



# **APLICABILIDADE DOS CONCEITOS DO *SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)* EM UM LABORATÓRIO DE TESTE DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA: ESTUDO DE CASO DA CÂMARA BLINDADA ANECÓICA - CBA<sup>1</sup>**

*Claiton Lima Marques<sup>2</sup>*  
*Eduardo Hidenori Enari<sup>3</sup>*

## **Resumo**

Entre os conceitos e ferramentas da Produção Enxuta está o *Single Minute Exchange of Die (SMED)*. Esta ferramenta caracteriza-se pela sua capacidade de reduzir o tempo de setup de máquina por meio da troca rápida de ferramenta. Assim sendo, este artigo tem objetivo de verificar a aderência dos conceitos do SMED aplicados ao processo de suporte à tecnologia da informação na operação e controle de uma Câmara Blindada Anecóica pertencente a um Laboratório de Integração e Testes de Satélites. Trata-se, portanto, de uma pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica e exploratória. Os resultados obtidos a partir deste trabalho revelaram melhorias no processo em que foi aplicado, entretanto, verificou-se a aderência parcial dos conceitos e ferramentas ao caso estudado.

**Palavras-chave:** Troca rápida de ferramenta; Tecnologia da informação; Setor aeroespacial.

## **APPLICABILITY OF THE CONCEPTS OF THE SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED) IN A LABORATORY OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE TESTING: A CASE STUDY OF ANECHOIC CHAMBER - CBA**

## **Abstract**

Among the concepts and tools of lean production is the *Single Minute Exchange of Die (SMED)*. This tool is characterized by its capacity to reduce setup time machine through the exchange of quick tool. Therefore, this article is to verify the observance of the concepts applied to the SMED process support for technology information in the operation and control of an Anechoic Chamber belonging to the Laboratory for Satellite Integration and Test. It is, therefore, a qualitative study of literature and exploratory. The results from this study showed significant improvements in the process that was applied, however there was a partial adherence of the concepts and tools to the case study.

**Keyword:** Single minute exchange of die (SMED); Technology information; Aerospace industry.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.*

<sup>2</sup> *Especialista em Administração de Marketing (INPE/UNITAU)*

<sup>3</sup> *Professor Doutor em Computação Científica (UNITAU)*



## 1 INTRODUÇÃO

O complexidade que envolve o desenvolvimento, a integração e os testes de satélites representa uma área sensível da indústria aeroespacial que trabalha com sistemas e subsistemas de alto valor agregado. O Brasil, por sua vez, há quase meio século trabalha no incremento de tecnologias de produto e serviço, bem como no desenvolvimento das competências humanas imperativas para domínio efetivo do ciclo de fabricação e integração de satélites artificiais.

Não obstante aos esforços dedicados à capacitação e ao aprimoramento do capital intelectual necessário ao setor aeroespacial, a indústria automobilística por sua vez, desenvolveu ao longo da história conceitos e ferramentas que em muito contribuíram para o sucesso deste seguimento, haja vista o fenômeno Toyota de Produção, sistema este que revolucionou o setor na década de 1970, caracterizado pelo forte ataque às fontes de desperdícios.

Assim como na indústria automobilística, o setor aeroespacial no Brasil precisa produzir mais “valor”, isso com recursos cada vez mais diminutos, ora em face do contingenciamento orçamentário, ora pela ineficiência do sistema.

Este artigo tem objetivo de aplicar e verificar a aderência dos conceitos do *Single Minute Exchange of Die (SMED)*, apresentar as melhorias de processo e os ganhos obtidos a partir da adoção da ferramenta, em um processo de suporte à tecnologia da informação no subsistema de controle e operação de uma Câmara de Testes de Interferência Eletromagnética. Para atingir o objetivo geral proposto foram identificados os seguintes objetivos específicos: a) elaboração de uma revisão da literatura acerca do SMED; b) verificação da aderência dos conceitos da metodologia na recuperação de sistemas computacionais; c) medição e avaliação das respostas dadas ao sistema após adoção da ferramenta.

## 2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho está pautado pela necessidade de se estabelecer a ponte entre o conhecimento acadêmico e a busca pela melhoria contínua de processos que envolvem a operação e o controle da Câmara Blindada Anecóica (CBA) do Laboratório de Integração e Testes de Satélites, de um Instituto Público de Pesquisa.

Entre os métodos e conceitos da Produção Enxuta está o *Single Minute Exchange of Die (SMED)*. Esta ferramenta caracteriza-se pela sua eficiência, por meio da qual realiza a redução de tempo de setup de máquina, trabalhando com o conceito de transferência e separação de elementos do setup interno para o setup externo.

