

Panorama bibliográfico de *Methods Time Measurement* aplicado a engenharia

Bibliographic overview of *Methods Time Measurement* applied to engineering

Rafaela Heloisa Carvalho MACHADO [1](#); Renata PELISSARI [2](#); Caroline Kuhl GENNARO [3](#); Everton Dias de OLIVEIRA [4](#)

Recebido: 12/09/2017 • Aprovado: 10/10/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Metodologia](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusões](#)

[Referências bibliográficas](#)

RESUMO:

Methods-time measurement (MTM) é um dos Sistemas de Tempos Pré-determinado mais utilizado no mundo. Sua aplicação pode trazer benefícios como mensuração e previsão de processos. Visando estimular a aplicação do MTM, este artigo analisa a literatura referente a sua aplicação relacionada à engenharia. Como resultados, são apresentados dados como cronologia, artigos mais citados e palavras chave mais utilizadas.

Adicionalmente, são relacionadas oito áreas de aplicação do MTM na engenharia, fornecendo um panorama geral de sua utilização.

Palavras chave *Methods-time measurement*; Engenharia; Sistemas de tempos pré-determinados

ABSTRACT:

Methods-time measurement (MTM) is one of the most widely used Pre-determined Time Systems in the world. Its application can bring benefits such as process measurement and forecasting. Aiming to stimulate the application of MTM, this article analyzes the literature regarding its application related to engineering. As results, data such as chronology, most cited articles and most used key words are presented. In addition, eight MTM application areas in engineering are presented, providing an overview of its use.

Keywords: *Methods-time measurement*; Engineering; Pre-determined time systems;

1. Introdução

Methods-Time Measurement (MTM) é um dos métodos que podem ser aplicados visando o estudo do trabalho e do tempo de processos e operações industriais (BEÑO *et al.*, 2013). O MTM é formado por um sistema de tempos pré-determinados desenvolvido em 1946. Segundo

sua definição, o tempo necessário para a realização de uma atividade em análise, irá depender do método aplicado em sua execução (KUHLANG *et al.*, 2011).

O MTM é um dos sistemas de tempos pré-determinado mais utilizado no mundo, estabelecendo assim, um padrão internacional para o desempenho do trabalho. Sua utilização é usualmente aplicada para descrever, estruturar, projetar e planejar sistemas de trabalho (SUNK *et al.*, 2015).

A aplicação do método pode trazer benefícios como abordagem analítica, criação de potenciais melhorias, mensuração e previsão de processos (BEÑO *et al.*, 2013). Na indústria, os objetivos de sua aplicação estão frequentemente ligados à padronização e otimização da eficiência de trabalho (KUO & WANG, 2009).

Outros métodos de coleta de dados como a cronometragem, podem induzir a erros originados por impressões subjetivas (NAKAYAMA *et al.*, 2002). Em contrapartida, os tempos normativos do MTM foram determinados por meio da utilização de métodos estatísticos, focalizando na inserção das grandezas de influência no sistema como informações do pedido de produção, produtividade, organização do material, local de trabalho e tolerância em relação às distâncias (BEÑO *et al.*, 2013), gerando assim, um método confiável e padronizado (KUHLANG *et al.*, 2011).

A principal motivação para esta pesquisa é analisar a literatura referente ao uso do MTM aplicado à engenharia, para estimular a aplicação do método na indústria e no meio acadêmico, uma vez que não foram identificadas pesquisas com este intuito.

Neste sentido, este estudo objetiva caracterizar as publicações acadêmicas de âmbito internacional relacionadas à aplicação do MTM na área de engenharia referentes a: cronologia das publicações, países e universidades nos quais os estudos foram originados, principais periódicos da área, destaques em termos de autores e de publicações mais citadas e palavras-chave mais abordadas. Além destes destaques, as principais áreas de aplicação do tema em análise são identificadas relacionando o conteúdo dos artigos explorados neste estudo.

O artigo é estruturado em cinco seções considerando: (1) introdução, (2) referencial teórico referente ao MTM; (3) método de pesquisa; (4) apresentação e análise dos resultados obtidos; (5) análise da literatura e identificação de vertentes de pesquisa; e (6) conclusões e recomendações para pesquisas futuras.

1.1. Methods Time Measurement

A produtividade dos processos é influenciada por fatores relacionados ao nível de performance disponível, escala de utilização de recursos e, principalmente, ao projeto do método de trabalho (SUNK *et al.*, 2015), no qual, o MTM se aplica.

