

ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE TEMPOS DE PREPARAÇÃO EM MÁQUINAS CNC

Carlos Alberto Costa, Ph.D.

Rodrigo Panosso Zeilmann, Dr. Eng. Mec.

Universidade de Caxias do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, Caxias do Sul, RS, CEP 95001970, cacosta@ucs.br, rpzeilma@ucs.br

Eng. Mec. Silvio Schio

Arwi Representações Comerciais Ltda, Caxias do Sul, RS, CEP 95020-320, silvio@arwi.com.br

Resumo: *A tecnologia de controle numérico aplicado as máquinas-ferramenta tem sido prática bastante comum nos mais variados tipos, tamanhos e segmentos de empresas. Devido a esta popularização, alguns cuidados tem sido desprezados na utilização deste tipo de tecnologia de uma forma mais otimizada. Neste trabalho foi realizado um estudo dos tempos envolvidos no processo de utilização de máquinas-ferramenta CNC, propondo alguns pontos a serem considerados no procedimento para a preparação deste tipo de máquina, principalmente em função de seus custos. Foram analisados os dados de tempos relacionados as atividades de produção, de paradas e de preparação de máquinas CNC de uma empresa do ramo metal-mecânico, bem como a forma como eram realizadas estas atividades. Foram avaliadas, etapa por etapa, as tarefas que poderiam se realizadas fora da máquina (set-up externo) e aquelas que precisariam da máquina (set-up interno), visualizadas através de um fluxograma. Em algumas etapas foram implementadas otimizações e, com base neste novo modelo conseguiu-se reduções na ordem de 40% dos tempos de preparação de máquinas.*

Palavras-chave: *tempos de preparação, CNC, troca de ferramentas*

1. INTRODUÇÃO

Com a necessidade de aumentar cada vez mais a eficiência dos processos de manufatura, um grande esforço vem sendo alocado na melhoria e otimização dos tempos de preparação de máquinas-ferramenta. Tais tempos representam, cada vez mais, uma parcela significativa do tempo total de produção de uma empresa, principalmente pela tendência das empresas possuírem uma linha diversificada de produtos, com pequenos e médios lotes de produção. Devido a esses fatores os tempos de preparação de máquinas tem forte influência na eficiência de uma empresa e na formação dos custos das peças produzidas pela mesma.

A redução e otimização dos tempos de preparação de máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado) torna-se ainda mais importante devido aos custos envolvidos na aquisição e implantação de tais máquinas. Para tanto, é necessário se conhecer bem a distribuição destes tempos na empresa, para posteriormente criar indicadores que avaliem possíveis melhorias. Assim, é fundamental uma mudança de cultura e superação de paradigmas associados a uma efetiva mudança na maneira de proceder a preparação das máquinas. Mudanças desse nível, dentro de uma organização, devem partir de cima para baixo, para a obtenção dos resultados esperados. Operadores e preparadores de máquinas devem melhorar sua comunicação, tendo consciência de que a interação das partes é fator chave neste processo.

O trabalho apresentado neste artigo, realizado no setor de Planejamento de Processos de uma empresa do setor metal-mecânico com mais de 20 máquina CNC, aborda um estudo detalhado dos

eventos que envolvem os tempos preparações de máquinas CNC, observando etapas que poderiam ser otimizadas ou até mesmo suprimidas a fim de reduzir tais tempos, e avaliar possíveis investimentos em sistemas para otimização de tais tempos. Para a coleta e análise dos dados contou-se com o apoio dos relatórios extraídos de um sistema DNC (Controle Numérico Distribuído). A seção 2 deste trabalho apresenta uma breve revisão sobre os conceitos de CNC, DNC e tempos envolvidos com a operação destes tipos de máquinas, seguida pela seção 3 onde são apresentados alguns dos conceitos relacionados aos tempos envolvidos em máquinas CNC. Na seção 4 os resultados da análise efetuada no trabalho, seguida por uma conclusão.