A escolha da metodologia SMED está vinculada também à necessidade desta pesquisa em promover o diálogo acerca de um conceito consagrado na indústria automobilística, que de alguma forma possa ser aplicado no setor aeroespacial, contribuindo com a formação de novas competências.

## 3 REVISÃO DA LITERATURA

O conceito do *Single Minute Exchange of Die (SMED)* do idioma inglês, vem sendo estudado no meio acadêmico e na da indústria, haja vista a produção científica de autores como Conceição et al.;<sup>(1)</sup> Sugai, McIntoshi e Novaski;<sup>(2)</sup> Shingo<sup>(3)</sup> e Ohno.<sup>(4)</sup> Seus princípios são aplicados em aparelhos eletrodomésticos,

nos automóveis, nos aviões e até mesmo e nos serviços do dia-a-dia, entre outros.

Segundo Sugai, McIntoshi e Novaski,<sup>(2)</sup> a primeira publicação do SMED no Ocidente foi em 1985, além do conceito de redução de tempos de setup promovido pelos japoneses a metodologia já havia provocado repercussões tanto em publicações<sup>(5-7)</sup> como em aplicações industriais, na qual a metodologia SMED é amplamente citada em revistas especializadas.<sup>(8-11)</sup>

O SMED é fruto de um grande trabalho de melhoria de processos, que durou cerca de 19 anos, sendo esta desenvolvida em três fases com experiências iniciada em 1950 na empresa Mazda da Toyo Kogyo. Na primeira etapa a busca era a eliminação dos gargalos impostos pela ineficiência de grandes prensas de estampagem.<sup>(3)</sup> Nessa fase, Shingo<sup>(3)</sup> verificou a existência de dois tipos de intervenção envolvendo as operações de setup. São eles: o setup interno e seu tempo (TPI – tempo de preparação interno), cuja atividade envolvia a troca e remoção das matrizes no momento em que a máquina estava em vazio; e o setup externo e seu tempo (TPE – tempo de preparação externo), que consistia nas atividades de transporte das matrizes das prensas, bem como ações que poderiam ser realizadas com a máquina em operação.

Em 1957 ocorre uma nova versão do trabalho de Shingo em um estaleiro da Mitsubishi. Nessa fase o consultor faz a separação das atividades de preparação de máquina (setup); instalando um sistema reserva (backup), com o qual conseguiu um aumento de produtividade de 40%.<sup>(3)</sup>

Ainda não satisfeita, a empresa lançou um novo desafio, desta vez a alta direção determinará a diminuição do tempo de preparação que era de 90 minutos para um tempo inferior a 3 minutos. Nessa investida Shingo propõe a conversão de atividades do TPI em atividades do TPE. Dessa feita, Shingo denominaria a metodologia como *Single Minute Exchang of Die* (SMED), cujo objetivo era o de realizar a troca de ferramentas rapidamente em menos de dois dígitos de minuto.<sup>(3)</sup>

Shingo<sup>(3)</sup> verifica que os ajustes realizados no processo de preparação representavam proporcionalmente uma grande parcela de tempo em relação ao tempo integral de setup. Para a compreensão do SMED, apresenta-se na Figura 1, a representação esquemática desta metodologia com os estágios conceituais e suas técnicas de maneira figurada o SMED.