Segundo Kuhlman *et al.* (2011), a utilização do MTM oferece uma base para a mensuração da produtividade, que é uma medida base para o planejamento e controle de processos e identificação das deficiências da organização.

O MTM possibilita a análise de qualquer operação manual ou método por meio da descrição, estruturação, planejamento e análise do trabalho, utilizando seu sistema de movimentos tabelados e os tempos estabelecidos (BEÑO *et al.*, 2013).

A cada movimento, é associado um padrão de tempo pré-determinado, que é estipulado pela natureza da tarefa e pelas condições sob as quais ela é realizada (MAYNARD *et al.*, 1948). Por meio do desdobramento das atividades e da determinação do tempo padrão para a realização dos movimentos básicos, é possível compor o tempo do movimento completo.

Desta maneira, o MTM proporciona a descrição cronológica dos métodos de trabalho e o tempo de operação. Sua aplicação proporciona que as mudanças simuladas ou aplicadas nos processos possam ser quantificadas em relação ao tempo de operação e, com base nessas informações, as alterações de custo de processo possam ser calculadas (KUHLANG *et al.*, 2011).

O sistema de tempos pré-determinados pode ser utilizado com finalidades diversificadas, sendo mais comum, sua aplicação visando a otimização e racionalização de atividades e locais de trabalho (BEÑO *et al.*, 2013). Durante a análise do MTM, é possível observar uma grande quantidade de movimentos que não agregam valor ao produto (BARALDI & KAMISNK, 2011), criando assim, condições para a melhoria dos processos e diminuição dos custos de produção.

Além desta aplicação, os tempos definidos pelo método são frequentemente utilizados para determinar taxas de trabalho na indústria (DI GIRONIMO *et al.*, 2012), proporcionando assim, um padrão de comparação para um processo já em andamento. Ao comparar os tempos cronometrados na linha de produção com os tempos definidos pelo MTM, um gestor pode visualizar as áreas que possuem maior necessidade de melhorias.

Durante a concepção e detalhamento de um processo, a aplicação do MTM possibilita a determinação da capacidade de produção de uma máquina ou linha de montagem. Adicionalmente, o método pode auxiliar na definição do espaço e do número de pessoas necessárias para a implantação de uma nova linha de produção.

Assim, o MTM proporciona uma visualização prévia das condições do processo antes de sua implementação, proporcionando a otimização do mesmo por meio de alterações de projeto durante a etapa de concepção, sem custos de implantação.

O método MTM se encontra em contínuo desenvolvimento e tem se adequado as mudanças dos processos produtivos. Conseqüentemente, surgiram diversos sistemas de análise seguindo a metodologia MTM. Segundo BEÑO *et al.*, (2013), os sistemas e sua descrição podem ser apresentadas como:

- MTM-1: modelo original do MTM apresentando informações básicas e detalhadas, que proporcionaram o desenvolvimento dos métodos seguintes;
- MTM-2: sistema aplicável a produções em massa com elevado grau de repetição;
- MTM-UAS: sistema aplicável a sistema de produção por batelada com repetição;
- MTM-MEK: aplicável para a fabricação de peças customizadas e lotes pequenos de produção sem repetição;
- MTM-ERGONOMICS: sua metodologia busca a consideração da carga física de trabalho no planejamento da produção;
- MTM-LOGISTICS: sua aplicação deve ser realizada para processos logísticos, contribuindo para a organização, criação e análise dos processos.

Dentre os sistemas MTM, os mais conhecidos e utilizados são o Método Básico MTM-1, MTM - UAS e MTM-MEK, sendo, por isso, considerados os sistemas mais importantes (KUHLANG *et al.*, 2011). Métodos MTM como UAS e MEK, oferecem componentes de processo agregados, criados para facilitar a implementação do método no meio empresarial (BEÑO *et al.*, 2013). Estes componentes são denominados Dados Padrão e possuem uma quantidade de trabalho definida, desenvolvida para a aplicação do método em produções em massa e por batelada (KUHLANG *et al.*, 2011).

Apesar de ser um método de fácil entendimento, as análises MTM devem ser implementadas por profissionais devidamente qualificados para evitar o estabelecimento de resultados incorretos (BEÑO *et al.*, 2013), que podem afetar a obtenção dos benefícios proporcionados pelo sistema.

