

**Padronização do mix de produto com a utilização do *Lean Manufacturing*  
para otimização do planejamento da produção**

**Product mix of standardization with the use of Lean Manufacturing for  
production planning optimization**

---

**Renato Mana** \* – [renamana@bol.com.br](mailto:renamana@bol.com.br)  
**Francisco Giocondo César** \* – [giocondo.cesar@gmail.com](mailto:giocondo.cesar@gmail.com)

\*Universidade Estadual de Campinas– (Unicamp), Campinas, São Paulo

---

**Article History:**

Submitted: 2016 - 09 - 28

Revised: 2016 - 10 - 05

Accepted: 2016 - 10 - 07

---

**Resumo:** A partir da otimização do setup de produção – Lean Manufacturing – reduzir os tempos de preparação baseando-se nesta metodologia, em conjunto com o mix de produto. Buscou-se registrar os problemas encontrados durante o estudo de redução de setup, e como consequência a disseminação do conhecimento, através de treinamento, no chão de fábrica, com a finalidade de padronizar as ferramentas e as técnicas a serem utilizadas. Como parâmetro de avaliação foi utilizado os ganhos de produção e produtividade, na linha de produção onde se realizou o estudo de caso, que se trata de uma empresa multinacional do ramo de instrumentação industrial de alta precisão. Ao final do artigo, serão propostas sugestões de estudos futuros como forma de complementação à metodologia proposta neste estudo bem como possíveis pontos de melhorias a serem explorados.

Palavras-chave: Lean Manufacturing, mix de produto, setup, flexibilização, estudo de caso.

**Abstract:** From the optimization of production setup - Lean Manufacturing - reduce setup times based on this methodology, together with the product mix. It's attempted to record the problems encountered during setup reduction study, and consequently the dissemination of knowledge through training, on the factory floor, in order to standardize the tools and techniques to be used. As endpoint will be used production and productivity gains in the production line where they held the case study, which is a multinational company in the industrial instrumentation field of high precision. At the end of the article will be proposed suggestions for future studies as a way to complement the methodology proposed in this study as well as possible points of improvement to be explored.

**Keywords:** Lean Manufacturing, product mix, setup, flexibilization, case study.

## 1. Introdução

De acordo com Vermulm e Erber (2002) o setor de bens de capital pode ser definido como sendo aquele que fabrica máquinas e equipamentos que serão utilizados pelos demais setores com o intuito de produzir bens e serviços. Por outro lado, as empresas de manufatura estão trabalhando em um ambiente cada vez mais competitivo, onde grandes empresas disputam fatias de mercado com empresas de menor porte e, muitas vezes, o diferencial está relacionado a pequenos detalhes.

A globalização das atividades de pesquisa e desenvolvimento realizadas por empresas multinacionais está atingindo cada vez mais os países em desenvolvimento, como o Brasil, conforme constatado pelo *World Investment Report* (United Nations, 2005). A redução de desperdício muitas vezes é tratada como algo prioritário devido sua importância no contexto de manufatura industrial, sendo estudado cada vez mais detalhado e representando cada vez mais na composição do custo de um produto. Em resumo, a maximização das operações industriais pode muitas vezes garantir a sobrevivência de uma empresa, vislumbrando a obtenção de uma fatia cada vez maior de mercado e trabalhando com preços competitivos e garantindo as margens de lucro esperadas.

A produção em pequenos lotes e a redução de estoques incentivam enormemente ações no sentido da redução do tempo de *setup*, um facilitador da produção puxada (Godinho e Fernandes, 2014). No Contexto atual da globalização, levando em consideração que o mercado não se resume e não se restringe a fornecedores locais, mas sim em uma maior diversidade da cadeia de fornecedores, a flexibilidade do processo produtivo busca responder a diversidade de produtos fomentados por clientes cada vez mais exigentes. Isso baseia-se na necessidade de adaptação a variação dos tamanhos dos lotes de modo a tornar essencial a redução dos tempos de *setup*, reduzindo custo e desperdício e elevando este como diferencial no fornecimento.

Segundo Moreira *et al.* (2010) o conhecimento dentre das áreas de projetos que deve contar com um gerenciamento mais forte, é o tempo; sua administração está diretamente sincronizada com as atividades de todos os participantes no projeto. Por isso para que o mesmo seja concluído no espaço de tempo previamente planejado é imprescindível se seja feito um controle minucioso e seja feito o acompanhamento de todas essas atividades com a elaboração de um cronograma.

O desenvolvimento deste trabalho tem como foco a identificação e avaliação das prioridades de melhoria de produção, propiciando um melhor desempenho da linha de produção através da redução de tempos de setup, e demonstrar a importância que métodos de sequenciamento possuem para na manufatura de bens e serviços, sejam eles de diferentes áreas de abrangência. Esta redução de tempos de setup será baseada no método do melhor sequenciamento dos produtos, levando em consideração os tempos de setup entre eles.

O trabalho de campo teve seu desenvolvimento em uma empresa multinacional de grande porte da área de instrumentação industrial, localizada no interior do estado de São Paulo. Como estratégia do trabalho, foi adotado o estudo de caso, embasado em metodologias já conhecidas, como é o caso do SMED para redução de tempos de setup, o SPT (*Shortest Processing Time*) e EDD (*Earliest Due Date*) onde a prioridade é dada pelo menor tempo de processamento, e através do planejamento de carteiras de trabalho antes da liberação para produção.

## 2. Objetivo

O estudo visa estabelecer padrões no planejamento da carteira de trabalho bem como estabelecer a capacidade instalada através do resultado da aplicação de ferramentas do *Lean Manufacturing* no planejamento da produção. O desafio de integrar a metodologia com o planejamento da produção identificando as prioridades de aplicação faz com que o presente estudo resulte em uma integração harmoniosa de processos. Esta integração pode, inclusive, servir de base para estudos futuros visando uma melhor integração entre diferentes ferramentas se analisada qual a ferramenta anteriormente utilizada e qual seu resultado obtido.