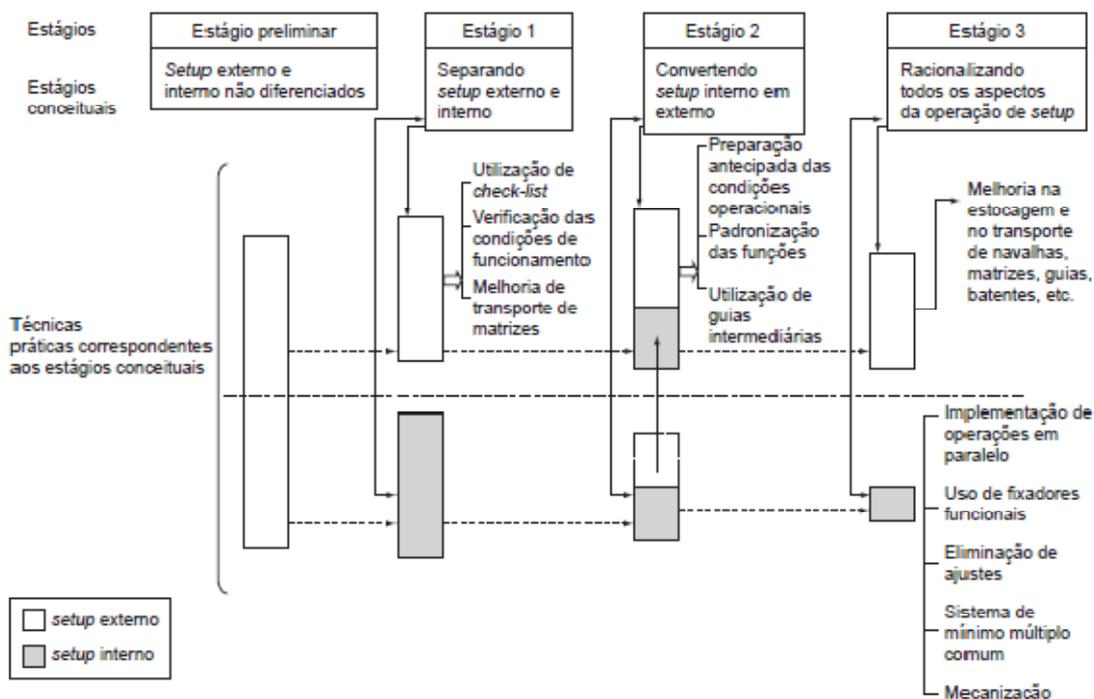


Figura 1. Estágios e atividades da metodologia SMED.<sup>(1)</sup>

### 3.1 Estágio Preliminar

Segundo Sugai, McIntoshi e Novaski,<sup>(2)</sup> apud Shingo,<sup>(3)</sup> no estágio preliminar não há distinção entre o setup interno e externo. Nessa fase é realizado um levantamento prévio do tempo inicial das atividades de setup. Vale destacar que a entrevista dos operadores, assim como a filmagem e a cronometragem do processo, constitui valioso arsenal de ferramentas de avaliação.

### 3.2 Estágio 1

No estágio 1 realizou-se a organização das atividades por meio de um levantamento envolvendo todo processo, bem como a classificação e separação das atividades dos setups interno e externo. Entenda-se como setup interno aquelas atividades que são realizadas com a máquina em vazio (parada), e setup externo como sendo as atividades que são realizadas com o equipamento em funcionamento. Destaca-se também a busca pela melhoria na eficiência das atividades de transporte que envolvem os setups interno e externo.

### 3.3 Estágio 2

Nesta fase acontece o refinamento das atividades promovidas pelo estágio 1, através de um reexame das operações. Cabendo, portanto, uma análise criteriosa com o propósito de verificar se alguma atividade teria sido erroneamente alocada no setup.

### 3.4 Estágio 3

O estágio 3 caracteriza-se pela racionalização de todos os aspectos do setup.<sup>(3)</sup> Segundo Sugai, McIntoshi e Novaski,<sup>(2)</sup> a palavra racionalização não é a



mais adequada, pois pode induzir a considerar esta fase como fixação de métodos ou procedimentos. Para tanto, Shingo<sup>(3)</sup> apresenta outra definição para o terceiro estágio conceitual: “*Melhoria sistemática de cada operação básica do setup interno e externo.*”

### 3.5 Trajetória do SMED

O SMED percorreu um longo e difícil caminho até atingir o atual nível de refinamento e eficiência, superando assim a incredulidade das pessoas em aceitá-la e em entender o seu real propósito. É preciso muito mais que ferramentas, trata-se de uma mudança de postura profissional, assim como a quebra de paradigmas culturais é mandatória para o sucesso organizacional. Shingo<sup>(3)</sup> salienta que para a efetiva implantação da metodologia é necessário um trabalho dedicado da liderança, sobretudo pela integração da equipe através de treinamento e participação no processo de melhoria.

### 3.6 Aplicação do SMED

Conceição et al.<sup>(1)</sup> abordam a aplicação do SMED no contexto de uma indústria que fabrica circuitos, que emprega a tecnologia SMD (*Surface Mount Design*) na inserção e soldagem automática de componentes em circuitos eletrônicos. Nesse artigo, um estudo preliminar foi realizado e constatou-se que o processo era executado com vários improvisos. Havia problemas referentes à falta de padronização das tarefas, excesso de movimentação e de ajustes.