2. Metodologia

Os objetivos da pesquisa serão abordados de maneira descritiva por meio da análise bibliométrica (também conhecida como bibliometria). Segundo Fahimnia *et al.* (2015), a análise bibliométrica pode fornecer estatísticas de dados como cronologia, revistas, afiliação institucional, palavras-chave e autores.

Identificar os principais pesquisadores em diferentes regiões geográficas pode ser útil para

estudantes e profissionais interessados na aplicação de pesquisas relacionadas à aplicação de MTM na área de engenharia. Além da bibliometria, análises de literatura foram aplicadas na identificação das principais áreas de pesquisa e correlação dos conteúdos.

A fim de identificar artigos relevantes sobre MTM aplicado a engenharia, foram analisadas as fontes de material acadêmico disponíveis. O banco de dados Scopus foi escolhido para embasar este estudo por abranger mais de 15.000 periódicos indexados, aceitar e publicar mais de 250.000 artigos por ano e ser reconhecido como fonte confiável para estudos acadêmicos.

A seleção dos artigos foi realizada utilizando o campo "título, resumo, palavras-chave" na base de dados Scopus, utilizando como palavra chave o termo "*Methods-time measurement*". Nesta busca, foram encontrados 104 documentos. Em seguida, o escopo da busca foi limitado, selecionando apenas artigos escritos no idioma Inglês, excluindo assim capítulo de livros, revistas e artigos de conferências. Como resultados da seleção foram destacados 64 artigos.

Em seguida, o Scopus exibiu as 10 áreas (campos disciplinares) que mais contribuíram para esse banco de dados, sendo estas, apresentadas na Figura 1. Vale ressaltar que um artigo pode estar listado em mais de um campo disciplinar, dependendo das áreas de contribuição identificadas pela Scopus.

Com o intuito de atender ao escopo do estudo, a seleção foi limitada aos artigos referentes ao campo disciplinar de "Engenharia", resultando em 42 artigos selecionados, os quais foram analisados neste estudo. A Figura 2 apresenta o esquema do critério de seleção de artigos da pesquisa.

A abordagem de pesquisa pode ser dividida em duas etapas como apresentado na Figura 3. A primeira etapa definida como análise bibliométrica fornece dados numéricos referentes a gama de artigos em análise. A segunda etapa refere-se à revisão dos artigos, denominada como análise de literatura. Nesta etapa, o conteúdo de todos os artigos foi analisado e relacionado para a determinação de áreas de aplicação de pesquisas.

3. Resultados

3.1. Análises bibliométricas

Esta seção apresenta as estatísticas obtidas a partir do estudo bibliométrico. A Figura 4 caracteriza a evolução da quantidade de trabalhos publicados, em periódicos internacionais, sobre o tema ao longo do tempo. Percebemos pelo gráfico que o estudo mais antigo exposto pela base de dados Scopus teve sua publicação no ano de 1974. Considerando que o período de surgimento do método MTM (década de 50) é anterior a esta data, supõe-se que haja estudos anteriores a este período, porém, estes não estão inseridos na base de dados utilizados neste estudo. Pela análise da Figura 4 percebe-se que o tema apresentou um pico de publicações no ano de 1986, retornando como tendência em 2010 e 2011.

A Tabela 1 mostra a quantidade de publicações relacionadas ao tema de pesquisa nos periódicos com mais de dois artigos na área. As sete revistas destacadas são responsáveis pela publicação de 55% dos artigos referentes à aplicação de MTM na engenharia. Durante a análise das publicações a aplicação do MTM com foco em análises e melhorias ergonômicas foi relatada em diversos artigos, justificando o destaque da revista *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*.

Os países que mais contribuíram para a pesquisa são Estados Unidos, Japão e Alemanha, como mostrado na Tabela 2. Estes países realizaram 30 das 42 publicações analisadas neste estudo. Este valor representa 71,5 % do total de publicações analisadas.

A Tabela 3 apresenta as sete principais instituições ligadas a pesquisas da área. Entre os destaques, verifica-se que entre estas instituições, quatro são localizadas nos Estados Unidos, sendo elas: *University of Cincinnati*, *Georgia Southern University*, *Pennsylvania State University* e *Western Michigan University*.

Os autores com maior número de publicações na área são apresentados na Tabela 4, sendo que quatro autores se destacaram com o maior número de publicações.