O estudo teve como principal origem o problema identificado durante o desenvolvimento do trabalho foi à perda de produtividade oriunda do tempo de setup devido à falha de planejamento, onde é observado que a variação do agrupamento do modelo do produto a ser produzido interfere na produtividade. Como na maioria das vezes é inevitável a troca de setup devido à configuração flexível de uma linha de produção, este tempo desperdiçado acaba muitas vezes interferindo significativamente na perda de produtividade e consequentemente na competitividade da empresa em relação aos concorrentes. Este tempo de *setup* tende a ser reduzido não somente como uma forma de redução de custo, mas também como uma forma de aumento da flexibilização da linha de produção, onde busca atender um público cada vez mais exigente e com necessidades cada vez mais customizadas.

Como principal diferencial, este estudo visa abordar diferentes ferramentas do *Lean Manufacturing* para uma única aplicação, agrupando diferentes conceitos para um mesmo objetivo, diferentemente dos estudos usuais que utilizam um conceito para conclusão de um objetivo específico.

### 3. Fundamentação teórica

#### 3.1. SMED

A definição de lotes mínimos, variação mínima de modelo e redução de tempo estão entre os aspectos de maior impacto na produtividade. O tempo de setup é compreendido entre a última unidade produzida de um ciclo até a primeira unidade, com qualidade, do ciclo seguinte (Gouberghen e Landeghem, 2012).

Antes da definição do método SMED, a troca de ferramenta (ou tempo de *setup*), era tratado como um elemento do processo produtivo que reduzia a eficiência e aumentava os custos de produção, entretanto não havia esforços específicos para trabalhar na melhoria deste ponto (Ohno, 2002). Após a busca pela redução dos tempos de setup é que se chegou a conclusão da utilização de sistemas puxados de produção. O método denominado SMED em sua concepção inicial não contempla a viabilização de custos ligados ao tempo de setup, mas sim uma falta de flexibilidade que conseqüentemente leva a uma perda de produção e produtividade, ocasionando assim menos ganho aos não praticantes do método (Ohno, 2002).

Desde os indícios da criação da metodologia, Shingo (2000) estrutura o SMED em três etapas para o desenvolvimento em que foi concebida ao longo de 19 anos. A primeira etapa é relativa à identificação e classificação como setup interno do conjunto de atividades realizadas com a máquina parada, e setup externo como o conjunto de operações realizadas com a máquina em funcionamento. A segunda etapa deu-se no momento da duplicação de ferramentas com o intuito de separar o setup, ou seja, o setup de ferramenta seria realizado de forma paralela gerando um aumento na produção. A terceira etapa trata basicamente de conversão de setup interno em setup externo, isto é, a transferência de algumas atividades com a máquina para o momento que esta estiver funcionando, onde atrás desta ideia está o conceito do SMED: troca de ferramenta em menos de dez minutos (Shingo, 2000).

Para exemplificar o mencionado por Shingo (2000), abaixo está demonstrada na Figura 1, o conceito desenvolvido de acordo com os estágios descritos anteriormente.

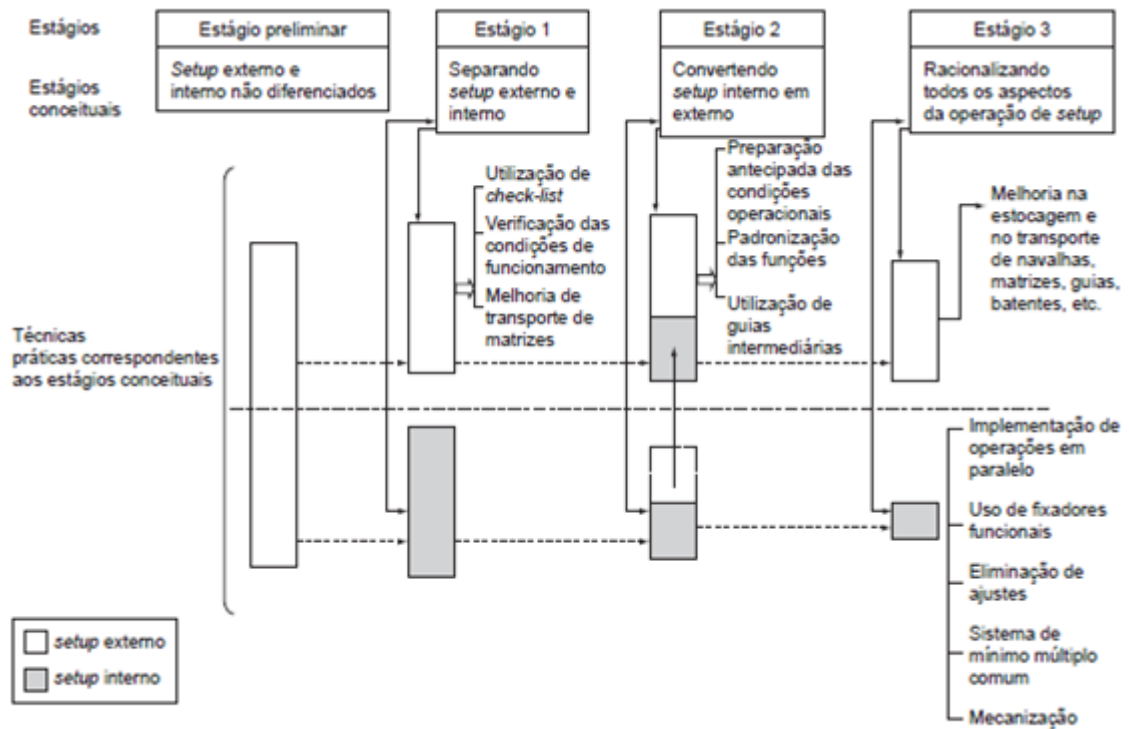


Figura 1 – Estágio de aplicação do SMED

Fonte: Shingo, 2000

Conforme Shingo (2000) define como *setup* tudo relativo ao que antecede uma operação, regulagem, troca de dispositivo, preparação seja em um processo de transformação industrial ou serviço, este mesmo autor também define como termo *setup* o tempo decorrido entre o final da produção de uma determinada peça ou equipamento até o início da produção da próxima peça ou equipamento diferente, estando contido neste tempo todo o tempo necessário para que o início do ciclo produtivo seja reestabelecido.

Ainda tratando de *setup*, Shingo (2000) não esgotou a resolução de todos os problemas existentes nas operações de sua redução. Naturalmente, esta não era a sua proposta quando elaborou sua metodologia. Este item do trabalho apresenta alguns aspectos relevantes da atividade de *setup* que influenciam no processo produtivo e que não foram apontados no SMED.

