produção é de R\$19.986,31. Deste modo, pode-se dizer que a aplicação do estudo de tempos e movimentos para ajuste no processo em questão proporcionou uma economia aproximada de R\$19.986,31 na produção de 30 mil unidades de bateria para celular.

5. Conclusão

Os conceitos do estudo de movimentos e tempos foram aplicados durante o processo de criação do processo produtivo, passando pelas quatro fases principais citadas por Barnes (2008). Inicialmente, houve a definição do problema, determinando como as baterias seriam produzidas através do processo piloto. Então, foram identificados os postos de trabalho com maior tempo de operação e também os postos que causavam fadiga no operador mais rapidamente que os outros e estes foram ajustados de modo a se diminuir o tempo de operação e a reduzir a fadiga dos operadores. Após a fase de ajustes, o registro do processo foi alterado para que a documentação se tornasse coerente e houvesse a padronização da divisão das atividades e do tempo-padrão.

Segundo a análise de meta, pode-se afirmar que o estudo de movimentos e tempos contribui diretamente para que a produtividade seja aumentada, pois é através da escolha do melhor método de trabalho que os tempos de operação são reduzidos. Inicialmente, a meta estimada

durante o processo piloto foi de 216 peças/hora, aumentou para 482 peças/hora durante os ajustes e finalizou a fase de *ramp-up* de produção em 531 peças/hora.

Segundo a análise de custos, pode-se afirmar que o estudo de movimentos e tempos contribui diretamente para que os custos relativos à mão-de-obra sejam reduzidos, uma vez que os tempos de operação são reduzidos e uma mesma quantidade de operadores consegue produzir mais peças por hora. Estima-se que a economia gerada pela aplicação do estudo de movimentos e tempos foi de R\$19.986,31 em relação à sua não aplicação.

A empresa adota uma política de melhoria contínua nos processos produtivos. Assim, os processos podem passar por ajustes e revisão de meta sempre que houver um lote em produção ou quando for identificada uma oportunidade de melhoria pela Engenharia de Processos, pelos operadores, líderes de produção e gerentes. Este fator contribui para que as todas tarefas e postos de trabalho estejam em constante revisão, visando a redução do tempo-padrão, o aumento de produtividade e a redução de custos relativos à mão-de-obra.

Referências

BARNES, R.M. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. 6.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2008.

BORTOLI, H.W. *Aplicação da cronoanálise para melhoria do processo de suprimento da linha de montagem de uma empresa de grande porte do ramo agrícola*. Horizontina: FAHOR, 2013. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Producao/2013/Pro_Henrique.pdf>. Acesso em: 16 set. 2018.

CAETANO, M.E.C.S.; OLIVEIRA, C.H.; BRITO, M.L.A.; SANTIAGO, H.R.; SANTOS, A.C.O. *Análise do impacto da utilização da cronoanálise nas atividades do planejamento e controle da produção: um estudo de caso em uma siderúrgica*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. Anais eletrônicos... João Pessoa: ENEGEP, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_318_30485.pdf>. Acesso em: 17 set. 2018.

CRUZ, J.M. *Melhoria do tempo-padrão em uma indústria de montagem de equipamentos eletrônicos*. Juiz de Fora: UFJF, 2008. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2008_3_Juliana-Martins.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

GIL, A.C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

JESUS, W.G.M. *Análise do processo de adequação da usina de Conceição I*. Porto Alegre: UFRGS, 2017. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/180143>> Acesso em: 20 set. 2018.

LAKATOS, E.M; MARCONI, M.A. *Metodologia científica*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SCHMIDT, A.V. *Mapeamento de processos e análise de tempos e movimentos em uma indústria do setor metal mecânico*. Santa Maria: UFSM, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/2599/SCHMIDT_Andrei_Vogt.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 set. 2018.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

STAUDER, J; BUCHHOLZ, S.; KLOCKE, F.; MATTFELD, P. *A new framework to evaluate the process capability of production technologies during production ramp-up*. In: International Conference on Ramp-up Management, 2., 2014, Aachen. Anais eletrônicos... Aachen: Elsevier, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114007768>>. Acesso em 20 set. 2018.

VIANNA, C.T. *Classificação das Pesquisas Científicas: Notas para os alunos*. Florianópolis, 2013, 2p. Disponível em: <<http://www.tabajara.tv/wp/wp-content/uploads/2016/01/MY-Classifica%C3%A7%C3%A3o-dos-tipos-de-pesquisa-QUADRO-RESUMO-V31.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2018.