Para caracterizar as publicações mais referenciadas segundo a base de dados Scopus, foram destacadas as cinco publicações com maior quantidade de citações, como mostra a Tabela 5.

A Tabela 6 mostra as palavras-chave mais utilizadas no escopo de artigos estudados. Somente as palavras com mais de quatro ocorrências foram selecionadas. Desta forma, 12 palavras-chave foram destacadas como as mais utilizadas pelos autores.

3.2. Análise de conteúdo

Por meio da análise dos artigos e das palavras-chave mais utilizadas nos estudos identificaram-se vertentes de pesquisa abordando o MTM na engenharia. Entre estas vertentes este estudo destaca nove tópicos, sendo eles: análise do método; manutenção; ergonomia; simulação virtual; logística; produtividade; linhas de montagem, softwares e projeto de trabalho. A Tabela 7 mostra a classificação dos artigos entre as áreas identificadas.

Análise do método

O método MTM, como outros sistemas de tempo pré-determinados, têm sua aplicação e estrutura questionadas pela literatura. Kothiyal e Kayis (1995), por exemplo, questionam a eficiência do MTM, relatando que o método registra o tempo das atividades de forma subestimada, determinando um tempo mais curto do que o necessário para a realização das tarefas. Os autores conduzem testes que embasam suas afirmações e conclusões. Knott e Sury (1986), no entanto, encontram em seus experimentos valores menores e maiores do que os tabelados pelo MTM.

Bedny *et al.* (2015) alega que o MTM-1 pode ser aplicado para analisar componentes comportamentais do trabalho. Entretanto, os autores afirmam que primeiramente devem ser analisadas as estratégias de desempenho e organização lógica do trabalho para, posteriormente, realizar a análise do tempo pré-determinado para a realização de uma atividade.

Os métodos MTM-2 e MTM-3 possuem restrições de tempo mínimo de ciclo para sua aplicação. Esta restrição é analisada por Knott e Sury (1986), concluindo que o não cumprimento dos requisitos de tempo mínimo de ciclo nas atividades de trabalho analisadas não afeta a validade dos valores estabelecidos pelo MTM. Ainda segundo os autores, a escolha da metodologia de MTM influencia na rapidez da aplicação do método, no entanto, os dados definidos permanecem com uma precisão similar.

Apesar destes questionamentos quanto à precisão do MTM, existem valores comumente aceitos para a variação da precisão dos métodos a cada 36 segundos considerando 95% de confiança, sendo estes valores: MTM-1 ($\pm 6,4\%$), MTM-2 ($\pm 13\%$) e MTM-3 ($\pm 19\%$) (GENAIDY *et al.*, 1990).

Garg e Saxena (1982) estudam a frequência máxima aceitável de movimentos de ascensão realizadas por um operador. Os valores obtidos são comparados aos estabelecidos pelo MTM para a comparação entre a frequência determinada no estudo e a fornecida pelo MTM. Di Gironimo *et al.* (2012) propõe a melhoria do método pela inclusão de análises de postura e esforço no MTM-UAS, visando a implantação de análises ergonômicas.

Manutenção

As atividades de manutenção são comumente formadas pelas etapas de desmontagem e montagem que podem ser representadas pelos movimentos tabelados pelo MTM, apresentando assim diversas aplicações relacionadas ao tema. Desai e Mital (2010 a) desenvolveram um método de análise das operações de manutenção por meio de sua divisão em atividades básicas e numéricas, baseado no MTM. Por meio destas avaliações, é possível avaliar a estrutura da operação de manutenção de forma objetiva e determinar a melhor

sequência em termos de tempo de execução e complexidade.

Desai e Mital (2011) apresentam uma metodologia de projeto de produto voltada para a manutenção, visando à diminuição dos custos como consequência do aumento de produtividade no setor de manutenção. Nesta metodologia, o MTM é abordado para mensurar e avaliar o tempo necessário para completar as atividades de manutenção.

No estudo de Cakmakci e Karasu (2007), o MTM é aplicado em integração a conceitos de Manufatura Enxuta, visando padronizar e descrever um método otimizado de Troca Rápida de Ferramentas (*Single minute exchange of dies*), buscando a diminuição do tempo de troca de máquina (*setup*).