Como um exemplo prático no chão de fábrica, conforme a Tabela 1, é demonstrado diversos tipos de processos de troca de ferramentas.

Tabela 1 – Compreensões de troca de ferramentas.

<i>Processo de Produção</i>	<i>Troca de ferramentas/dispositivos</i>	<i>Tempo de Setup</i>
<i>Torneamento</i>	Troca de insertos de usinagem	Tempo de preparação do torno
<i>Estamparia</i>	Troca de estampo (matriz)	Troca de estampo (matriz) para produtos diferentes
<i>Montagem</i>	Troca de dispositivo de montagem	Localização e disponibilização do novo dispositivo
<i>Afição</i>	Troca de rebolo de diamante	Tempo de preparação da afiadora

Todos os textos da fundamentação teórica anteriormente citada tratavam basicamente da contextualização de setup e SMED, e suas respectivas principais características, bem como alguns conceitos relacionados ao tema elaborado por diversos autores e pesquisadores. A seguir, será tratada toda a fundamentação teórica relacionada ao “*mix*” de produto, suas principais características e uma contextualização leve de introdução ao estudo de caso.

### 3.2. Otimização do *mix* de produto

Conforme mencionado Kumar *et al.* (2015), o planejamento da produção é uma atividade ligada ao tempo, em termos de anos, meses, semanas e/ou dias, que é uma parte integral de todo o processo de planejamento de uma empresa.

O *mix* de produto é tido como sendo a variedade de produtos com características diferentes, a serem fabricados em uma mesma linha/célula de produção com diferentes tempos de produção bem como diferentes tempos de setup de máquinas e equipamentos. A influência da determinação do melhor *mix* de produto para fabricação em uma mesma linha/célula de produção irá influenciar diretamente no rendimento da mesma devido aos tempos desperdiçados em operações que não agregam valor (Womack *et al.*, 2004).

Um fator crucial para melhorar o rendimento da linha/célula de produção, visando atender toda a demanda de *mix* de produto, é a flexibilização do layout da linha/célula de produção, ou seja, fazer com que o layout da linha/célula de produção esteja preparado para fabricar todos os modelos de produtos independentemente se o modelo a ser fabricado

utilizará todos os equipamentos e máquinas disponíveis ou não, porém não deixando de analisar o excesso de tempo desperdiçado com movimentação desnecessária.

A seguir, será demonstrado através de um fluxograma básico, conforme Figura 2, as etapas do processo industrial, destacando a etapa de produção, que será objeto do trabalho.



Figura 2 – Fluxograma da origem do início do processo.

### 3.3. Os componentes do Tempo de Ciclo

O tempo de ciclo é composto de vários componentes, isto é, vários fatores que compõem o conceito de tempo de ciclo implicando no processo produtivo. Um destes componentes é o *lead-time*, que é entendido como o tempo total necessário para produção de uma peça ou equipamento desde a chegada da ordem de produção, até o momento em que a peça ou equipamento seja entregue ao cliente, da maneira à qual foi contratada. Intrinsecamente a esse período está incluso o tempo gasto com filas (subprodutos), tempos de setup, tempo de processamento e tempo de transporte e/ou instalação. (Lopes, 2008; Santos, 1999).

Conforme apresentado por Santos (1999), demonstrado na Figura 3, o tempo de ciclo pode ser contextualizado sendo composta pela transformação, inspeção, atividades de espera e movimentação, levando em consideração que as atividades de transformação são as únicas atividades que agregam valor ou produto.

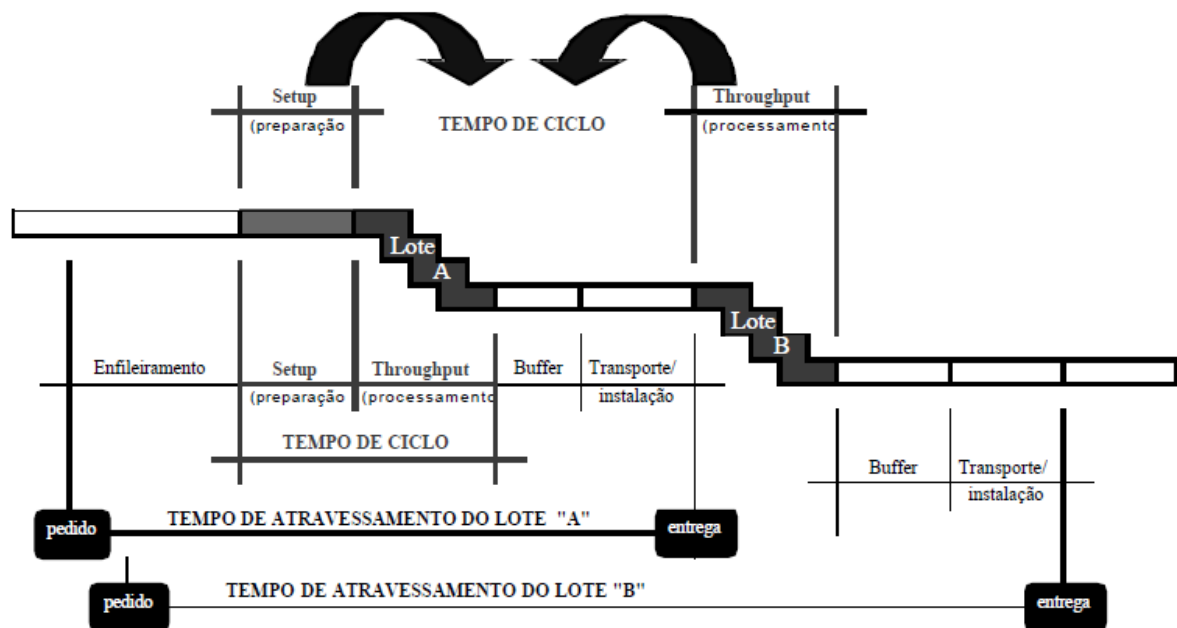


Figura 3 – Componentes do tempo de ciclo

Fonte: Santos, 1999

O tempo de processamento de produção/transformação pode ser definido como sendo o tempo entre a liberação de determinada ordem de produção ao chão de fábrica e o recebimento do produto ou equipamento desejado pelo cliente, conseqüentemente toda e qualquer redução de tempo dentro deste período pode ser considerado como um ganho de produtividade, gerando numerosos benefícios, incluindo a diminuição do “trabalho-em-processo” e reduzindo o nível de inventário de uma maneira geral, não deixando de ser complementado pela melhoria conseqüente de qualidade, menores custos de processamento um melhor nível de planejamento (Johnson, 2003).