Com relação à aplicabilidade do SMED em diferentes cenários, verifica-se também sua aderência no ambiente de manufatura contratada, ambiente este que é caracterizado por alta variedade de produtos e baixo volume de produção. Nesse caso torna-se imprescindível o desenvolvimento de competências distintas relacionadas à flexibilidade de variedade e volume de produtos. Segundo Conceição et al.,<sup>(1)</sup> inicialmente a função das empresas de manufatura contratada era apenas fabricar produtos para fornecimento de empresa para empresa. Hoje, a presença de mercados mundiais ampliou esse escopo, tornando-as responsáveis, também, pela compra dos materiais, seleção de fornecedores e gerenciamento da cadeia de suprimentos.<sup>(12)</sup>

Neste sentido, atualmente é necessário que as empresas deste seguimento sejam capazes de dar respostas rápidas nas atividades de troca de ferramenta em seu processo fabril, pois as componentes “variáveis” de modelo de produtos, bem como “volume” a ser fabricado dificilmente poderiam ser atendidas sem o auxílio da metodologia SMED.

Satolo e Calarge,<sup>(13)</sup> propõem uma análise aprofundada acerca do atual estado da arte, no que diz respeito aos tempos de preparação de máquina (setup), em seis estudos de caso em empresas do setor automotivo, eletrodoméstico e metal-mecânico. Os pesquisadores avaliaram várias dimensões do estágio de aplicação do SMED, tais como implantação, dificuldades, e resultados obtidos. A pesquisa revelou vários benefícios conquistados com a implantação da SMED, os ganhos verificados com maior frequência foram dezesseis, entre os cinco mais expressivos estão: a rápida resposta às variações de mercado; a possibilidade de produção em pequenos lotes; a redução de custos; a diminuição do tempo entre o pedido e a entrega e o aumento da produtividade.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho utilizou a metodologia SMED como ferramenta adotada para a melhoria de processo de suporte à tecnologia da informação. Trata-se de uma pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica e exploratória.<sup>(14)</sup> A pesquisa buscou o desenvolvimento de um estudo de caso sobre a reconfiguração e regeneração de um subsistema de controle e operação, especialmente instalado para aquisição e manipulação de dados gerados em ensaios de interferência eletromagnética.

A pesquisa foi realizada em um ambiente de testes constituído de programas (software) e máquinas (hardware), em uma Câmara Blindada Anecóica (CBA) pertencente à estrutura organizacional de um Instituto Público de Pesquisa, vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil.

A pesquisa foi estruturada em dois estágios, e cada qual com suas respectivas fases:

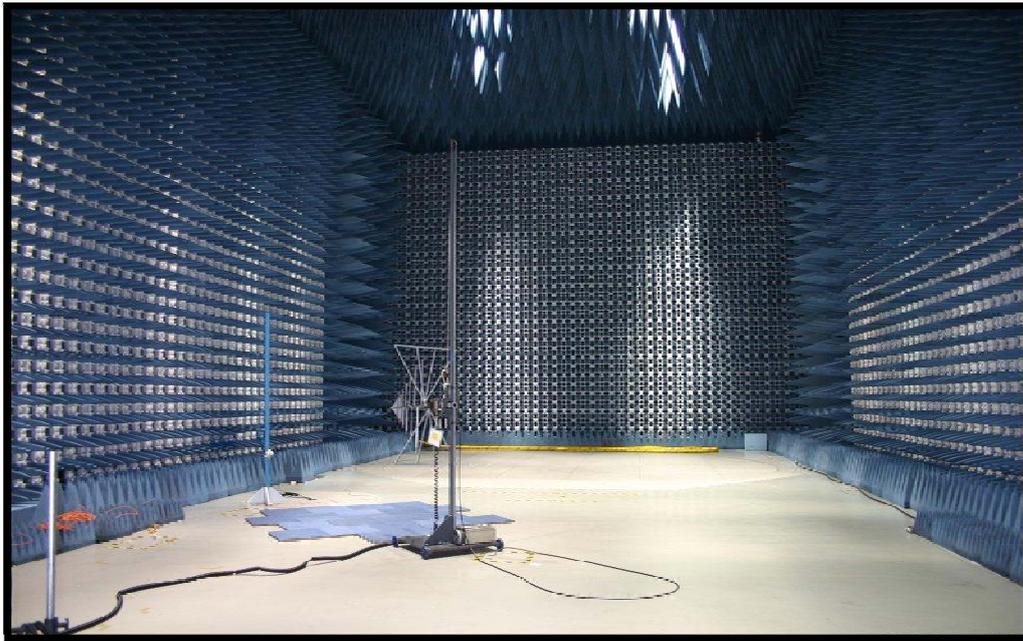
- o primeiro estágio foi representado pelo mapeamento do cenário em que se encontrava o referido subsistema CBA, pelo qual buscou-se uma visão macro do problema original que afetava o subsistema de controle e operação da CBA;
- o segundo e último estágio caracterizou-se pela aplicação dos conceitos da metodologia SMED: a) estudo preliminar do problema de pesquisa; b) separação das atividades de *setup* interno e externo; c) conversão de *setup* interno em externo; d) racionalização das tarefas de retaguarda; e) verificação e avaliação dos resultados obtidos.