2. AMBIENTE DE MÁQUINAS-FERRAMENTA DE CONTROLE NUMÉRICO

A crescente globalização da competição exige um processo contínuo de inovação dos sistemas de manufatura, obrigando as empresas a implementar tecnologias inovadoras para manter sua vantagem competitiva. A tecnologia CNC é um destes elementos que recebeu um dos mais altos níveis de investimento nos últimos anos. As empresas investem em máquinas CNC para aumentar sua competitividade através de uma série de melhorias nos processos de produção, incluindo aumento de flexibilidade, melhoria da qualidade, tempos de ciclo reduzidos e a habilidade de produzir lotes pequenos de maneira econômica. A sua implementação exige um planejamento criterioso e o seu sucesso depende de vários fatores, incluindo a utilização de técnicas adequadas para a execução das atividades de suporte necessárias à sua operação (DeGarmo *et al*⁽¹⁾).

O CNC é considerado como "o mais dinâmico processo de fabricação, constituindo um dos maiores desenvolvimentos para a automatização das máquinas operatrizes de usinagem, além de outras aplicações possíveis fora da indústria que utiliza o processo de usinagem" (Leathan-Jones⁽²⁾). Assim, a máquina assume o controle do processo de trabalho, sendo que o operador restringe-se, a alimentá-la (matéria-prima, ferramentas, dispositivos), acioná-la e controlá-la à distância, podendo ser responsável por mais de uma máquina, ao mesmo tempo. Em ritmo de difusão crescente, surgiram mais recentemente os centros de usinagem (universal, vertical ou horizontal), que são máquinas CNC polivalentes cujas principais características referem-se à possibilidade de troca automática de ferramentas e, eventualmente, de mudança automática das peças.

Os sistemas CAM (*Computer Aided Manufacturing*) são definidos como o uso efetivo da tecnologia do computador para funções envolvidas com o planejamento, o gerenciamento e o controle das funções de manufatura. Como forma de comunicação entre as função dos sistemas CAM e as máquinas CNC, os sistemas DNC (*Distributed Numerical Control*) utilizam um computador central (trabalhando em "time-sharing") para gerenciar várias máquinas simultaneamente (Rembold *et al*⁽³⁾, Ferreira e Stemer⁽⁴⁾, Numericon⁽⁵⁾). A utilização de sistemas DNC cresceu com a evolução dos sistemas CAD/CAM, motivado pela necessidade de produzir peças com geometrias complexas e a necessidade de gerar programas CNC com milhares de pontos. O sistema DNC é uma solução de transmissão de programas CNC entre o ambiente de manufatura e o sistema de informações da empresa. Além dos aspectos de controle das máquinas, uma outra grande razão para utilização dos sistemas DNC, é a possibilidade de permitir uma melhor apuração dos tempos envolvidos com os processos de manufatura, evidenciando assim pontos de melhoria em tempos secundários de produção, ou problemas de ineficiência organizacional da própria empresa.

3. INDICADORES E TEMPOS EM PROCESSOS EM MANUFATURA

3.1. Classificação dos Tempos de Operação em Manufatura

O tempo de preparação (*setup*) é definido como o tempo decorrido na troca do processo do final da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote (Slack⁽⁶⁾). As operações na manufatura segundo Shingo⁽⁷⁾ podem ser classificadas da seguinte maneira:

- **Operações de *Setup*** - preparação antes e depois das operações, como por exemplo, troca de ferramentas, troca de dispositivos. A adoção da troca rápida de ferramentas (TRF) é uma das maneiras mais eficazes de melhorar o *setup*. Existem dois tipos de operação de *setup*: *Setup*

interno (operações de *setup* que podem ser executadas somente quando a máquina estiver parada, como por exemplo a fixação e remoção de uma matriz) e o *Setup* externo (operações de *setup* que podem ser executadas enquanto a máquina ainda está em operação, como por exemplo: transporte de matrizes, preparação das ferramentas de troca, etc).