#### 3.4. EDD – Earliest Due Date & SPT – Shortest processing Time

O EDD pode ser definido como uma regra as tarefas são ordenadas tendo em vista a data de início da janela de entrega. As tarefas com datas de início mais próximas são processadas antes daquelas com datas de início maiores (Zhou, *et al.*, 2011).

Já o SPT pode ser definido como uma regra que dá prioridade a ordem de fabricação cujo tempo de processamento/manufatura é o mais reduzido (Zhou *et al.*, 2011). Constrói a seqüência de tarefas ordenando-as de tal forma que a tarefa com tempo de processamento mais curto seja processada antes daquela com tempo de processamento mais longo.

A seguir, será apresentada na Tabela 2, uma comparação entre as duas regras de priorização EDD e SPT.



Tabela 2 - Comparação entre SPT e EDD

Ordem de Trabalho	Tempo de Execução (Incluído tempo de Setup e Trabalho)	Dias para data Vencimento	Sequenciamento	
			SPT	EDD
AZK111	3 dias	3	EZE101	AZK111
BRU872	2 dias	6	BRU872	EZE101
CUF373	5 dias	8	AZK111	DBR664
DBR664	4 dias	5	DBR664	BRU872
EZE101	1 dia	4	FID448	CUF373
FID448	4 dias	9	CUF373	FID448

#### 4. Aspectos metodológicos

Este capítulo do artigo tem por finalidade apresentar quais os meios utilizados para atingir os objetivos do estudo, sendo de grande valia deixar claro que a metodologia não deve, de modo algum, ser mais importante do que o objeto de estudo, o problema proposto e apresentado.

Esta pesquisa será baseada nas seguintes partes: Estudo bibliográfico, estudo de caso, análise de dados e posteriormente a conclusão do estudo, apresentado os resultados de forma clara e objetiva.

Com o intuito de esclarecer o tipo de proposta metodológica do presente estudo, será classificado quanto ao gênero (Gil, 2002) e, conforme a classificação proposta por Demo (1995), este estudo possui um caráter de pesquisa empírica, buscando através do estudo de caso apresentado, codificar uma face mensurável da realidade industrial da atualidade.

O método de estudo de caso, que pode ser caracterizado como o método que o objetivo é uma unidade que se analisa de forma intensiva, com o intuito do exame detalhado de um ambiente, sujeito ou uma situação em particular (Demarrais e Lapan, 2004).

Dando sequência a esta contextualização do conceito, conforme Eisenhardt (1989) podemos classificar o estudo de caso proposto por este trabalho como sendo descritivo e holístico, possuindo somente uma única unidade de análise em um determinado contexto, e ao mesmo tempo qualitativa.

#### 5. Estudo de caso

##### 5.1. Caracterização da empresa

Para este estudo de caso, a empresa analisada é uma Multinacional Alemã, de grande porte, com presença global em mais de 40 países, localizada na região de Sorocaba, estado de

São Paulo, caracterizada por produzir instrumentos de medição e monitoramento para processos industriais, para os mais diversos setores, bem como: açúcar e álcool, químico e petroquímico, óleo e gás, e fabricantes de equipamentos. Estes instrumentos de medição e monitoramento de processo são, essencialmente, para medição e monitoramento de grandezas relacionadas à pressão, temperatura, nível e vazão.

Trata-se de uma empresa fundada na Alemanha, com mais de 80 anos de mercado europeu, e mais de 35 anos no mercado brasileiro. A unidade estudada teve como ponto principal a unidade do Brasil, com caráter de fornecimento de 85% nacional e 15% importação, sendo representado atualmente um faturamento anual de aproximadamente R\$ 150 milhões (2015).

O setor de Óleo e Gás, vem se expandindo nos últimos anos devido à fortes investimentos realizados no setor (Petrobrás, 2016), esses investimentos para exploração e produção de petróleo, inicialmente são aplicados somente às empresas diretamente ligadas ao negócio de expansão, entretanto há uma necessidade de investimento em cadeia, levando em consideração os fornecedores destas empresas que também precisam se preparar para esta expansão e novo desenvolvimento. A seguir, conforme a Figura 4 é possível verificar a distribuição de investimento do mercado entre os anos de 2015 e 2019.

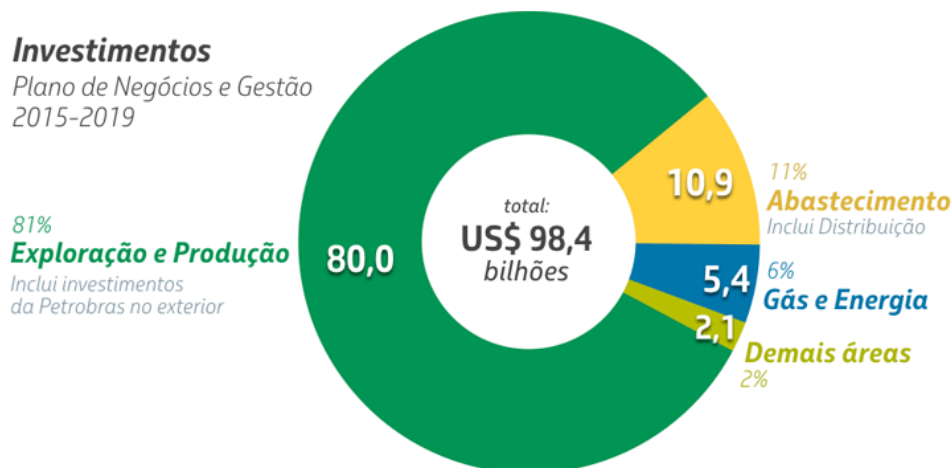


Figura 4 – Investimento. Plano de negócios e gestão

Fonte: Petrobrás, 2016

A empresa patrocinadora do estudo de caso é uma forte fornecedora de empresas do setor de óleo e gás, sendo atualmente 70% do seu fornecimento voltado para indústrias do setor, como consequência a melhoria de seus processos é de grande preocupação e motivo de estudo para atender aumentos de demanda oriundos de um mercado em expansão. Essa

melhoria de processo faz-se necessária não somente para um aumento de produtividade como também para redução de custo visando maior competitividade no mercado.