O estudo aqui delineado foi realizado no primeiro semestre de 2010 por uma equipe de cinco profissionais da área de tecnologia da informação, durando cerca de quarenta e cinco dias, sendo realizado em dias alternados, utilizando fundamentalmente os seguintes materiais: dois microcomputadores de mesa; duas placas de controle de padrão GPIB; um aplicativo de controle de testes de interferência eletromagnética e um programa de clonagem de *setup* de máquina.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO

A Câmara Blindada Anecóica (CBA) constitui um sistema capaz de verificar a suscetibilidade à interferência eletromagnética dos mais variados tipos de equipamentos, entre eles estão satélites, veículos automotores, eletrodomésticos, equipamentos médicos, defesa, telecomunicação, entre outros.

A Figura 2 apresenta o interior da câmara CBA, e os painéis afixados nas paredes e no teto são absorvedores anecóicos responsáveis pela não reflexão dos sinais no interior do ambiente de teste.



Fonte: Centro de documentação (CEDOC - 2006) do Laboratório de Integração e Testes de Satélites.

**Figura 2.** Câmara Blindada Anecóica CBA.

Vale destacar que se trata de um sofisticado ambiente de testes onde a confiabilidade, a precisão e a segurança são elementos essenciais para que haja a garantia desde aquisição das medidas até a entrega dos resultados ao cliente final. Todo este cenário é justificado pelo alto valor agregado dos produtos testados, além de que qualquer falha no teste pode inviabilizar a produção e entrega do produto ao cliente.

O sistema CBA é composto das seguintes partes principais: subsistema de potência (alimentação das antenas); subsistema de instrumentação em alta frequência (equipamentos de medição, simulação de alta frequência e antenas); área de ensaios do espécime (ambiente anecóico); e subsistema de controle e operação dos ensaios (célula de comando do teste); e por fim, a sala de potência (geração de sinal para antenas transmissoras). Todos estes elementos trabalham integrados simultaneamente durante os testes, e o subsistema responsável pelo controle e comando é constituído por um microcomputador com um *software* proprietário do fabricante do sistema de instrumentação. Vale destacar que o subsistema é de suma importância para a realização de testes, e este por sua vez, no ano de 2009 apresentou várias paradas por problemas no *software*, e no *hardware* de controle e operação da CBA.

A Figura 3 representa esquematicamente a Câmara Blindada Anecóica CBA e seus subsistemas de controle e operação.

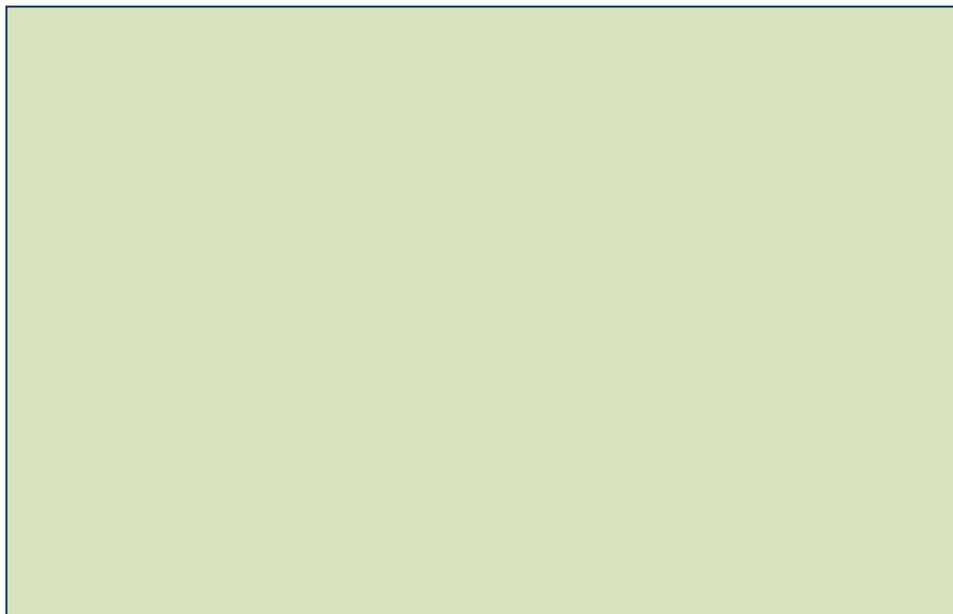


Figura 3. Diagrama simplificado da CBA.