Apesar de sua frequente aplicação, Di Gironimo *et al.* (2012) afirma que o método MTM-UAS não é uma abordagem ótima para mensurar os tempos de manutenção, visto que o método não leva em consideração os fatores ergonômicos. Segundo Desai e Mital (2010 a), este quesito se torna crítico nas atividades de manutenção, devido à intensidade das atividades relacionadas à área.

Ergonomia

Os métodos tradicionais de aplicação do MTM não abordam análises ergonômicas dos postos de trabalho (CHRISTMANSSON *et al.*, 2000), apesar de oferecerem uma detalhada análise das atividades. Como consequência, estudos que aliam o MTM a ergonomia são frequentes na literatura como Desai e Mital (2010 a) e Di Gironimo *et al.* (2012), que incorporam análises ergonômicas à aplicação do MTM na área de manutenção.

DAS *et al.* (2007) aplica o MTM junto a análises ergonômicas e projeto de trabalho. Neste estudo, as análises de MTM são implementadas para eliminar movimentos desnecessários e aprimorar a sequência de movimentos necessários para o cumprimento das atividades. Christmansson *et al.* (2000), propõe e aplica um método de análise ergonômica baseado no MTM, que determina as posições de trabalho expostas a grande estresse físico.

Os efeitos de fatores ergonômicos no tempo de ciclo de produção são estudados por Kothiyal e Kayis (1995) e Finneran e O` Sullivan (2010). Kothiyal e Kayis (1995) comparam os tempos de ciclo observados no estudo aos tempos tabelados pelo MTM. Nesta comparação, os tempos tabelados apresentam um tempo menor para completar as atividades. Baseado nesta comparação, os autores questionam a eficiência do MTM e indicam que a incorporação do efeito de fatores ergonômicos nas análises melhoraria a efetividade dos tempos de ciclo determinados.

Finneran e O` Sullivan (2010) consideram que o MTM oferece limitações relativas a fatores de risco ergonômicos, como postura e força. Devido a estas considerações, as análises de tempo de ciclo do estudo não são embasadas pelo método MTM.

Simulação virtual

O sistema MTM fornece uma semântica intuitiva para descrever movimentos operacionais e a sua utilização como fonte de informações e como padrões de movimentos garante a qualidade dos dados de entrada e saída da representação do movimento humano virtualmente, podendo por isso, ser abordado em sistemas de movimentos animados (KUO e WANG, 2009) como o *Digital Human Model* (DHM). Este tipo de sistema simula movimentos humanos para avaliação ergonômica de postos de trabalho por meio de análises virtuais.

Kuo e Wang (2009) desenvolveram um DHM baseado nos movimentos e tempos determinados pelo MTM. O estudo de Kuo e Wang (2012) também trabalha com este sistema, ressaltando que ele proporciona prototipagem virtual, linguagem intuitiva, especificação do MTM e geração de movimentos.

Os sistemas de DHM analisam os movimentos de forma agregada, considerando as dimensões de, em média, 95% da população. Devido a esta restrição, Ma *et al.* (2010) propõe uma abordagem para analisar de forma virtual o movimento individual de cada operador, utilizando

os movimentos definidos pelo MTM. Neste trabalho, os movimentos realizados pelo operador são simulados virtualmente e, em seguida, analisados quanto ao tempo pré-determinado para a sua realização. Com isso, a eficiência do movimento pode ser determinada de acordo com a comparação entre tempo de realização do movimento e tempo tabelado.

Logística

O método *MTM - Logistics* foi desenvolvido para proporcionar a organização, criação e análise dos processos logísticos (BEÑO *et al.*, 2013). O método proporciona padrões para os processos logísticos como transporte e operações manuais (KUHLANG *et al.*, 2011). Dentro do escopo de artigos estudados, foram encontradas aplicações relacionadas à área, sendo os mais antigos publicados em 2011.

Beño *et al.* (2013) e Beño *et al.* (2013 a) detalham a análise de MTM em relação ao fluxo de materiais de um processo logístico, salientando os benefícios sociais da análise ergonômica e da efetiva utilização do tempo de trabalho, que podem ser proporcionados pela aplicação do MTM.

No estudo realizado por Sunk *et al.* (2015), a produtividade do processo logístico de embalagem é otimizada utilizando uma metodologia que integra o MTM ao Mapeamento de Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping, VSM*). Nesta integração, o MTM fornece dados para a análise de valor agregado das atividades e o dimensionamento de alternativas de trabalho.