No que se refere a linhas ou células de produção, a empresa é dotada de um total de 11 células de produção, sendo 5 para medidores de pressão, 3 para medidores de temperatura, 2 para medidores de nível e 1 para medidores de vazão.

### 5.2. Considerações da aplicação do estudo

Como ponto inicial do estudo de caso, foi tomado como referência os valores atualmente encontrados no processo, sem nenhuma interferência do estudo, para que possa ser comparado posteriormente e concluída e eficácia, tanto positiva como negativa.

O objeto de estudo deste trabalho está focado em uma das células de produção de sensores temperatura, que é responsável pela manufatura de sensores elétricos para medição, tais como termopares e termorresistências. Como considerações adicionais e também informações pertinentes ao processo do presente estudo, é importante frisar alguns dados adicionais tais como:

- ✓ A célula de produção é dotada de 1 supervisor e 1 planejador (também responsáveis por outras células de produção) e 4 colaboradores, de iguais habilidades e sinergia completa;
- a) Operador 1: Responsável pela pré-produção;
- b) Operador 2: Responsável pela preparação do corpo;
- c) Operador 3: Responsável soldagem e checagem do equipamento;
- d) Operador 4: Responsável pela montagem final e identificação;
- ✓ Turno de trabalho de 8,8 horas;
- ✓ Capacidade aproximada mensal instalada: 850 peças (independente do modelo do produto a ser manufaturado);
- ✓ Todos os operadores da célula de produção param por 10 minutos anteriormente ao término do expediente para limpeza do local e preparação do setup do equipamento para o próximo dia ou turno de trabalho.

Será demonstrado na Figura 5, o fluxograma das operações de trabalho, demonstrando o posicionamento de cada operador durante o processo de produção. Onde também está sendo

indicado as sequências de operações que são descritas na Tabela 3, que corresponde a folha de registro dos tempos de operações e tempos de máquinas. Estas demonstrações gráficas, fazem parte de da nova definição (adotada após o estudo proposto neste trabalho) da folha de processo, onde todas as informações necessárias para que os operadores realizem a tarefa corretamente são incluídas.

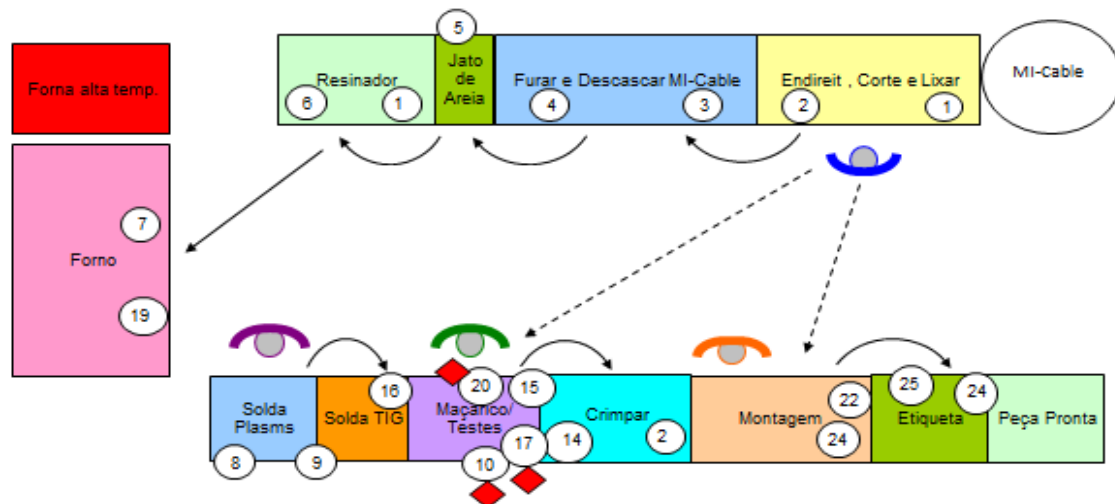


Figura 5 – Fluxograma de produção do modelo TR10-H

Tabela 3 – Registro dos tempos de operação e tempos de máquina

Nr. Atividade	Descrição da Atividade	Tempo Homem	Tempo Máquina	Tempo Percorso	Gráfico das Atividades
1	Endreitar/ Cortar mi-cable	0:00:16			[Gráfico de Gantt com barras horizontais representando a duração de cada atividade em uma grade]
2	Lixar	0:00:13			
3	Furar	0:00:34			
4	Descascar	0:00:30			
5	Jatear	0:00:34			
6	Resinar	0:00:30			
7	Curar resina		0:10:00		
8	Colocar sensor	0:00:20			
9	Soldar sensor	0:00:45			
10	Teste de isolamento e continuidade	0:00:30			
11	Soldar " Bolinha "	0:00:52			
12	Lixar e polir " Bolinha "	0:00:52			
13	Teste continuidade e vapor	0:01:06			
14	Verificar nº de condutores e soldar fios	0:00:15			
15	Medir e limpar mi-cable para soldar	0:00:56			
16	Soldar e escovar conexão	0:02:50			
17	Teste de vapor na conexão	0:00:33			
18	Resinar	0:00:32			
19	Curar resina		0:10:00		
20	Teste de isolamento e continuidade	0:00:30			
21	Prensar bloco e acoplar no cabeçote	0:01:17			
22	Acoplar termo-elemento no cabeçote e soldar condutores	0:01:38			
23	Fazer e colar etiqueta no dinplate e cabeçote	0:01:08			
24	Colar etiqueta no saco plástico e ensacar peça	0:00:10			
25	Preencher Op.	0:00:13			

<b>Balaceamento</b>		<b>0:16:54</b> Tempo do Ciclo
Operador 1	00:02:27	
Operador 2	00:04:25	
Operador 3	00:05:06	
Operador 4	00:04:56	

A seguir, será demonstrado através da tabela 4, o estudo de tempos de setup entre os diferentes modelos dos equipamentos estudados. Esta tabela deve ser interpretada como o tempo necessário de setup entre dois modelos diferentes de produtos, ou seja, quantos minutos são necessários para realização da troca de setup entre o modelo atual e o modelo a ser produzido em sequência. Por exemplo, na Tabela 4, temos o equipamento modelo TC10 Exd, que será substituído pelo TC40, onde conforme tabela, leva um tempo de preparação de setup de 32 minutos. O mesmo equipamento a ser substituído pela TC10-B, leva 4 minutos, conforme apresentado na Tabela 4, e assim sucessivamente para os outros elementos que compõe a referida Tabela 4.