Por meio da avaliação preliminar das várias solicitações feitas pela equipe de operação da CBA requerendo o suporte da equipe do Help Desk de Tecnologia da Informação. Verificou-se uma série de eventos de falhas no sistema de controle de testes que provocaram paradas não-programadas na CBA, cujas consequências maiores foram à redução no tempo de disponibilidade do meio de teste e a diminuição no número de testes realizados durante o período.

Avaliando este caso, buscou-se identificar um tipo de metodologia ou ferramenta que pudesse eliminar as paradas não-programadas motivadas por falhas no subsistema de controle e operação da CBA, reduzindo assim os tempos de reconfiguração e recuperação quando tais falhas ocorressem.

Primeiramente foi realizado um levantamento das solicitações de suporte ao serviço de Help Desk de TI para, assim, identificar o estágio atual desse subsistema de controle e operação de testes da CBA. Nesse mapeamento verificou-se por meio de uma amostra das solicitações ao suporte à TI que os pedidos eram realizados com certa frequência, e as causas convergiam para problemas relacionados a falhas no: sistema operacional; no sistema de controle e operação de testes; e na contaminação do sistema por vírus.

Verificou-se também que a reconfiguração do *setup* do sistema era muito onerosa, tanto do ponto de vista do tempo, quanto do alto nível de tensão despendido entre as equipes envolvidas para restabelecer a operação. Além disso, o serviço de suporte *Help Desk* não dispunha de um procedimento operacional padrão de trabalho que pudesse garantir a sequência correta de execução da manutenção deste subsistema da CBA.

Partindo deste cenário, criou-se um procedimento baseado nos conceitos e técnicas do SMED no sentido de restabelecer prontamente o subsistema de controle e operação em momentos de paradas não-programadas (falhas e defeitos).

O trabalho foi dividido em dois estágios fundamentais, sendo que cada estágio é representado por fases distintas e suas respectivas ações.

O Quadro 1. ilustra o primeiro estágio e suas quatro (4) fases que totalizaram 40 dias. O segundo estágio por sua vez é representado pelas fases que envolvem aplicação direta dos conceitos do SMED.

**Quadro 1 – Estágio I: Fases do Trabalho - Mapeamento do Cenário – Recuperação CBA**

Fase preliminar (5 dias)	Avaliação do Caso: Conversas com técnicos de suporte e operadores sobre o histórico de ocorrências; Levantamento do cenário atual e os procedimentos de recuperação do setup da CBA através dos indicadores <i>Help Desk</i> ; Definição de metas.
Fase conceitual (10 dias)	Levantamento Bibliográfico e estudo de técnicas associadas à melhoria de processos PDCA e o SMED.
Fase – 1 (10 dias)	Verificação e correção do POP; Verificação das condições de funcionamento; Melhorias que poderiam ser alavancadas; Análise das causas dos problemas; Desdobramentos pós-evento.
Fase – 2 (5 dias)	Condições operacionais; Restrição de uso; Identificação de Vulnerabilidades do Sistema; Dispositivos de máquina habilitados (hardware); Trocas de máquinas; Ferramentas de Suporte TI Clonagem (Ghost); Padronização de serviços (POPs); e Treinamento durante e depois da implementação.
Fase – 3 (10 dias)	Acompanhamento no ambiente; Interações com os Clientes; interações com os técnicos do suporte para melhoria do processo; Ganhos nos tempos de troca do Setup; Implementação de operações em paralelo; Estabilização do processo de operação da CBA e abertura para implementar os conceitos da SMED.

Fonte: Elaborado pelos autores - Adaptado da Revista Gestão da Produção.<sup>(2)</sup>

Conforme preconiza Fogliatto e Fagundes,<sup>(15)</sup> em um processo de adoção dos conceitos do SMED, a definição de metas deve levar em consideração três fatores: 1º existência e análise de indicadores que comprovem a situação inicial dos tempos de setup antes do início do projeto; 2º definição do percentual de redução de tempo de setup que se deseja alcançar; e 3º definição de cronograma de implantação que contenha a sequência das atividades de implantação, os responsáveis por atividade e uma estimativa de tempo para a conclusão de cada atividade.

Durante a fase preliminar verificou-se os indicadores do Help Desk por meio do número de solicitações de serviços de suporte no subsistema controle e operação da CBA, assim como a qualificação desses pedidos sobre às possíveis causas. A partir dessa análise ficou visível a frequência com que as solicitações eram feitas, bem como a repetição da motivação das mesmas. Foram estabelecidos contatos com os operadores da CBA e técnicos do Help Desk, quando cada um deles teve oportunidade de revelar os problemas identificados por eles no dia-a-dia de trabalho.