Esta metodologia integrada é abordada com maior profundidade por Kuhlant *et al.* (2011), mostrando que o método proporciona, entre outros benefícios, a redução de *lead time* e o aumento da produtividade utilizando os princípios de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) e padronização de processos.

Além disso, Kuhlant *et al.* (2011) ressalta que o método de integração entre MTM e VSM também pode ser aplicado na avaliação de taxa de valor agregado, avaliação de processos logísticos, projeto ergonômico de postos de trabalho, comparações entre formatos de trabalho, balanceamento de linha e projeto de layout. Segundo o autor, a aplicação do método pode ser realizada tanto em processos logísticos, como nos processos produtivos, demonstrando no estudo a aplicação em um caso prático de uma linha de montagem.

Produtividade

Diversos estudos aplicam o MTM para o aumento da produtividade da operação buscando a racionalização do trabalho como Cakmakci e Karasu (2007), Das *et al.* (2007) e Takada e Kawamura (2016). Das (1986) criou um método de treinamento para produção repetitiva baseado no MTM, obtendo grande melhoria de desempenho e produtividade com sua aplicação.

Além destas aplicações, o MTM é uma abordagem que possibilita mensurar as melhorias de produtividade alcançadas por alterações de processos. Por este motivo, o método pode ser empregado para avaliar e validar a eficácia da aplicação de ferramentas de gestão, que visam à melhoria dos processos.

Como exemplos, podemos citar Thomas *et al.* (1974), que utiliza o MTM para validar o modelo de decisão elaborado no estudo, e Raouf *et al.* (1986) que aborda o MTM para comparar e validar o modelo desenvolvido para determinar o tempo de realização de movimentos giratórios.

Baraldi e Kaminski (2011) comparam duas linhas de produção com investimentos ergonômicos diferentes. Neste estudo, os autores utilizam o MTM para determinar o tempo de trabalho em cada uma das linhas e, assim, comparar o ganho em competitividade obtido pelo aumento dos investimentos ergonômicos.

Paul e Nof (1979) criaram uma metodologia que estabelece um sistema virtual de tempos pré-determinados para analisar os movimentos de robôs com o intuito de comparar a eficiência de robôs ao trabalho de operadores, mensurado pelo MTM.

Softwares

Os sistemas de tempos pré-determinados foram abordados para a criação de sistemas virtuais (KUO & WANG 2009; KUO & WANG, 2012). Porém, existem softwares específicos para a análise de tempo de operação que recebem foco nos estudos de Wygant (1989) e Genaidy *et al.* (1990). Wygant (1989) compara estes softwares ressaltando que a escolha do método de determinação de tempos pré-determinados deve ser feita de acordo com as características e objetivos da empresa, considerando também, as peculiaridades da operação.

Genaidy *et al.* (1990) também realiza uma avaliação dos softwares de tempos pré-determinados. No entanto, o autor apresenta uma análise mais profunda em relação às vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas avaliados.

Linhas de montagem

A aplicação do sistema MTM possibilita análises de operações como montagem, desmontagem, levantamento, manuseio de ferramentas e outras atividades auxiliares. No entanto, para uma aplicação correta da análise de movimentos deve-se garantir que as atividades em estudo podem ser adequadamente descritas pelos movimentos definidos como padrão no método determinado no estudo (KUO & WANG, 2009).

As aplicações do MTM em operações de montagem apresentam na literatura diversas aplicações (KOTHIYAL & KAYIS, 1995; KANAI *et al.*, 1996; TSENG & TANG, 2006; BERALDI & PAULO, 2011). As operações de desmontagem também podem ser representadas pelo MTM como mostrado por Kernbaum *et al.* (2009). Além disso, as aplicações nas atividades de montagem e desmontagem dos processos de manutenção também se mostram frequentes.

Desai e Mital (2010 b) apresentam uma metodologia de Projeto para Montagem (Design for Assembly, DFA), utilizando os movimentos definidos no MTM. Segundo os autores, a metodologia proporciona que a montagem seja facilitada ainda na etapa de desenvolvimento de produtos. Luring *et al.* (1985) determina uma abordagem para definir a carga de trabalho para linhas de montagem baseada nos tempos pré-determinados do MTM e do método Fator de Trabalho.