Tabela 4 – Estudo de tempos de *setup* entre modelos

Matriz de Tempo de setup (minutos)									
	TC10 Exd	TC10-B	TC40	TR10 Exd	TR10-B	TR10-C	TR10-H	TR40	Outros
TC10 Exd	<b>0</b>	4	32	5	7	9	8,5	30	15
TC10-B	4	<b>0</b>	33	4	3	4	7	28	15
TC40	32	33	<b>0</b>	30	32	32	33	3	15
TR10 Exd	5	4	30	<b>0</b>	4	4	3	32	15
TR10-B	7	3	32	4	<b>0</b>	5	6	28	15
TR10-C	9	4	32	4	5	<b>0</b>	4	28	15
TR10-H	8,5	7	33	3	6	4	<b>0</b>	26	15
TR40	30	28	3	32	28	28	26	<b>0</b>	15
Others	15	15	15	15	15	15	15	15	<b>0</b>

Durante o processo de estudo e coleta de dados, nota-se que o sequenciamento da carteira de trabalho é fundamental desde que aplicada juntamente com a filosofia de trabalho. Como mencionado anteriormente, a célula de produção é parada 10 minutos anteriormente ao término do turno para limpeza e preparação de setup do próximo turno de trabalho, sendo de responsabilidade dos próprios operadores decidir entre si (após treinamento de filosofia *Lean Manufacturing*) quais serão responsáveis pela preparação do próximo setup e quais serão responsáveis pelas estações de trabalho.

Será apresentado a seguir, conforme demonstrado na tabela 5, o sequenciamento/planejamento da produção primeiramente sendo levado em consideração o sequenciamento estabelecido pela ordem natural, ou seja, conforme a entrada da ordem de produção implantada pelo departamento de vendas e, posteriormente, será apresentado o sequenciamento/planejamento da produção após a utilização das técnicas do *Lean Manufacturing* em conjunto com o planejamento.

Tabela 5 – Sequenciamento/planejamento inicial

BEFORE "LM" WITH PLANNING Daily Planning (No matter number of employees)					
Planning Sequence	Qty	MODEL	Cycle Time	Total Time	Setup Time
1	15	TC10 Exd	15,8 min	236,3 min	0,0 min
2	3	TC10-B	14,9 min	44,6 min	4,0 min
3	5	TC40	21,1 min	105,6 min	33,0 min
4	10	TR10 Exd	15,5 min	155,0 min	30,0 min
5	12	TR10-B	14,8 min	177,0 min	4,0 min
6	1	TR10-H	16,9 min	16,9 min	6,0 min
7	6	TR40	25,9 min	155,3 min	26,0 min
				14,8 hrs	1,7 hrs

Conforme observado na Figura 5, o sequenciamento levou em consideração a premissa do *FIFO – First In, First Out* – onde foi desprezado o estudo de um melhor sequenciamento e também desconsiderada a possibilidade de agrupamento por nenhum critério previamente estabelecido, ou seja, sem a interferência de nenhum tipo de análise ou ação externa à programação.

Será apresentado a seguir, conforme Tabela 6, o sequenciamento/planejamento da produção sendo levado em consideração o sequenciamento estabelecido após a aplicação das técnicas do *Lean Manufacturing* no planejamento da produção. Este sequenciamento foi baseado no melhor tempo de setup entre os modelos disponíveis a serem programados. Estes tempos foram baseados na Tabela 4, onde demonstra o tempo necessário para setup entre os determinados modelos.

Tabela 6 – Sequenciamento com a utilização do SMED com planejamento

AFTER "LM" WITH PLANNING Daily Planning (No matter number of employees)						
Old Sequence	New Sequence	Qty	MODEL	Cycle Time	Total Time	Setup Time
3	1	5	TC40	21,1 min	105,6 min	0,0 min
7	2	6	TR40	25,9 min	155,3 min	3,0 min
6	3	1	TR10-H	16,9 min	16,9 min	26,0 min
4	4	10	TR10 Exd	15,5 min	155,0 min	3,0 min
2	5	3	TC10-B	14,9 min	44,6 min	4,0 min
5	6	12	TR10-B	14,8 min	177,0 min	3,0 min
1	7	15	TC10 Exd	15,8 min	236,3 min	7,0 min
					14,8 hrs	0,8 hrs

Após a realização das análises do proposto estudo, chegou-se ao resultado da aplicação das técnicas LM como suporte no planejamento da produção, foi possível ser calculado o ganho de tempo de setup antes sendo de 1,7 horas para 0,8 horas, resultando em um ganho de 55%, conforme pode ser notado na Tabela 7 e consequentemente ilustrado na Figura 6 como forma de melhor visualização do resultado encontrado.

Tabela 7 – Resultado do caso estudado

Total Time	Total Time	Setup Time	%
<b>BEFORE STUDY</b>	14,8 hrs	1,7 hrs	<b>55%</b>
<b>AFTER STUDY</b>	14,8 hrs	0,8 hrs	

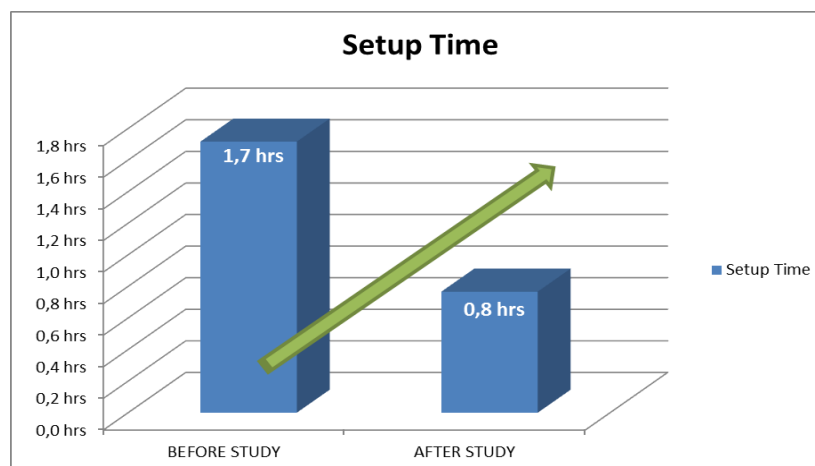


Figura 6 – Gráfico de redução do tempo total de setup

## 6. Análise dos resultados

Como análise dos resultados encontrados, é possível chegar à conclusão que a máxima eficiência no ganho de tempo de setup foi obtida através da utilização das técnicas do *Lena Manufacturing* integrado com a padronização do sequenciamento do *mix* de produto. Para a aplicação do estudo de caso considerado neste estudo, esta integração pode ser considerada obrigatória, pois os resultados demonstram claramente que ambos, caso fossem aplicados individualmente, não trariam a mesma eficiência, conforme pode ser analisada nas tabelas e figuras já apresentadas anteriormente.

