

REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* - O CAMINHO PARA A MANUFATURA ENXUTA

REDUCTION IN THE SETUP PERIOD: MAKING THE MANUFACTURING PROCESS SHORTER

Edilson Alexandre da COSTA¹
Hamilton POZO²

RESUMO

O presente trabalho desenvolve procedimentos para redução de custos na manufatura utilizando as técnicas de redução do tempo de preparação de máquina (setup), por meio de procedimentos sistematizados pelos quais os equipamentos serão ordenados e manipulados de forma a proporcionar facilidade e rapidez no manejo do processo de finalização e inicialização de uma operação para outra. Posteriormente será analisada uma empresa de usinagem com estrutura funcional, abstraindo os procedimentos utilizados no cotidiano de seus setups. E, finalmente, será proposta uma metodologia de redução de setup, com modificações na rotina existente e serão apurados os resultados dos novos procedimentos.

Palavras-chave: Administração de Produção, Produção Enxuta, Setup, Redução de Custos.

ABSTRACT

This study develops procedures for cost reduction in the manufacturing process, using techniques of time reduction in setup, through systematized procedures where equipments will be disposed in the manufacturing plant in a more efficient way in order to be handled in with facility and speed during the finalization process and the beginning of another operation. Later, a factory with this new functional structure will be analyzed, focusing on the procedures used every day in their setups. Finally, a methodology of reduction in the setup will be proposed,

⁽¹⁾ Professor Titular do Centro de Economia e Administração da PUC-Campinas.

⁽²⁾ Professor MSc da Universidade Paulista de Santos.

with modifications in the current manufacturing routine, followed by the investigation of the results of the new procedures.

Key words: *production administration, cost reduction, setup, production.*

I. INTRODUÇÃO

Atualmente uma série de transformações no universo industrial tem ocorrido devido à mudança do foco da produção em massa para a produção em pequenos lotes, fazendo com que surjam novos procedimentos na administração da produção.

Um desses procedimentos é a troca rápida de ferramentas e dispositivos da máquina com o objetivo de reduzir custos por meio da simplificação do tempo de *setup*, provocando a eliminação de refugos, retrabalho e, ainda, a redução de tempo de inspeção.

Para a produção de pequenos lotes, muitos equipamentos são projetados e organizados com o objetivo de facilitar a movimentação e a rapidez na troca de materiais de um processo para outro, reduzindo assim, ou eliminando completamente, o tempo de ciclos e desperdícios.

II. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

No passado, foi dada atenção a alguns detalhes do *setup*, tais como: se seria um trabalho direto ou indireto e se deveria ser executado pelo operador ou pela equipe ou por um técnico em *setup*.

Pouco esforço foi aplicado com o objetivo de redução do seu tempo ou mesmo da sua eliminação, tratando o *setup* como fixo para uma determinada produção. O objetivo resumia-se em aumentar o tamanho do lote para que o tempo de *setup* fosse diluído na produção total deste lote, reduzindo seu custo e, conseqüentemente, criando grandes inventários em processo e longo *lead-time*.

Com relação aos *setups*, a filosofia *just-in-time* não os aceita como fixos e está

baseada no processo de trocas rápidas de ferramentas, ocorrendo assim substanciais sucessos na redução do tamanho do lote.

A redução formal do processo de *setup* está baseada no grupo ou equipe envolvida, que consiste de pessoas do chão de fábrica, onde os operadores têm um papel importante.

Um dos pioneiros em redução de *setup* foi Shigeo Shingo (1987), da Toyota, que desenvolveu o *único dígito de minuto de troca do processo de ferramental* (SMED).

O essencial do SMED (*single minute exchange die*), que neste trabalho será tratado como STRM (*sistema de troca rápida a minuto*), tem sido o fundamento de numerosos programas que têm resultado em redução drástica de tempo de *setup* de dias ou horas para poucos minutos. Este sucesso está embasado, segundo J.W. Tooney (1996), na equipe de trabalho, em um processo organizado de quatro estágios, e no senso comum.

O primeiro estágio é a análise do atual processo de *setup* para determinar se é realmente requerido ou se pode ser eliminado por meio da família de produtos ou simplificação do processo. Se o *setup* não pode ser eliminado, os detalhes das máquinas, as ferramentas, os materiais e as rotinas existentes podem ser mais bem analisados. O seu manuseio, por intermédio de filmagens na entrada em operação, possibilita capturar muitos procedimentos que não deveriam existir.

O segundo estágio é identificar quais atividades de *setup* são internas e quais são externas à operação. Uma atividade externa é a que pode ser executada no momento em que a máquina está executando efetivamente uma produção; já uma atividade interna obrigaria a uma parada da operação da máquina para fazer a troca necessária do ferramental.