Projeto de trabalho

Métodos que possibilitam o detalhamento da atividade humana agregam informações úteis nas atividades de projeto e desenvolvimento de processos, contribuindo para a eficiência das atividades de trabalho definidas (BEDNY & HARRIS, 2013). A geração e simulação dos movimentos manuais, proporcionados por aplicações do MTM em softwares, aumenta a flexibilidade da estrutura de trabalho definida para um processo, porque ela proporciona mais agilidade para responder as demandas por alterações nos processos de manufatura, trazendo mais eficiência de adaptação ao projeto de trabalho (KUO & WANG, 2012).

Diversas pesquisas abordam o MTM com a finalidade de projetar e otimizar linhas de produção de acordo com suas especificações (DAS *et al.*, 2007; DERSAI & MITAL, 2010 b; KUHLUNG *et al.* 2011; BEDNY & HARRIS, 2013), podendo assim, diminuir a lacuna entre o desenvolvimento e a manufatura de produtos. Segundo Ma *et al.* (2010), uma linha de trabalho bem projetada pode melhorar a eficiência e qualidade do trabalho, aumentar a segurança e diminuir custos.

Tseng e Tang (2006) propõe um método de planejamento e balanceamento de uma linha de montagem para atender as especificações do produto antes do início da produção. Os autores utilizam o MTM para determinar o tempo necessário para as atividades e, assim, selecionar a melhor sequência de montagem.

Os sistemas DHM desenvolvidos e aplicados por Kuo e Wang (2009) e Kuo e Wang (2012) também colaboram de maneira efetiva para o desenvolvimento de novos processos. Estes sistemas podem ser integrados ao gerenciamento do ciclo de vida de produtos para projetar e analisar linhas de produção e, assim, diminuir o tempo de desenvolvimento de produtos e facilitar o projeto colaborativo.

4. Conclusões

Conforme o objetivo do estudo de analisar a literatura relacionada a aplicações de MTM considerando suas aplicações na engenharia, conclui-se que:

- As pesquisas relacionadas ao MTM tiveram seu pico nos anos de 1986, 2010 e 2011, entre demais períodos o volume de pesquisas publicadas permaneceu parcialmente constante;
- Os periódicos com o maior volume de publicações da pesquisa foram *International Journal of Production Research* e *Human Factors And Ergonomics In Manufacturing*.
- Foram identificadas nove áreas de pesquisa nas quais o MTM foi aplicado, sendo elas: análise do método; manutenção; ergonomia; simulação virtual; logística; produtividade; linhas de montagem, softwares e projeto de trabalho;
- As palavras-chave mais utilizadas entre os artigos analisados confirmam a identificação das áreas de pesquisa realizada no estudo;
- Não foram identificados artigos de revisão sistemática ou bibliometria relacionadas ao MTM;

Em pesquisas futuras podem ser exploradas as aplicações do método MTM em outras áreas como humanas e computacionais utilizando a mesma abordagem ou abordagens alternativas.

Referências bibliográficas

- Baraldi, E. C., & Kaminski, P. C. (2011). Ergonomic planned supply in an automotive assembly line. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 21(1), 104-119.
- Bedny, G. Z., & Harris, S. R. (2013). Safety and reliability analysis methods based on systemic-structural activity theory. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of risk and reliability*, 227(5), 549-556.
- Bedny, G. Z., Karwowski, W., & Voskoboynikov, F. (2015). Application of Standardized Motions in Temporal Analysis of Work Activity. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 25(4), 469-483.
- Beňo, R., Hrdinová, G., Sakál, P., & Šmida, L. (2013). The Time Analysis of Material Flow with Methods Time Measurement Contribution to CSR Implementation at the Level of Industrial Production I. *Applied Mechanics and Materials*, 309, 302-308.
- Beňo, R., Hrdinová, G., Sakál, P., & Šmida, L. (2013 a). The Time Analysis of Material Flow with Methods Time Measurement Contribution to CSR Implementation at the Level of Industrial Production II. *Applied Mechanics and Materials*, 309, 309-315.
- Cakmakci, M., & Karasu, M. K. (2007). Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(3-4), 334-344.
- Christmansson, M., Falck, A. C., Amprazis, J., Forsman, M., Rasmusson, L., & Kadefors, R. (2000). Modified method time measurements for ergonomic planning of production systems in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4051-4059.
- Das, B. (1986). Operator training in a repetitive production task—a comprehensive approach. *International journal of production research*, 24(6), 1427-1437.
- Das, B., Shikdar, A. A., & Winters, T. (2007). Workstation redesign for a repetitive drill press operation: a combined work design and ergonomics approach. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 17(4), 395-410.
- Dempsey, P. G., Mathiassen, S. E., Jackson, J. A., & O'Brien, N. V. (2010). Influence of three principles of pacing on the temporal organisation of work during cyclic assembly and disassembly tasks. *Ergonomics*, 53(11), 1347-1358.
- Desai, A. A., & Mital, A. (2010 a). Facilitating design for assembly through the adoption of a proactive design methodology. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, 17(2).
- Desai, A. A., & Mital, A. (2010 b). Improving maintainability of products through the adoption of