Outra conclusão obtida através destes resultados é a possibilidade da utilização do estudo aplicação nas demais linhas de produção da empresa, onde espera-se que o ganho de tempo de setup seja equivalente por se tratar de problemas parecidos.

Este ganho de tempo de setup pode ser refletido diretamente na produtividade, pois, levando em consideração os dados mencionados na Tabela 4, o tempo médio de ciclo é de 17,84 minutos e, levando em consideração uma redução no tempo *setup* de 54 minutos (0,9 horas), chegamos à conclusão que será possível produzir aproximadamente 3 peças a mais por dia de trabalho. Este aumento da quantidade de peças, pode ser traduzido no aumento de produtividade diária. Sendo levada em consideração a capacidade de fabricação de 52 peças por dia, e mensal de 1040 peças (sendo 20 dias úteis no mês) conforme apresentado na Tabela 4, passaria a ser fabricado 55 peças por dia e 1100 peças por mês, resultando em um ganho de produtividade no valor de 5,8%, sendo extremamente válido ressaltar que não foi necessário a inclusão de recursos adicionais, sejam eles financeiros ou de caráter pessoal.

## 7. Considerações finais

Este trabalho visou apresentar a integração de ferramentas, métodos e filosofias com o objetivo de traçar um ponto entre a teoria e a prática, focando no objetivo de redução de tempo de setup, com a utilização do LM auxiliando no planejamento da produção.

Dentro do contexto apresentado, nota-se que simples quebras de paradigmas são o suficiente para que o ganho de produtividade seja notável. Com a aplicação integrada de ferramentas cotidianas, chegou-se a resultados claros de que há uma forte necessidade da análise de tempos de setup juntamente com o planejamento.

Algumas ações de melhoria que foram marcantes no presente estudo podem ser listadas conforme abaixo:



- ✓ Alteração e melhoria de dispositivos que permitem a sinergia dos operadores;
- ✓ Utilização de setup comum para mais de um modelo de produto;
- ✓ Melhoria na comunicação entre planejamento e produção;
- ✓ Melhoria no estabelecimento de tempos padrões;

Quanto ao nível filosófico, os resultados foram considerados satisfatórios levando em consideração atingir os objetivos em um cenário ocidental, considerando a utilização de técnicas orientais. Nota-se claramente que ao iniciar os trabalhos de integração de ferramentas e filosofias, uma barreira natural referente às diferenças culturais é criada, entretanto um ponto a ser refletido é que as barreiras culturais sempre existirão fazendo com que o gestor seja obrigado a lidar com isso e uma boa maneira é não tratando como um obstáculo, mas sim um desafio.

Levando em consideração que a boa utilização de uma técnica exige um apoio “*Top-Down*”, chegou-se ao resultado de que quanto mais alto o nível de qualificação, mais fácil era a assimilação dos benefícios que as técnicas trariam mesmo frente as dificuldades de utilização. De outro modo, houve a necessidade prática e exaustiva de treinamento teórico para com os colaboradores com um nível de qualificação consideravelmente mais baixo em relação aos demais.

Quanto ao nível técnico, os resultados esperados foram considerados satisfatórios, onde se pode notar a aplicação das técnicas e filosofia aplicadas, atingindo um ganho de produtividade considerável, sem nenhuma mudança nos recursos atualmente disponíveis.

O presente estudo limitou-se ao estudo de um cenário relativamente próximo, ou seja, quantidades iguais de produtos a serem manufaturados, somente sendo levado em consideração a aplicação da técnica, juntamente com trabalho em equipe mais próximo entre planejamento e produção. Este estudo levou aproximadamente 2 meses e com um total de 7 pessoas envolvidas, sendo todas as pessoas colaboradoras diretas da empresa que foi estudada.

Outro aspecto importante a ser levado em consideração, que não foi possível mensurar através deste estudo, é a necessidade de envolvimento pessoal de todos os colaboradores envolvidos na resolução do determinado problema, onde nota-se claramente que quanto mais motivada a pessoa está, mais sugestões de melhoria coletiva são geradas.

Como sugestão para estudos futuros, é sugerido que seja analisado um período anual, e com uma maior variedade de produtos, sendo também levando em consideração o valor do produto ou equipamento bem como a margem de lucro média para que os esforços possam ser direcionados de uma maneira diferente também analisando a viabilidade real da adição das variáveis citadas. Outra sugestão é a aplicação de uma análise paralela ao estudo levando em consideração fatores emocionais como motivação e satisfação.