Conforme preconizava Shingo,<sup>(3)</sup> a interação com os envolvidos na operação do sistema é muito valiosa e pode revelar pistas e respostas capazes de solucionar muitos dos problemas.

Na fase 1 verificou-se que as condições de funcionamento eram bastante críticas no que se refere ao controle de umidade e temperatura da sala, que foram posteriormente normalizados pela equipe de manutenção predial. Observou-se também que as causas das falhas gravitavam em torno da contaminação por vírus, que danificavam o sistema operacional, inviabilizando, o funcionamento do subsistema de controle e operação CBA. Além disto, através da pesquisa da causa raiz identificou-se que a origem do problema estava no livre acesso de unidades móveis de memória denominadas (Pen Drives), que contaminavam o equipamento ao transferir arquivos infectados entre os clientes do serviço.

Esse cenário tinha desdobramentos severos, pois geravam grande tensão entre os clientes externos e os clientes internos, além de que havia grande pressão pela recuperação e reconfiguração dos serviços, o que não ocorria rapidamente.



Além disso, verificou-se inibição dos técnicos do *Help Desk*, quando se tratava de atender aos pedidos relacionados à CBA. Nesse caso o problema residia na falta de conhecimento técnico sobre o subsistema da CBA. Assim sendo, foi solicitado junto ao fabricante do subsistema de controle e operação da CBA que promovesse o treinamento da equipe de *Help Desk*.

Na fase 2 foram implementadas todas as melhorias relacionadas às condições operacionais, tais como a instalação do controle e permissões de acesso ao subsistema; à vulnerabilidade relacionada ao acesso físico passiva de oferecer riscos ao subsistema foi eliminada através do bloqueio das portas; à reconfiguração e regeneração do subsistema atualmente se dá rapidamente através de um aplicativo de clonagem (Ghost Norton Systemworks) do software de controle e operação.

Além disso, à padronização do serviço de recuperação do sistema foi elaborada por intermédio de um procedimento operacional padrão (POP) visando a qualidade final do serviço, bem como a racionalização das tarefas onde qualquer técnico de posse do POP possa efetuá-las com eficiência. A capacitação foi bastante enfatizada em todo o processo com a realização de treinamentos no início e no final dos trabalhos. Além destas ações foi adquirido e instalado um sistema de proteção (anti-vírus), cujo propósito era eliminar as ocorrências por contaminação.

O conhecimento da metodologia SMED deve ser repassado à equipe de implantação de forma precisa, clara e abrangente, analisando todas as estratégias e técnicas de aplicação com base em casos bem-sucedidos em relação à sua aplicação prática.<sup>(15)</sup>

A fase 3 caracterizou-se pela racionalização do subsistema de controle e operação da CBA, estabelecendo a estabilização do processo, o que possibilitou a posterior adoção dos conceitos do SMED. Nesta fase a idéia foi manter o sistema estável operando sem ocorrências que demandassem intervenções dos técnicos do *Help Desk*, ou seja, conquistar a confiança dos operadores com nova proposta de setup do subsistema, sem fazer promessas demais, para não criar expectativas exageradas.

O Quadro 2 ilustra o estágio II do trabalho. Nesse momento o sistema já se encontrava estabilizado e em funcionamento, e assim, foram descritas e estabelecidas todas as fases propostas pela metodologia.

**Quadro 2.** Síntese da aplicação do SMED.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reapresentando aqui os objetivos deste trabalho, verificou-se que a aplicação e a aderência dos conceitos da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) foi parcialmente atestada. Pois não houve aderência total da metodologia por conta de que a mesma foi aplicada ao processo de instalação do subsistema de controle e operação do setup da CBA e não diretamente na operação.

Contudo, foram imediatamente percebidos os ganhos dessa implementação mesmo com a aderência parcial, pois houve melhoria significativa em termos de padronização de serviços, conhecimento dos técnicos, bem como a efetiva diminuição do tempo de instalação do subsistema de teste e controle que inicialmente era de 12 horas para uma reparação em um tempo menor que uma hora.

Ainda acerca da medida dos resultados, verificou-se que é possível fazer a troca do subsistema por um subsistema *backup* conforme admite-se na literatura seminal do SMED.

A partir da aplicação dos conceitos do SMED, houve redução no tempo de troca do subsistema da CBA para menos de uma hora em momentos de paradas não programadas causadas por defeito ou falha no subsistema. Vale destacar que, a literatura preconizava a adoção de sistemas *backup* como forma de ganhar tempo no momento da troca de ferramenta. Não obstante, no cenário estudado a adoção de um subsistema *backup* foi adotada para facilitar o reparo em momento de falha ou defeito do sistema, o que não fere a essência do método.