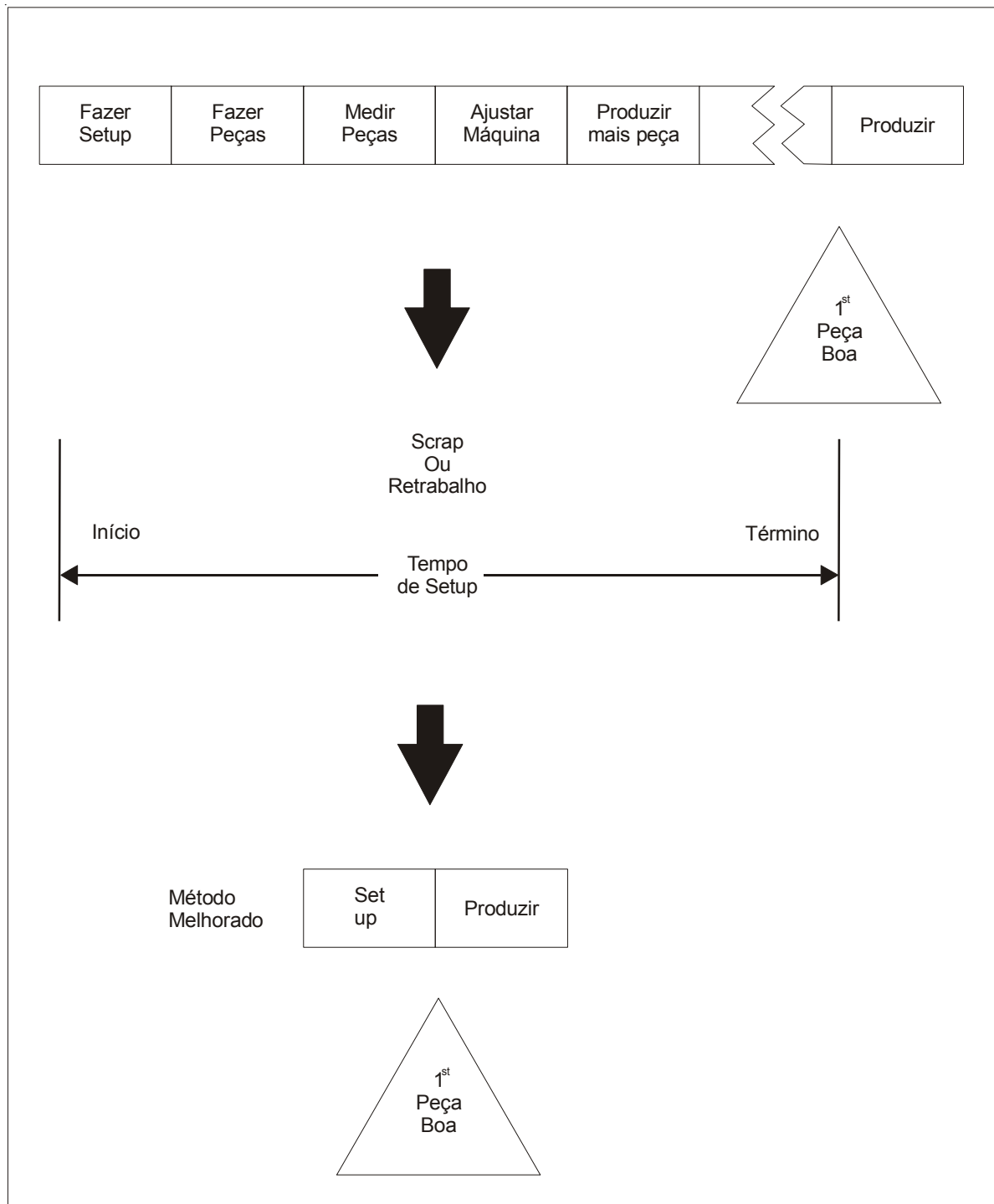


Figura 1. A implementação do método de *setup* reduz o tempo do *setup* pela eliminação dos elementos não necessários, como os de ajustagem. [extraído de J.T. Black, 1991].

Uma vez identificadas as atividades, os procedimentos devem ser revistos para garantir que a máquina esteja operando enquanto atividades externas sejam eliminadas, fazendo com que o tempo real de *setup* seja drasticamente reduzido.

O terceiro estágio do processo seria o reexame das atividades internas para assegurar que elas sejam corretamente identificadas e aceitas para então aplicar esforços para convertê-las em atividade externa.

O quarto estágio é a melhoria de ambas as atividades, internas e externas, do *setup* que não foram possíveis eliminar, como: executar operações paralelas, eliminação de ajustes, por em prática a metodologia de análise e praticar fazendo *setup*, padronização de dispositivos para eliminar tempo de ajustes e, finalmente, eliminar o seu *setup*.

Muitos problemas de *setup* estão relacionados com materiais, processos, sistemas de fabricação e sua administração. Contrariando a opinião popular, a execução é um problema menor. Muitas empresas têm empregado o trabalho em equipe para reduzir o esforço individual, sendo recomendada a combinação de esforços da equipe de *setup* e o treinamento individual nos fundamentos da técnica do STRM - *sistema de troca rápida a minuto de ferramental*.