## REFERÊNCIAS

- Ball, P. (2015). Low energy production impact on Lean flow. *Journal of manufacturing Technology Management*, 26: 412-428.
- Belbin, M. (2010). *Management Teams: why they succeed or fail*. Butterworth Heinemann, 3ª Ed.
- Bhamu, J. & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and resarch issues. *International Journal of Operations & Production Management*. 34(7): 846-940.
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.
- Chopra, A., Kalra P. & Jawalkar, C. S. (2014). Reduction of Process Lead Time through Value Stream Mapping: A Case Study of Indian Electronics Industry, *International Journal of Advanced Engineering Applications*, 7: 19-26.
- Demarrais, K., B., & Lapan, S. (2004). *Foundations for Research Methods of Inquiry in Education and the Social Sciences*. Mahway, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Demo, P. (1995). *Metodologia científica em ciências sociais*. São Paulo, Atlas, 3ª Ed.
- Deros, B. M., Mohamad, D., Idris, M. H. M., Rahman, M. N. A., Ghani, J. A. & Ismail, A. R. (2011). Setup time reduction in an automotive battery assembly line. *International Journal of System Application, Engineering & Development*, 5(5):618-625.
- Eisenhardt, K., M. (1989). Building Theories from Case Study Research, *The Academy of Management Review*, 14(4): 532-550.
- Feldimann, M. & Biskup, D. (2003). Single-Machine Scheduling for Minimizing Earliness and Tardiness Penalties by Meta-heuristic Approaches. *Computers and Industrial Engineering*, 44: 307–323.
- Gil. A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Godinho F. M. Fernandes, F. C. F. (2014). Manufatura Enxuta: Uma Revisão que Classifica e Analisa os Trabalho Apontando Perspectivas de Pesquisas Futuras. *Gestão & Produção*. 11(1): 1-19.
- Goubergen, D. V. & Landeghem, H. V. (2012). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 18(3-4):205-214.
- Kulkarni H. & Bhatwadekar S. (2015). Performance of decomposition procedures for job shop scheduling problems with bottleneck machines, *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 5(1): 245-254.
- Goriwondo, W. M., Mhlanga, S. & Marecha, A. (2011). Use of The Value Stream Mapping Tool For Waste Reduction In Manufacturing. Case Study For Bread Manufacturing In Zimbabwe, *Proceedings of International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 236-241.
- Jebaraj, S. & Uthiyakumar, B. (2013). The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm, *Journal of Manufacturing Technology Management*. 24(5):792-807. Doi: 10.1108/17410381311328016

- Kumar, S.V., Mani, V.G.S. & Devraj, N. (2015). Production Planning and Process Improvement in an Impeller Manufacturing Using Scheduling and OEE Techniques. Proceedings of *International Conference on Advances in Manufacturing and Materials Engineering*.
- Laugen, B. T., Acur, N. & Boer, H. (2005). Best manufacturing practices. What do the best-performing companies do?. *International Journal of Operations & Production Management*. 25: 131-150.
- Lopes, M. C. (2008). *Modelo para Focalização da Produção com Células de Manufatura*. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção.
- Maccarthy, B. L. & Liu, J. Y. (1993). Addressing the gap in the scheduling research: a review of optimization and heuristic methods in production scheduling. *International Journal of Production Research*, 31(1):59-79.
- Mark, A. (2004). Setup reduction: at the heart of Lean Manufacturing. Modern Machine Shop.
- Mason, S., Fowler, J., Carlyle, W. & Montgomery, D. (2005). Heuristics for minimizing total weighted tardiness in complex job shops. *International Journal of production Research*. 43(10):1943-1963.
- McIntosh, R.I., Culley, S. J., Mileham, A. R. & Owen, G. W. (2010). A critical evaluation of Shingo's SMED methodology, *International Journal of Production Research*. 38(11):2377-2395.
- Miltenburg, J. (2001). U-shaped production lines: A review of theory and practice. *International Journal of Production Economics*. 70(3): 201-214.
- Mönch, L. & Zimmermann J. (2011). A computational study of a shifting bottleneck heuristic for multi-product complex job shops, *Production Planning & Control*, 22(1): 25-40.
- Moreira, A. M., Silva, R.S. & Palma, M. A. M. (2010). Análise de Gerenciamento de Tempo Aplicado a um Projeto de Petróleo. *Revista de Gestão e Projetos - GeP*, São Paulo, 1(2): 128-146.
- Moxham, C. & Greatbanks, R. (2001). Prerequisites for the implementation of the SMED methodology. A study in textile processing environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 18: 404-414.
- Ohno, T. (2002). *O Sistema Toyota de Produção. Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Petrobrás (2016). *Planos de gestão*. Disponível em: <http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/apresentacoes/plano-de-negocios-e-gestao>. Acesso em 13/04/2016.
- Reik, M.P., McIntosh, R.I., Culley S.J., Mileham, A.R., Owen, G.W. (2006). A formal design for changeover methodology. Part 1: Theory and background. Proceedings of the *Institution of Mechanical Engineers*, Part B: *Journal of Engineering Manufacture*. 220: 1225.
- Rong-Lei, S., Han D., Youlun X. & Runshen D. (2006). Iterative Learning Scheduling: a combination of optimization and dispatching rules. *Journal of manufacturing Technology Management*, 15(3):298-305.
- Seth, P. P., Vivek A. D. & Hire R. K. (2014). Value Stream Mapping: A Case Study of Automobile Industry, *International Journal of Research in Engineering and Technolog*. 3: 310-314.
- Santos, A. (1999). *Application of flow principles in the production management of construction sites*. PhD Thesis. Salford, England: School of Construction and Property Management.
- Shingo, S. (2000). *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta*. Porto Alegre: Bookman.
- Turkyilmaz, A., Gorener, A. & Baser, H. (2013). Value Stream Mapping: Case Study in a Water Heater Manufacturer. *International Journal of Supply Chain Management*. 2: 32-39.
- United Nations. (2005). *World Investment Report 2005: Transnational Corporations and the Internationalization of R&D*. United Nations, New York & Geneva.
- Venkatraman, K., Vijaya, B., Muthu V. K. & Elanchezian, C. (2014). Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process, *Procedia Material Science*, 6:1187-1196.
- Vermulm, R. & Erber, F. (2002). *Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio*. Cadeia: Bens de Capital. Campinas: Unicamp.

Wan, G. E., Yen, B. P. C. (2002). Tabu search for single machine scheduling with distinct due windows and weighted earliness. *European Journal of Operational research*, 142: 271-281.

Yamagar, A.C & Ranavan, P.M. (2010). Material Management by using Lan Manufacturing Principles. A case study. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on manufacturing Engineering, Quality and production Systems.

Womack, J. P., Jones, D. T & Ross, D. (2004). *A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Ying, K. C. (2008). Minimizing earliness-tardiness penalties for common due date single-machine scheduling problems by a recovering beam search algorithm, *Computers & Industrial Engineering*, 55(2):494-502.

Zhou, H., Feng, Y. & Hang, L. (2011). The hybrid heuristic genetic algorithm for job shop scheduling. *Computers & Industrial Engineering*, 40(3): 191-200.



**Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-CompartilhaIgual 4.0 Internacional.**