Em qualquer análise de operações de *setup*, é importante distinguir o trabalho que pode ser feito enquanto a máquina está funcionando e aquele que deve ser feito com a máquina parada. O princípio fundamental da melhoria de *setup* é transformar uma operação de *setup* interno em uma de *setup* externo.

- **Operações Principais** – execução do trabalho propriamente dito. Estas, incluem as operações essenciais, que são as ações que executam a operação principal, ou seja: processamento: (usinagem do produto); inspeção (medição da qualidade); transporte (movimentação do material), e estocagem (manter ou estocar peças).
- **Operações Auxiliares:** ações que auxiliam a concluir as operações principais, entre elas: processamento (ação de colocar e retirar os materiais e peças na máquina, após concluir operação); inspeção (encaixe do produto no aparelho de medição e posteriormente sua remoção); transporte (carregamento e descarregamento do material) e espera (colocação e remoção das peças na área de estocagem).
- **Folgas Marginais:** atividades relacionadas indiretamente com a operação, como por exemplo: folga na operação (atividade indiretamente ligada à tarefa, como por exemplo, lubrificação, tratamento de produtos com defeitos, quebras de máquina, etc); folga entre operações (trabalho indireto, comum a diversas operações, como por exemplo, fornecimento de materiais, substituição de peças nos paletes); folgas ligadas ao pessoal (atividades não relacionadas à operação e sim relativas as necessidades do operador. Podem ser de dois tipos: folgas por fadiga: período de descanso entre operações; e folgas por necessidades fisiológicas: beber água, ir ao banheiro, etc.).

3.2. Custos, gastos e despesas

Custo pode ser entendido como um gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens e serviços. Gasto é o sacrifício financeiro que a entidade arca para a obtenção de um produto ou serviço qualquer, sacrifício esse representado por entrega ou promessa de entrega de ativos. Despesas são bens ou serviços consumidos direta ou indiretamente para obtenção de receita. Quando uma despesa for atribuída aos vários produtos de uma empresa, ela passa a se denominar custo de produção. Todos os custos da empresa são classificados em dois grandes grupos: diretos e indiretos (Leone⁽⁸⁾).

Por custos diretos, entende-se aqueles que podem ser aplicados diretamente sobre o produto, em sua totalidade, ou parte da fase operacional. Os custos indiretos, são aqueles que dependem de rateios, critérios ou estimativas para a sua incidência no produto. Contudo, quando a empresa tem uma multiplicidade de setores produtivos, auxiliares, administrativos, os custos diretos aumentam, exigindo sólidas bases de apropriação. Neste sentido, para melhor entender os custos na sua formação na produção, pode-se classificá-los também em: custos fixos e custos variáveis. Por custos fixos entende-se que são aqueles que permanecem inalterados, seja qual for o grau de produção (ex. seguros, impostos). Os custos variáveis são aqueles que variam de acordo com a produção (ex. energia elétrica, matéria-prima).

A apuração dos custos do produto se faz por processos, quando os mesmos passam por setores diferenciados (centros de custo), utilizado em produção de unidades padronizadas, que recebem cada uma, quantidades equivalentes de material, mão-de-obra e custos indiretos, resultando em unidades idênticas produzidas em massa. Neste caso, temos a produção por processo do tipo seqüencial, onde o produto é continuamente transferido de um processo para o outro, até o último, quando o produto é considerado produto acabado (Dutra⁽⁹⁾). Neste trabalho, os custos estão mais associados aos aspectos de tempos necessários para preparação de máquinas CNC.

4. TEMPOS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO CNC – ESTUDO DE CASO

4.1. Análise dos Dados

Para análise de dados deste trabalho, buscou-se as informações de produção coletadas através do sistema DNC, já em utilização na empresa, de todas as máquinas CNC da empresa. Foram coletados os tempos de 13 máquina CNC. Estas máquinas foram divididas em dois grupos, a saber: grupo de máquinas grandes (*GMG*) e, grupo de máquinas médias e pequenas (*GMMP*). Esta diferenciação foi feita em função dos tamanhos de lotes, tempos de processo, centros de custo, além do critério porte da máquina, sendo que máquinas com mais de 2,5 metros entre placa de trabalho e contra ponto foram classificadas no grupo de máquinas grandes. A Tabela 1 foi montada conforme a planilha de aquisição de dados, discriminando o equipamento e o seu agrupamento conforme proposto no trabalho.

Tabela 1 - Descrição das máquinas e classificação para estudo

Máquina	Descrição	Tipo de Equipamento	Classificação
1	Mazak 50 – Integrex	Centro de Torneamento / Fresamento	<i>GMG</i>
2	Mazak 35 – Integrex	Centro de Torneamento / Fresamento	<i>GMMP</i>
3	Puma 230	Torno	<i>GMMP</i>
5	Puma 350	Torno	<i>GMMP</i>
6	Cosmos 30	Torno	<i>GMMP</i>
7	Puma 300	Torno (**)	<i>GMMP</i>
8	Puma 12	Torno	<i>GMMP</i>
9	Puma 12	Torno	<i>GMMP</i>
13	DMV-500S	Centro de Usinagem	<i>GMMP</i>
14	ACE V650	Centro de Usinagem	<i>GMMP</i>
17	Puma 350-L	Torno	<i>GMG</i>
18	Puma 400	Torno (*)	<i>GMG</i>
19	Puma 700	Torno (*)	<i>GMG</i>

(*) Máquina com ferramentas acionadas.

(**) Máquina com ferramentas acionadas e sub-spindle.

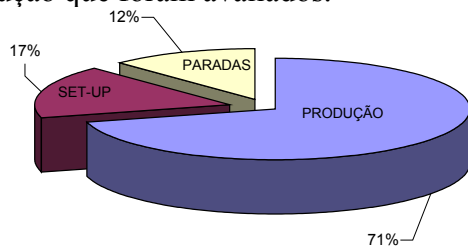
A análise dos tempos foi feita por um período de três meses consecutivos a fim de verificar o consumo de horas em preparação de máquinas. A Tabela 2 mostra um exemplo (Máquina 1) de como tais dados foram tabulados por máquina para sua posterior análise. São mostrados alguns dos tempos mais significativos.

Tabela 2 – Exemplo do levantamento de tempos (minutos) para a máquina número 1

Máquina	Tipo Parada	Detalhamento	MAIO	JUNHO	JULHO	TOTAL
1	Produção	Início de produção	162,56	143,91	244,98	551,45
1	Setup	Início de “set-up”	35,10	102,57	70,15	207,82
1	Parada	Refeição	5,97	8,11	10,18	24,26
1	Parada	Limpeza	5,31	2,17	2,35	9,83
1	Parada	Banheiro	2,35	1,33	0,87	4,55
1	Parada	Treinamento	4,44	6,02	8,74	19,20
1	Parada	Ajuste de programa	0,30	7,78	4,36	12,44
1	Parada	Inspeção interna	1,02	3,54	7,53	12,09
1	Parada	Outros tempos	0,77	11,19	7,35	13,15
1	Manutenção	ELETRICA	0,56	0,99	2,60	4,15
1	Manutenção	MECANICA	0,58	19,43	29,93	49,94
1	Manutenção	LUBRIFICACAO	1,42			1,42

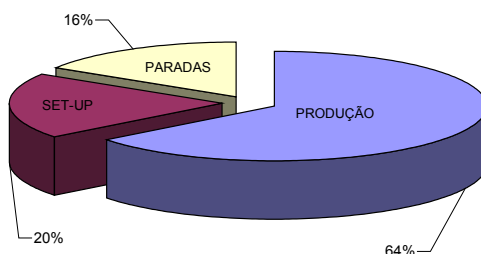
Com estes dados foi possível fazer um refinamento a fim de obter um panorama geral para cada grupo de máquinas. Os montantes totais de tempos do foram divididos em três grande grupos: os tempos de paradas, os tempos de produção e os tempos de preparação. Figura 1 e Figura 2 trazem

uma análise geral dos tempos de máquinas dos sub-grupos grande e médio/pequena, com o somatório dos 3 meses de produção que foram avaliados.



TEMPOS (horas) PARA GMG (3 meses)			
PRODUÇÃO	SETUP	PARADAS	MÁQUINAS
551,45	207,84	156,93	MÁQ. 1
795,5	159,52	94,46	MÁQ. 17
785,3	219,28	103,81	MÁQ. 18
853,48	120,48	159,89	MÁQ. 19
2985,73	707,12	515,09	TOTAL

Figura 1 - Gráfico dos tempos para grupo de máquinas grandes



TEMPOS (horas) PARA GMMP (3 meses)			
PRODUÇÃO	SETUP	PARADAS	MÁQUINAS
447,44	156,51	213,11	MÁQ. 2
710,11	230,53	83,37	MÁQ. 3
490,67	210,24	153,99	MÁQ. 5
502,41	254,22	203,63	MÁQ. 6
699,38	236,47	90,16	MÁQ. 7
615,24	245,49	145,42	MÁQ. 8
623,05	267,27	56,28	MÁQ. 9
700,2	99,26	222,88	MÁQ. 13
694,31	119,15	198,79	MÁQ. 14
5482,81	1662,63	1.367,64	TOTAL

Figura 2 - Gráfico dos tempos para grupo de máquinas médias e pequenas

Com estas informações foi possível quantificar financeiramente os tempos de preparação das máquinas CNC na empresa. A empresa adota um método de rateio para o custo hora-máquina, sendo o valor considerado de US\$ 26,00. A Tabela 3 mostra o este custo total, em US\$, por ano.

Tabela 3 – Resumo dos custos anuais com os tempos de preparação das máquinas CNC

Máquina	Tempo preparação Anual	Custo hora-máquina	Valor anual (US\$)
Máq. 1(*)	207,84 x 4 = 831,36 horas/ano	US\$ 26/h	US\$ 21,615.3
Máq. 19(*)	120,48 x 4 = 481,92 horas/ano		US\$ 12,789.9
Máq. 3(**)	230,53 x 4 = 922,12 horas/ano		US\$ 23,975.1
Máq. 7(**)	236,47 x 4 = 945,88 horas/ano		US\$ 24,592.9
GMG	2.828,48 horas/ano		US\$ 73,540.50
GMMP	6.650,52 horas/ano		US\$ 172,913.50
Total	9.479,00		US\$ 246,454.00

(*) – Exemplo de máquinas gargalo na produção

(**) – Exemplo de máquinas com maior variabilidade de produção

4.2. Análise e Avaliação dos Tempos de Preparação de Máquinas

Os eventos de preparação de máquinas seguem, de forma geral, um padrão para cada família de peças. No sistema atual o operador recebe o desenho da peça e o roteiro de fabricação. O plano de

ferramentas e fixações são informados conjuntamente pelo programa CNC. Os operadores e preparadores para executar a preparação da máquina enfrentam algumas dificuldades, tais como localização de castanhas e pontos, perdas de tempo para solicitar instrumentos, entre outros.

Em função disso foi montado uma tabela com medidas de vários tipos de preparações, a fim de estabelecer alguns tempos-padrão. A Tabela 4 foi montada em função dos procedimentos usualmente executados nas máquinas CNC da empresa, bem como quem os executa e os tempos envolvidos.

Tabela 4 – Eventos de preparação de máquina CNC e tempos-padrão

Seqüência	Descrição de Eventos	Tempo (min)
1 - Δ ♦	Chamar Programa (*)	1
2 - Δ	Entrar com Ordem de Serviço e Operação	1
3 - Δ ♦	Solicitar Instrumentos (*)	3
4 - Δ ♦	Buscar e Montar Ferramentas (**)	8
5 - Δ	Referenciar Ferramentas	2
6 - Δ ♦	Separar Castanhas ou Dispositivos (*)	3
7 - Δ	Trocar Castanhas (**)	10
8 - Δ	Fazer Ponto Zero Peça	3
9 - Δ ♦	Conferir Programa (*)	3
10 - Δ ♦	Fazer Simulação Gráfica	6
11 - Δ	Usinar a 1. Peça	18
12 - Δ	Aguardar Instrumentação (*)	2
Total		60

(*) Eventos onde o *setup* interno foi convertido em *setup* externo /

(**) Possibilidades de melhoria com Troca Rápida de Ferramentas (TRF).

Δ - Operador ♦ - Preparador

Com base nas etapas apresentadas nesta tabela foram feitos estudos visando a otimização dos tempos envolvidos na preparação de máquinas na empresa. Esta otimização teve dois enfoques, sendo o primeiro com a transferência de tempo de *setup* interno para externo e o segundo com a utilização de sistemas de troca-rápida.

4.2.1. Transferência dos tempos de *setup* interno para externo

Conforme apresentado na Tabela 4, executando a mesma seqüência de preparação, baseado no novo sistema de tempos, os doze passos anteriores foram transformados em sete passos realizados durante o *setup* interno e os outros cinco realizados no *setup* externo, na seguinte seqüência:

Setup Externo: 1 ⇒ 9 ⇒ 3 ⇒ 4 ⇒ 6 ⇒ 12

Setup Interno: 2 ⇒ 4 ⇒ 5 ⇒ 7 ⇒ 8 ⇒ 10 ⇒ 11

Esta seqüência é melhor visualizada através do fluxograma da Figura 3 que mostra a separação de *setup* interno do externo. Além do desenho e roteiro, o operador passa a contar também com uma folha de processo criada, onde ele encontra diversas informações que o auxiliarão na execução da preparação da máquina, e que está integrada ao roteiro de fabricação.

Para o programa CNC ser solicitado pelo operador (Evento 1) a máquina não precisa estar em preparação, sendo que todas as máquinas possuem o recurso de chamar o programa com a máquina em produção. Desta forma, o operador, através dos quadros informativos existentes na fábrica, já sabe o próximo serviço, e assim já pode conferir o programa (Evento 9) visto que o programa já está armazenado no comando da máquina. As solicitações de instrumentos (Evento 3) é feita via DNC, sendo que o operador se baseia nas informações constantes no item de instrumentos de medição da folha de preparação, evitando que haja a necessidade do operador se deslocar da máquina e permitindo que solicite com maior antecedência os instrumentos. Com isto, elimina-se o Evento 12, na qual já no início do processo de preparação da máquina os instrumentos já estão entregues para o operador. O Evento 4 deve ser adiantado na montagem e preparação das ferramentas que não estiverem na máquina, e o Evento 6, também feito numa preparação antecipada através de um croqui colocado em todas as máquinas. Este croqui auxilia na seleção dos sistemas de fixação, relacionados as dimensões estabelecidas na folha de processo, bem como pré-montagens com ganho de tempo e agilidade.

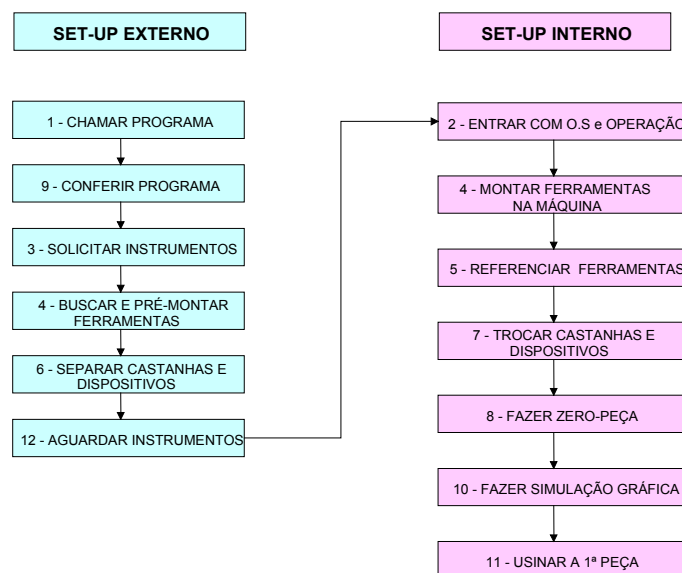


Figura 3 - Fluxograma do sistema proposto

Desta forma, para início efetivo da preparação da máquina (*setup* Interno). O processo é iniciado com o Evento 2 (Entrar com OS e Operação no DNC), o Evento 4 (Montagem de ferramentas na máquina) com todas ferramentas pré montadas, o Evento 5 (*Presset* das ferramentas), o Evento 7 (Troca de castanhas) contando também com os sistemas de fixações selecionados e pré montados, o Evento 8 (Ponto zero peça), o Evento 10 (Simulação gráfica) e o Evento 11 (Usinagem da 1^o peça). Utilizando esta sistemática foi possível realizar a preparação da máquina em 42 minutos, contra 60 minutos que eram feitos anteriormente (redução de 43% nos tempos de preparação). Isso foi conseguido apenas com mudanças organizacionais, sem adoção de sistemas TRF (Troca Rápida de Ferramentas). O investimento nesta primeira etapa foi a implantação de uma folha de processo, que necessitou de 15 dias de programação para ser incluída ao sistema, de forma que ao ser impresso o roteiro de fabricação, automaticamente é impressa a folha de processo. O investimento previsto foi de US\$ 1,230.00 correspondente a 130 horas de programação (US\$ 9.46/hora), valor baixo se for avaliado o retorno financeiro decorrente da redução em 40% nos tempos de preparação, algo em torno de US\$ 100,000.00 por ano.

4.2.2. Avaliação de custos envolvidos com sistemas TRF

A segunda etapa deste estudo está relacionada a implementação de sistemas TRF (Troca Rápida de Ferramentas) que neste caso necessitam de investimentos maiores, mas possibilitam melhorias significantes. Neste caso, analisou-se para uma máquina (Puma 300) o sistema de placa com troca rápida de um fabricante específico (SMW-AUTOBLOCK Mod. KNCS-NB) com dimensão de 10 polegadas, que possui duas vantagens principais:

- ◆ redução de 7 minutos para 1 minuto em trocas de castanhas, possibilitando reduções de 10% no tempo de preparação; e
- ◆ repetibilidade de posicionamento, proporcionando economia de castanhas e o tempo de torneamento de castanhas.

O investimento para implementação deste sistema foi estimado, na ocasião, em US\$ 6,000 para a máquina em estudo. Considerando uma economia de US\$ 2,433/ano em tempos de troca de peças e US\$ 1,000/ano de economia em consumo de castanhas, seriam previstos aproximadamente 1,75 anos para amortizar o investimento. Para os sistemas de troca rápida de ferramentas de corte se avaliou o Sistema Coramant Capto da Sandvik Coromant. Entre algumas das principais vantagens do sistema estão: redução de tempos de montagem de ferramentas; menores tempos de usinagem em função do acréscimo de estabilidade e rigidez do sistema, além do aumento da vida útil das ferramentas; diferentes gama de combinações para montagem de ferramentas e grande precisão na montagem permitindo uma repetibilidade de +/-2 μ m.

O investimento para implantação do sistema seria em torno de US\$ 15,000 em cada máquina,

incluindo unidades, adaptadores e ferramentas. Considerando uma economia de US\$ 3,650/ano nos tempos de trocas, de US\$ 3,000/ano em consumo de ferramentas (aumento de vida útil) e US\$ 4,500/ano em aumento de produtividade (aumento dos dados de corte), seriam necessários em torno de 1,4 anos para amortizar o investimento.

Visto que a conjuntura atual da Empresa é de contenção máxima de despesas, a implementação de sistemas de troca rápida ficou para ser analisada quando forem reabertos os investimentos. A Empresa deu um amplo apoio a implantação da primeira etapa deste trabalho, previsto para o final de janeiro a inclusão da folha de processo. A Diretoria solicitou a elaboração de um treinamento para a metodologia de preparação de máquinas seguindo o modelo apresentado neste trabalho.

5. CONCLUSÃO

No estudo foram identificados valores surpreendentes com o gasto com preparação de máquinas CNC e também com paradas de máquina. A redução de custos é um fator de sobrevivência para todas empresas nos dias atuais, e este trabalho converge nesta direção. Contudo, como primeiro passo é necessário que as empresas possam fazer uma avaliação de suas informações internas, normalmente já disponíveis.

A maior oportunidade de melhoria está associada a possibilidade de reduzir em mais de 40% os tempos de preparação de máquina, algo que representa mais de US\$ 100,000/ano, com pouco investimento, tendo a frente somente uma barreira cultural. A quebra de paradigmas é um desafio neste caso, pois as pessoas entendem a necessidade de mudar os velhos conceitos. O trabalho também mostrou que é possível evoluir tecnologicamente em termos de *setup* com sistemas inovadores de troca rápida.

Outras áreas também foram identificadas para possibilidades de melhorias, principalmente em paradas de máquinas, que representam uma fatia de tempo considerável. Provavelmente algumas medidas organizacionais já poderiam reduzir consideravelmente estes tempos.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Weatherford Brasil (Caxias do Sul) pela possibilidade de realização do trabalho de levantamento de dados e a Universidade de Caxias do Sul pelo apoio e suporte.

7. REFERÊNCIAS

1. DEGARMO, E., BLACK, J.T. E KOHSER, R.A. **Materials and Process in Manufacturing**. 8th Edition. Prentice-Hall International, Inc., 1997.
2. LEATHEM-JONES, B. **Introduction to Computer Numerical Control**. Addison Wesley Longman Limited, 1986. INBN 0582290406.
3. REMBOLD, U., NNAJI, B.O. E STORR, A. **Computer Integrated Manufacturing and Engineering**. Addison-Wesley Publishers Ltd., 1994. ISBN 0201565412.
4. FERREIRA, A.C. E STEMER, C. E. , **Noções Básicas de CAM/CNC**, 1º CONAI, 1983.
5. Numericon Sistemas de Manufatura Ltda. Produtos – DNC. Disponível em: <www.numericon.com.br>. Acesso em: 22 outubro 2003.
6. SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A. e JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas S.A. , 1997.
7. SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**, 2º edição. Porto Alegre, Artes Médicas , 1996.
8. LEONE, G.S.G. **Custos – Planejamento, Implantação e Controle**, 3º edição. São Paulo. Atlas, 2000.

9. DUTRA, Renê Gomes. **Custos – uma abordagem prática**, 1° edição. São Paulo. Atlas, 1986.
10. CATÁLAGO DE FERRAMENTAS SANDVIK, **Ferramentas para torneamento**, Suécia, 2002.
11. CATÁLAGO SMW-AUTOBLOCK, **Catalog 3E**, Alemanha, 2002.

ANALYSIS OF CNC MACHINES SETUP TIMES

***Abstract.** CNC technology has been largely applied in the field of machining for several kinds of manufacturing companies. As this technology has become more popular some aspects must be considered in its implementation. This work a study and analysis on setup times for CNC machines, based on three work months, has realized and some issues involved during the CNC machine preparation are discussed throughout a methodology proposed. Information has been extracted from a DNC system. Each phase of the current setup procedure has been analyzed and classified, and a new procedure has been proposed, providing an economy of 40% on setup times.*

***Keywords:** setup times, CNC, tool change*