A não efetiva aplicabilidade dos conceitos SMED se deu pela inexperiência da equipe com a metodologia, assim como pela adequação parcial da metodologia ao caso estudado. Contudo, o contraditório foi importante para que se considerasse uma nova perspectiva de aplicação da metodologia, mesmo com a experimentação parcial de uma das ferramentas da Produção Enxuta que revolucionou o processo produtivo de automóveis no século XX.

Os ganhos a partir deste trabalho foram verificados imediatamente com a eliminação dos chamados de suporte do Help Desk para recuperação do subsistema de controle e operação da CBA. Ademais, não ocorreram mais momentos de tensão entre as equipes de operação e suporte à TI.

Verificou-se também que o treinamento realizado com a equipe de suporte à TI foi fundamental para que os técnicos conhecessem melhor o sistema e assim, pudessem atender com mais qualidade as solicitações da área de ensaios eletromagnéticos da CBA.

Destaque para a mobilização e envolvimento das equipes de suporte e operação nesse processo, com objetivo comum de realizar as melhorias nesse sistema. Verificou-se também, que e até o presente não se registrou paradas não programadas neste sistema com a motivação inicial do caso.

A ferramenta SMED criada por Shingo Shingo em 1969 pressupunha adoção de sistemas reserva para os processos críticos. Não obstante, verificou-se a necessidade de adotar um sistema reserva (*backup*) como uma espécie de dispositivo de troca rápida de ferramenta para o controle e operação da CBA.

No setor aeroespacial a difusão do SMED pode ser verificada na preparação dos sistemas e subsistemas de um satélite antes da sua operação no teste, neste caso trata-se de atividades que só podem ser realizadas com equipamento parado.

Por fim, propõe-se como desafio futuro um estudo envolvendo aplicação do SMED em outros ambientes de testes do Laboratório de Integração e Testes de Satélites.

## Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e ao Laboratório de Integração de Testes pelo apoio a pesquisa, cujo agradecimento se estende ao Dr. Petrônio Noronha de Souza e ao Dr. Professor Eduardo Hidenori Enari pela orientação e participação no trabalho, assim como pela colaboração e dedicação de toda a equipe do *Help Desk* à TI deste laboratório.

## REFERÊNCIAS

- 1 CONCEICAO, Samuel Vieira et al. Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para troca rápida de ferramentas em ambientes de manufatura contratada. **Gestão da Produção**. [online]. 2009, vol.16, n.3, pp. 357-369. ISSN 0104-530X. doi: 10.1590/S0104-530X2009000300004
- 2 SUGAI, M. McINTOSHI, NOVASKI, R.I., O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **Revista Gestão e Produção**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323-335, maio-ago. 2007.
- 3 SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**: uma revolução nos sistemas produtivos. Bookman, 2000.
- 4 OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- 5 HALL, R. W. **Zero Inventories**. Homewood: Dow Jones-Irwin, 1983.



- 6 PLOSSL, G. **Production and Inventory Control**: principles and techniques. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985.
- 7 HAY, E. J. **Just-in-time**: um exame dos novos conceitos de produção. São Paulo: Maltese-Editorial Norma, 1992.
- 8 JOHANSEN, P.; McGUIRE, K. J. A lesson in SMED with Shigeo Shingo. **Industrial Engineering**, v. 18, p. 26-33, 1986.
- 9 QUINLAN, J. P. **Shigeo Shingo explains 'single-minute exchange of die**: Tooling and Production, p. 67-71, Feb. 1987.
- 10 SEPEHRI, P. E. M. Manufacturing Revitalization at Harley-Davidson Motor Company. **Industrial Engineering**, v. 19, n. 8, August, 1987.
- 11 NOAKER, P. Pressed to reduce setup? **Manufacturing Engineering**. v. 107, p. 45-49, 1991.
- 12 CHAN, M. F. S.; CHUNG, W. C. W. A framework to develop an enterprise information portal for contract manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v. 75, p. 113-126, 2002.
- 13 SATOLO, Eduardo Guilherme; CALARGE, Felipe Araujo. **Troca Rápida de Ferramentas**: estudo de caso em diferentes seguimentos industriais. Exata. 2008, vol. 6, n. 2, p. 283-296, jul./dez. 2008.
- 14 MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia Científica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 249p., 2000.
- 15 FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P.R.M. Troca Rápida de Ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. **Gestão e Produção**, v.10, n.2, p.163-181, ago. 2003