BLACK, J. T. (1991) recomenda os seguintes procedimentos na execução do *setup*, conforme Figura 1;

- Seleção de um líder em tempo integral que acredite na filosofia de redução de *setup* para o projeto;
- Seleção de uma equipe do projeto para executar o trabalho. Tipicamente, a equipe de *setup* deveria ser composta das seguintes pessoas: um operador de *setup*, um engenheiro industrial, um engenheiro de projeto, um ferramenteiro, um operador de máquina, um consultor com experiência em redução de *setup*, um supervisor, um gerente da área de projeto e um líder sindical;
- Realização de uma série de reuniões informais com diretores e o *staff* de supervi-

sores, e todos os trabalhadores, incluindo o representante sindical. Estes encontros darão ênfase ao programa de troca rápida de ferramentas, resultando em rápidos e mais frequentes *setups* cujos trabalhadores serão os responsáveis por muitos destes esforços. Estes encontros tratarão do que deverá ser feito, por que deverá ser feito, quem o fará, e como deverá ser realizado. Sugestões deverão ser bem-vindas, sendo aceitos conselhos e o envolvimento da equipe. Convidar o presidente da companhia para os encontros será interessante, pois este programa não terá nada a esconder. A única motivação será para a redução do tempo de *setup*, em que o tempo de produção poderá ser diminuído, inventários e custos poderão ser reduzidos, e a produtividade poderá ser melhorada;

- Seleção de áreas específicas da planta para o projeto piloto. Este pode ser uma série de máquinas, processos e operações que se planeja e organiza entre um trabalho celular ou funcional. Para o momento em que as máquinas terão que ser movidas entre células, os problemas de *setup* terão que ser localizados. O projeto inicial pode ter longos *setups*, problemas de atrasos, grandes inventários em processo, alto valor de inventário ou grandes problemas de qualidade.

Uma vez que a equipe seja treinada no STRM e na operação de *setup*, começa o treinamento específico de operadores e de pessoas envolvidas no atual *setup* - *único dígito de minuto de troca do processo de ferramental*. A metodologia é tão simples e direta que todos podem fazê-la. Além disso, a empresa não terá tempo para esperar até a equipe comece a implantação em todas as máquinas da fábrica. A implantação no final do *setup* deverá estar em toda a empresa.

III. PROPOSTA E SOLUÇÃO

Uma avaliação da situação atual da empresa FMLtda, onde foi realizado este trabalho, mostrou que o processo em prática não segue nenhuma metodologia ou procedimentos para

que as preparações de máquinas (*setup*) sejam executadas. Embora existam folhas de operações para efetuar os *setups*, ficou evidente nas observações das preparações, e pelas palavras dos operadores que os executavam, que não as utilizavam, acarretando assim um maior tempo para completar a preparação da máquina.

Foram avaliados quatro *setups* em quatro máquinas diferentes, sendo um torno Traub, uma fresadora universal, uma linha de retífica para

desbaste e uma linha de retífica para acabamento, que mostraram os acontecimentos, via execução dos *setups*, que estão documentados nas folhas de avaliação e nas análises de procedimentos abaixo relacionadas:

- No setor de tornos, escolheu-se uma peça da programação e acompanhou-se toda a rotina de *setup*. Na ficha técnica da peça o tempo padrão de *setup* era de 30 minutos e o tempo encontrado foi 64 minutos, conforme descrito na tabela 1 abaixo:

Tabela 1. Folha de avaliação do *setup* do torno Traub 9709.

Análise de <i>Setup</i>		FMETAL	
		Máquina: Torno Traub 9709 Início do <i>setup</i> : 9:43 horas	
Nome do operador:			
Oper.	Descrição	Tempo	TC
10	Terminar a última peça, e buscar novo processo	4,0	9:47*
20	Pegar algumas ferramentas	1,0	9:48*
30	Iniciar troca de ferramentas de corte e pinça	6,0	9:54
40	Soltar parte traseira do fuso	2,0	9:56
50	Colocar novas ferramentas de corte e ajustar comprimento	5,0	10:01
60	Cortar a primeira peça e verificar dimensão	2,0	10:03
70	Iniciar ajuste do comprimento e dos cantos da peça (neste momento o operador foi buscar outras chaves, um novo came e o trocou no torno, ajustou novamente as ferramentas de corte).	27,0	10:30**
80	Ajustar a velocidade de corte, trocar jogo de engrenagem)	4,0	10:34
90	Cortar uma segunda peça com ajuste das ferramentas	2,0	10:36
100	Buscar gabarito e medir a peça	3,0	10:39*
110	Ajustar, cortar a terceira peça e medi-la	1,0	10:40
120	Ajustar o sistema de arraste da barra e cortar nova peça	3,0	10:43
130	Cortar mais seis peças e medi-las, liberar a produção	4,0	10:47
TEMPO TOTAL DO <i>SETUP</i>		64 minutos	
Tempos internos: 46 minutos Tempos externos*: 18 minutos			
** internos e externos, sendo 10 minutos externos			
Obs.: Boa parcela dos tempos internos pode ser transformada em tempos externos			

Analisando a filmagem das máquinas, constatou-se que o preparador não tem uma rotina sistematizada do desenvolvimento do *setup*. Ele fica sabendo da peça que irá montar na hora que termina a peça anterior e, a partir do recebimento da ordem de serviço, ele passa a providenciar tudo o que o equipamento necessitará. Com isso, há um excesso de tempo de

preparação, falta de ferramental nos lugares indicados, dificuldade de identificação de dispositivos e padrões para controle da peça montada, e um tempo muito grande gasto em caminhada na procura de ferramental no âmbito da empresa, conforme indica a tabela 2 e o anexo 1:

Tabela 2. O operador para montar o Torno TB 42 nº 9709 no processo de *setup* convencional necessitou caminhar:

ITEM	OPERAÇÃO	DISTÂNCIA (ida e volta)
01	Buscar processo da peça a ser montada	30 metros
02	Pegar matéria-prima no estoque	60 metros
03	Buscar ferramenta no Torno Traub nº 7754	04 metros
04	Pegar ferramenta no Torno Traub nº 7372	06 metros
05	Buscar pinça no estoque	10 metros
06	Buscar outra pinça no estoque	10 metros
07	Buscar curva no estoque de garras	10 metros
08	Buscar martelo na máquina Fresadora nº 5331	30 metros
09	Buscar padrão no estoque	20 metros
10	Buscar container para peças usinadas	08 metros
	Distância total percorrida	188 metros

• Analisando a filmagem do *setup* da Fresa universal 5336, a preparação da peça 23298 e comparando com o tempo padrão determinado pela ficha técnica que é de 30 minutos, o tempo encontrado na avaliação foi de 35 minutos, conforme descrito nas tabelas 3 e 4, a seguir, e no anexo 2:

Nas tabelas 5 e 6 apresentam-se as análises de *setup* nas retíficas de desbaste e de acabamento em que as fichas técnicas apontavam *setup* de 15 minutos para ambas e o tempo encontrado foi de 21,5 e 15 minutos, respectivamente, para cada máquina.

As figuras 3 e 4 retratam as dificuldades e a falta de estrutura no trato dos tempos e

prioridades com o processo de preparação de máquinas pela empresa, mostrando que a precariedade e o imprevisto são a tônica desta operação.

IV. RESULTADOS

A análise de *setup* das quatro máquinas avaliadas na empresa pesquisada comprova que seus tempos são elevadíssimos, sendo, portanto, uma grande barreira para se trabalhar com pequenos lotes de produção, reduzir os custos de inventários e desperdícios e, principalmente, dar flexibilidade à empresa e trabalhar em um sistema de manufatura enxuta.

Tabela 3. Folha de avaliação do *setup* do Fresa universal 5336.

Análise de Setup		FMETAL	
Peça: 23298 Data: 00/00/00		Máquina: Fresa Universal 5336 Início do <i>setup</i> : 8:52 horas	
Nome do operador:			
Oper.	Descrição	Tempo	TC
10	Terminou a última peça, e buscou novo processo	3,0	8:55*
20	Pegou os dispositivos	2,0	8:57*
30	Buscou o gabarito de inspeção	5,0	9:02*
40	Guardou ferramental do processo anterior	2,0	9:04*
50	Iniciou a troca de ferramentas (ajustar fresa) (parou às 9:15 horas para o lanche de 15 minutos)	11,0	9:15
60	Voltou para a máquina às 9:33 horas e terminou o ajuste	5,0	9:38*
70	Fixou a mesa e o cabeçote da fresa	1,5	9:39½
80	Usinou a primeira peça e mediu a peça	2,0	9:41½
90	Ajustou e usinou a segunda peça e liberou a produção	0,5	9:42
TEMPO TOTAL DO SETUP		35 minutos	
Tempos internos: 20 minutos Tempos externos*: 15 minutos			
** internos e externos, sendo 10 minutos externos			
Obs.: Boa parcela dos tempos internos pode ser transformada em tempos externos			

Tabela 4. O operador para montar a FRESADORA nº 5336 no processo de *setup* convencional caminhou:

ITEM	OPERAÇÃO	DISTÂNCIA (ida e volta)
01	Buscar processo da peça a ser montada	35 metros
02	Pegar dispositivo da fresa	12 metros
03	Buscar fresa no estoque	20 metros
04	Procurar martelo na fábrica	60 metros
05	Buscar ferramenta no estoque	40 metros
06	Buscar estopa no estoque	20 metros
07	Trocar fresa no estoque	10 metros
08	Buscar ferramenta no estoque	10 metros
09	Buscar calibrador no estoque	30 metros
	Distância total percorrida	237 metros

Tabela 5. Folha de avaliação do *setup* da Retífica *Centerless* de acabamento.

Análise de Setup		FMETAL	
Peça: 3342112 Data: 00/00/00		Máquina: Retífica <i>Centerless</i> Acabamento Início do <i>setup</i> : 10:49 horas	
Nome do operador:			
Oper.	Descrição	Tempo	TC
10	Terminar a última peça e buscar novo processo	2,0	10:51*
20	Retirar alimentador	1,0	10:52*
30	Iniciar ajuste da retífica (abrir distância dos rebolos, parar rebolos, ajustar a entrada e saída das peças e dressar reboło [5 minutos])	12,0	11:04
40	Retificar a primeira peça e ajustar medida	6,0	11:10
50	Retificar a segunda peça e liberar produção	0,5	11:10½
TEMPO TOTAL DO SETUP		21,5 minutos	
Tempos internos: 18,5 minutos		Tempos externos*: 3,0 minutos	
Obs.: Boa parcela dos tempos internos pode ser transformada em tempos externos			

Tabela 6. Folha de avaliação do *setup* da Retífica *Centerless* de desbaste

Análise de Setup		FMETAL	
Peça: 4301471 Data: 00/00/00		Máquina: Retífica <i>Centerless</i> Desbaste Início do <i>setup</i> : 11:10 horas	
Nome do operador:			
Oper.	Descrição	Tempo	TC
10	Terminar a última peça e buscar novo processo	2,0	11:12*
20	Retirar alimentador	1,0	11:13*
30	Iniciar ajuste da retífica # 1	2,0	11:15
40	Retificar a primeira peça na retífica # 1	0,5	11:15½
50	Iniciar ajuste retífica # 2	2,5	11:18
60	Retificar a primeira peça na retífica # 2	0,5	11:18½
70	Inspecionar e ajustar a retífica # 2	3,0	11:21½
80	Iniciar ajuste da retífica # 3	2,0	11:23½
90	Retificar a segunda peça, medir e liberar a produção	1,5	11:25
TEMPO TOTAL DO SETUP		15 minutos	
Tempos internos: 12 minutos		Tempos externos*: 3 minutos	

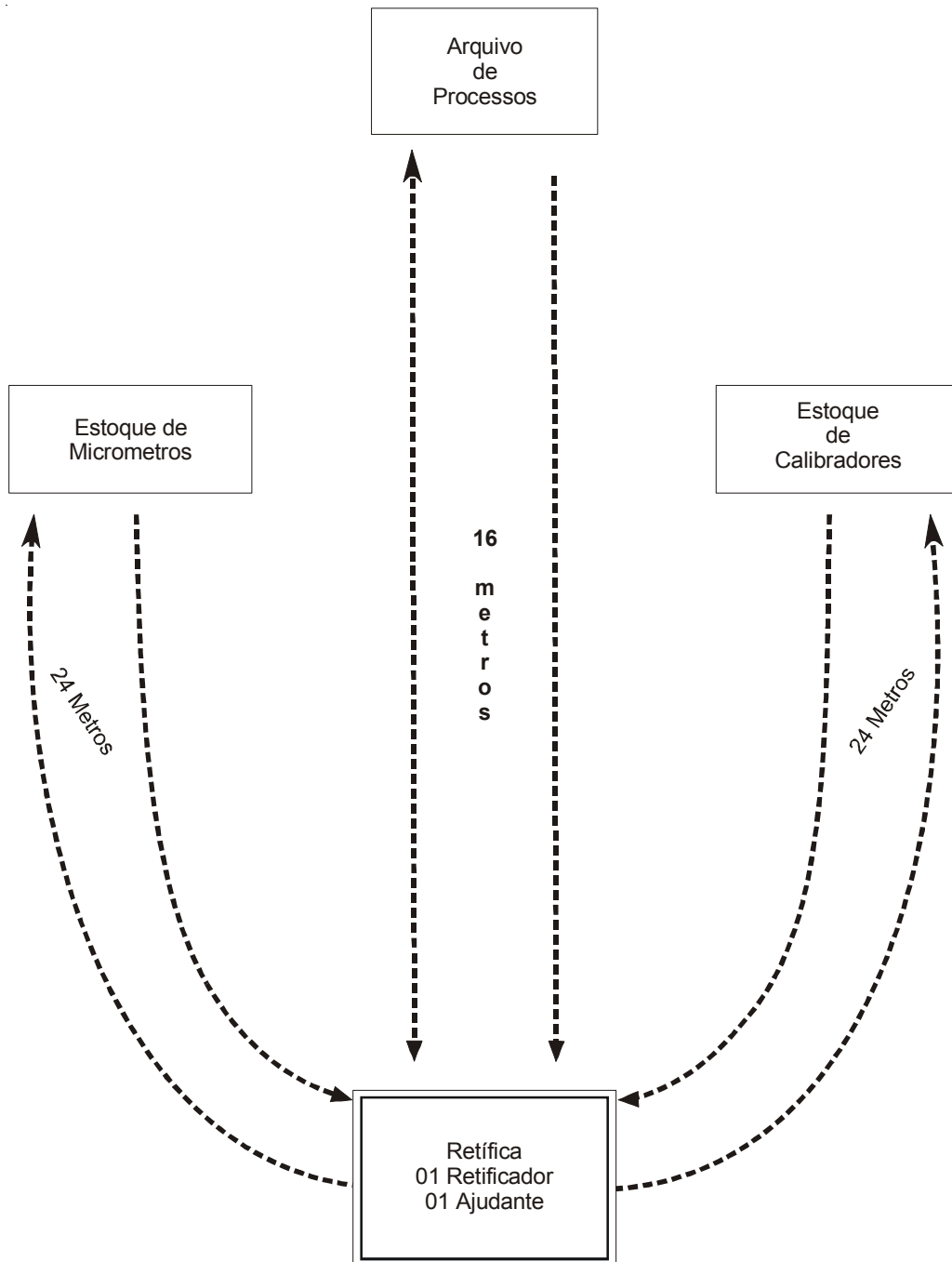


Figura 3. Demonstrativo da trajetória utilizada pelo montador no processo de *setups* da retífica *Centerless* verde - espaço total percorrido em torno de 64 metros.

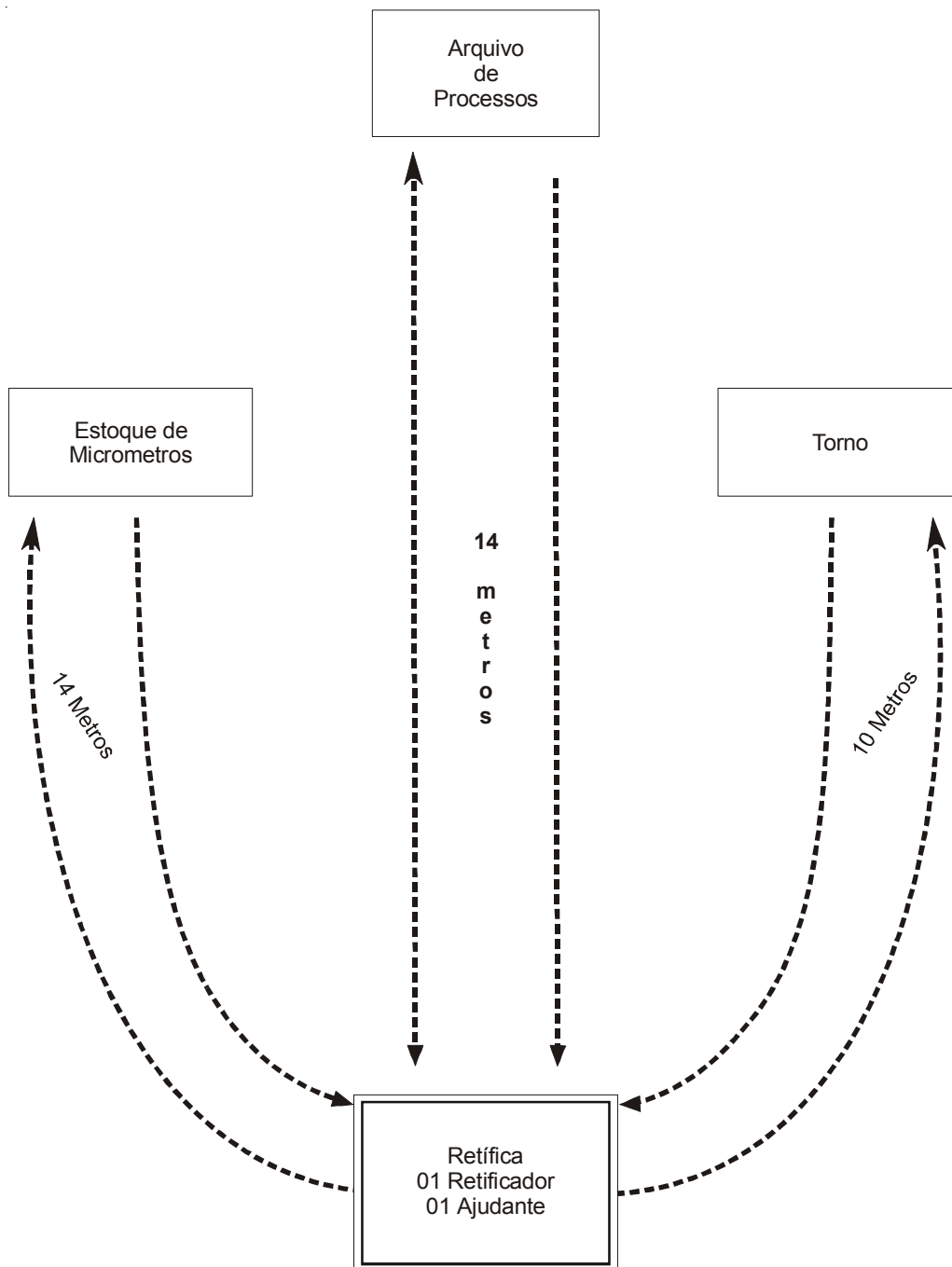


Figura 4. Demonstrativo da trajetória utilizada pelo montador no processo de *setups* da retífica *Centerless* verde - espaço total percorrido em torno de 38 metros.

A empresa, para implementar as modificações necessárias do STRM, primeiramente realizou um encontro no qual foram expostos os resultados encontrados no diagnóstico para todos os envolvidos nos departamentos, desde operadores de máquina até o presidente da empresa, passou a filmagem e, posteriormente, foram discutidos todos os problemas notados e as possíveis soluções.

Foi elaborado um cronograma de trabalho em que as primeiras providências foram modificar o *lay-out* das máquinas e desobstruir os espaços estrangulados, trazendo os ferramentais utilizados no *setup* para perto das máquinas, eliminando de imediato o percurso dos preparadores de máquinas para buscar ferramentas no momento do *setup*.

Próximo às máquinas foram elaborados painéis com figuras das ferramentas para que os mecânicos, após a utilização de determinada ferramenta, pudessem devolvê-la no local indicado. Estas providências iniciais não necessitaram, praticamente, de nenhum investimento e já foi possível visualizar uma melhor organização na execução do *setup*.

Esleceu-se primeiramente uma determinada máquina para começar a implantação piloto do novo sistema de STRM, a qual está sendo realizada no momento, para posterior ampliação para toda a empresa.

Ficou bem clara a importância de se implementar a filosofia de *setup* STRM para que os tempos atuais caíam abaixo de 9 minutos, inicialmente, e, com pequenos investimentos, possam cair para um minuto. Esta é uma decisão que a FMETAL não poderá postergar mais, pois sua sobrevivência muito dependerá das mudanças que estão sendo implementadas.

V. CONCLUSÕES

A redução ou eliminação de tempo de *setup* é um passo fundamental para a conversão de qualquer sistema de *setup* para um sistema STRM. Este esforço, normalmente, será o primeiro que uma empresa deverá empreender. Os resultados são imediatos e óbvios, porém isto não faz com que o programa STRM seja um projeto de curto prazo.

Na tabela 7, são mostrados os resultados de um programa de redução de tempo de *setup* de uma empresa, nos USA, no qual foram gastos quatro anos para reduzir o tempo de *setup* para abaixo de 90 segundos para mais de 75% dos *setups*, porém a redução dos tempos 45 a 90 minutos para 10 a 15 minutos em 90% dos *setups* gastou em torno de 9 meses. Para obter este nível de redução de tempo de *setup* é necessário um trabalho desenvolvido em fases.

Tabela 7. Redução do tempo de *Setup* na *Machine Manufacturer Corporation* - USA

Tempo de <i>SETUP</i>	% de <i>setup</i> com os tempos para o ano			
	1994	1995	1996	1997
> 90 minutos	44	0	0	0
60 a 90 minutos	21	0	0	0
30 a 60 minutos	28	4	0	0
15 a 30 minutos	5	11	10	8
10 a 15 minutos	2	25	12	5
5 a 10 minutos	0	20	16	12
100 Seg. a 5 min.	0	30	21	11
< 100 segundos	0	10	41	64

A primeira fase requer pequeno ou nenhum envolvimento de capital, e pode-se alcançar excelentes soluções em um tempo relativamente pequeno. Reduções de 40% a 60% são típicas desta fase.

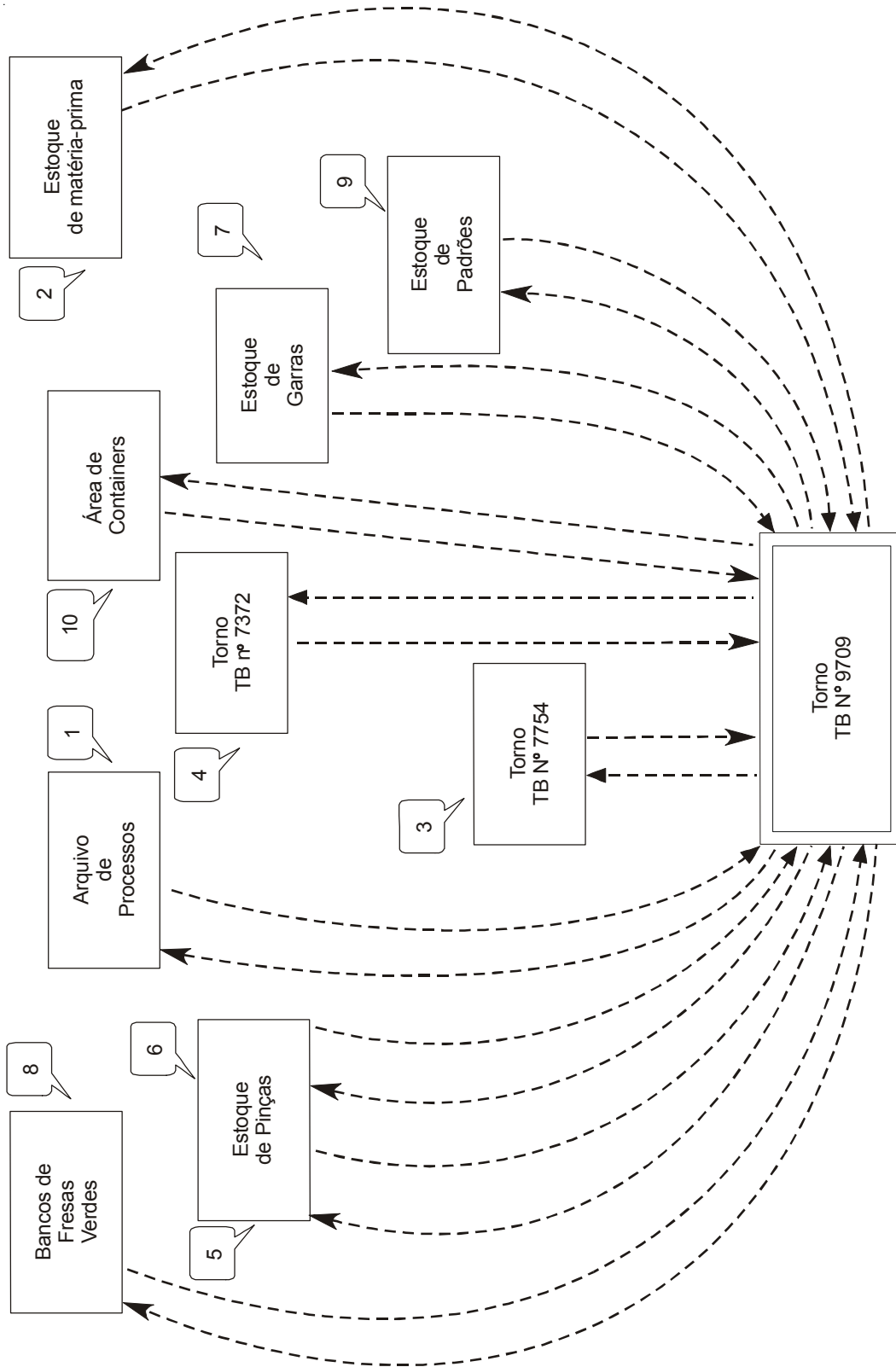
A segunda fase envolve operações de análise detalhadas; modificações das ferramentas e dispositivos, das máquinas, dos procedimentos, e a necessidade de aplicação de capital é relativamente modesta. Novamente, podem ser alcançados benefícios de redução de tempo de 30% a 50%, em um tempo relativamente pequeno.

A terceira fase é a mais cara e envolve a necessidade de altos investimentos em ferramentas, dispositivos e máquinas, envolvendo o método de análise de causa-efeito, mudanças de projetos, operações e procedimentos. O resultado

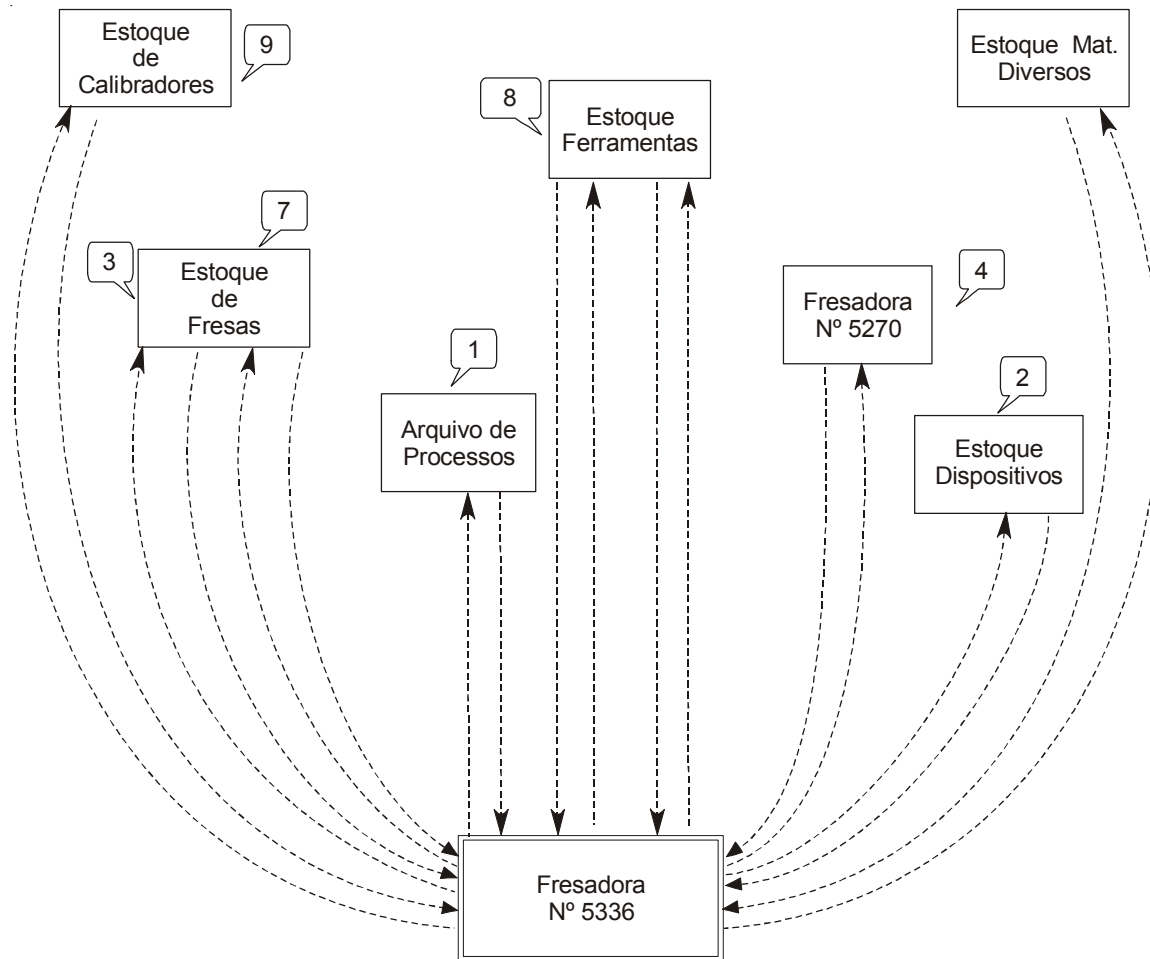
final para obter a completa redução do tempo de *setup*, nesta fase, pode durar alguns anos. Os resultados esperados giram em torno de 10% a 30%.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SHINGO, S. Le Système SMED. Une révolution en gestion de production. Paris: Les Éditions d'Organisation, 1987.
- TOONEY, J. W. MRPII Planning for Manufacturing Excellence, pp 163-164. New York (N.Y.): Chapman & Hall, 1996.
- BLACK, J. T. The Design of The Factory with a Future, New York (N.Y): McGraw Hill, Inc, 1991.



Anexo I. Demonstrativo da trajetória utilizada pelo montador no processo de *setup* do torno TB nº 9709. Distância total percorrida de 188 metros.



Anexo II. Demonstrativo da trajetória utilizada pelo montador no processo de *setup* da fresa nº 5336. Distância total percorrida de 237 metros.