a comprehensive DfX Methodology. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, 17(2).

- Desai, A.A., & Mital, A. (2011). Simplifying the product maintenance process by building ease of maintenance into the design. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 9(4), 434-454.
- Di Gironimo, G., Di Martino, C., Lanzotti, A., Marzano, A., & Russo, G. (2012). Improving MTM-UAS to predetermine automotive maintenance times. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 6(4), 265-273.
- Fahimnia, B., Sarkis, J., Davarzani, H. (2015): Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Economics*, vol 162, p. 101-114.
- Garg, A. K., Venkateswaran, J., & Son, Y. J. (2009). Generic interface specifications for integrating distributed discrete-event simulation models. *Journal of Simulation*, 3(2), 114-128.
- Garibaldo, F. (2008). A company in transition: Fiat Mirafiori of Turin. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 8(2), 185-193.
- Genaidy, A. M., Agrawal, A., & Mital, A. (1990). Computerized predetermined motion-time systems in manufacturing industries. *Computers & Industrial Engineering*, 18(4), 571-584.
- Kanai, S., Takahashi, H., & Makino, H. (1996). ASPEN: computer-aided assembly sequence planning and evaluation system based on predetermined time standard. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 45(1), 35-39.
- Kern, C., & Refflinghaus, R. (2013). Cross-disciplinary method for predicting and reducing human error probabilities in manual assembly operations. *Total Quality Management & Business Excellence*, 24(7-8), 847-858.
- Kernbaum, S., Franke, C., & Seliger, G. (2009). Flat screen monitor disassembly and testing for remanufacturing. *International Journal of Sustainable Manufacturing*, 1(3), 347-360.
- Knott, K., & Sury, R. J. (1986). An investigation into the minimum cycle time restrictions of MTM-2 and MTM-3. *IIE Transactions*, 18(4), 380-391.
- Kothiyal, K. P., & Kayis, B. (1995). Workplace design for manual assembly tasks: effect of spatial arrangement on work-cycle time. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1(2), 136-143.
- Kuhlang, P., Edtmayr, T., & Sihn, W. (2011). Methodical approach to increase productivity and reduce lead time in assembly and production-logistic processes. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(1), 24-32.
- Kuo, C. F., & Wang, M. J. (2009). Motion generation from MTM semantics. *Computers in Industry*, 60(5), 339-348.
- Kuo, C. F., & Wang, M. J. J. (2012). Motion generation and virtual simulation in a digital environment. *International Journal of Production Research*, 50(22), 6519-6529.
- Laurig, W., Kühn, F. M., & Schoo, K. C. (1985). An approach to assessing motor workload in assembly tasks by the use of predetermined-motion-time systems. *Applied ergonomics*, 16(2), 119-125.
- Ma, L., Zhang, W., Fu, H., Guo, Y., Chablat, D., Bennis, F., & Fugiwara, N. (2010). A framework for interactive work design based on motion tracking, simulation, and analysis. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(4), 339-352.
- Maynard, H. B., Stegemerten, G. J., & Schwab, J. L. (1948). Methods-time measurement.
- Nakayama, S. I., Nakayama, K. I., & Nakayama, H. (2002). A study on setting standard time using work achievement quotient. *International journal of production research*, 40(15), 3945-3953.

Metodista de Piracicaba.

2. Bacharel em Matemática pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências da Computação e Matemática Computacional pela Universidade de São Paulo.

3. Engenheira de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba

4. Engenheiro Eletricista pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 39 (Nº 04) Año 2018

[Índice]

[No caso de você encontrar quaisquer erros neste site, por favor envie e-mail para [webmaster](#)]

©2018. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados