

## Uma abordagem para o estudo de tempos considerando paradas técnicas e organizacionais: um estudo de caso

Mariza Terezinha Rosolen Lopes (UFSCar) [mariza@simucad.dep.ufscar.br](mailto:mariza@simucad.dep.ufscar.br)

João Alberto Camarotto (UFSCar) [camaroto@power.ufscar.br](mailto:camaroto@power.ufscar.br)

Miguel Antonio Bueno da Costa (UFSCar) [mbcosta@power.ufscar.br](mailto:mbcosta@power.ufscar.br)

Nilton Luiz Menegon (UFSCar) [menegon@power.ufscar.br](mailto:menegon@power.ufscar.br)

Tiago Sanches Kernbincler (UFSCar) [tiago@simucad.dep.ufscar.br](mailto:tiago@simucad.dep.ufscar.br)

### Resumo

*Existem dois tipos de paradas da produção: a parada técnica e a parada organizacional. Elas dependem da estrutura da empresa e da tecnologia adotada. O objetivo deste artigo é apresentar o modelo de análise de tempos de produção que foi aplicado no estudo de caso de uma célula de manufatura de uma indústria do setor aeroespacial. Para a modelagem do trabalho, foi realizado um estudo da representação do trabalho formal e de uma amostra do trabalho real, como base para o entendimento das variáveis organizacionais presentes no cotidiano da célula e que interferem direta ou indiretamente na capacidade de produção. São apresentados também alguns procedimentos utilizados na coleta e análise dos tempos das operações da célula. O trabalho busca mostrar, através de uma situação real, como o rendimento de fábrica é influenciado pelas paradas técnicas e organizacionais.*

*Palavras chaves: estudo de tempos, paradas técnica e organizacional, célula de manufatura.*

### 1. Introdução

Este estudo parte da demanda apresentada por uma empresa do setor aeroespacial interessada em conhecer a capacidade instalada da sua unidade. Para compreender o problema teórico e conceitual, na determinação da capacidade instalada, considera-se inicialmente a equação adaptada de Olivério (1985):

$$C = (N * \eta) / \Sigma(T_{pop} + T_{ppr})$$

onde: C representa a Capacidade Instalada;  $\Sigma(T_{pop} + T_{ppr})$  o somatório dos tempos de processamento e dos tempos de preparação para o *mix* de produtos considerados; N o número de homens/equipamentos disponíveis; e  $\eta$  o rendimento de fábrica.

Se por hipótese considerar-se a existência de um único produto, a capacidade instalada (C) é definida pela relação **D/J**, onde J representa a jornada de trabalho e D a demanda pelo item. A relação (D/J) representa o inverso do Tempo de Ciclo como conceituado por Monden (1987) ou *Takt Time* como apresentado por Antunes (1994). Neste caso, estabelecer a capacidade instalada significa estabelecer qual será a demanda possível de ser atendida para uma dada jornada de trabalho, o que depende do comportamento dos outros termos da equação, ou seja, dos tempos de operação e de preparação, bem como do rendimento de fábrica. Para estabelecer o comportamento de tais termos será considerada a abordagem de Köhrmann & Wiendahl (1999), conforme esboçado na Figura 1.

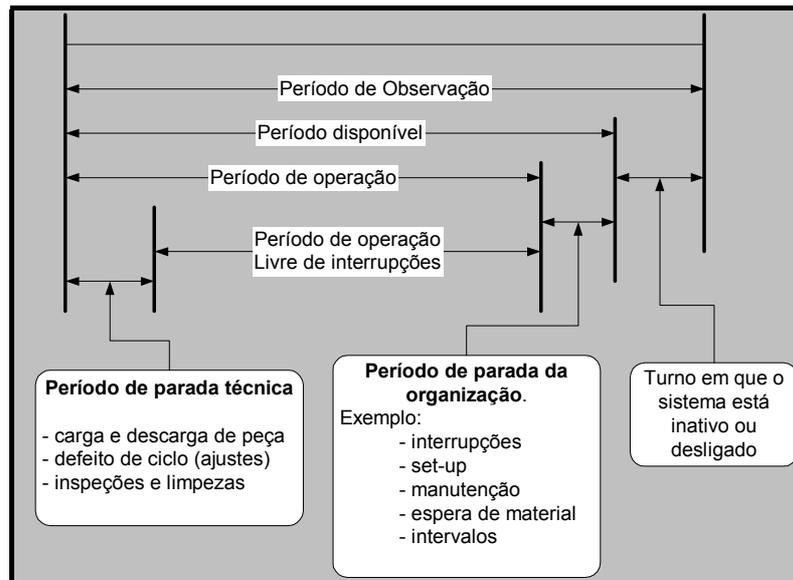


Figura 1 - Modelo de análise da célula, adaptado de Köhrmann & Wiendahl, 1999

Como apresentado na Figura 1, o período de observação corresponde ao tempo total entre duas jornadas de trabalho. O período disponível é aquele em que o sistema está ativo, efetivamente acionado dentro do período de observação, que corresponde ao somatório dos turnos de trabalho. Enquanto o sistema está ativo, paradas organizacionais e paradas técnicas ocorrem. O tempo disponível menos as paradas organizacionais constituem o período de operação. Desta forma o período de operação corresponde ao período de tempo em que o sistema está dedicado à realização das operações de trabalho, ou seja, aquele período compreendido entre o início de ocupação do sistema para a realização do processamento até o término do ciclo de operações sobre a peça ou lote de peças. Desse tempo de operação são retirados os tempos de carga e descarga, defeitos de ciclo, inspeções, que constituem os períodos de parada técnica. O tempo de operação menos os tempos de parada técnica constitui o tempo em que o sistema está efetivamente realizando a transformação nos materiais, livre de interrupções.

Considerando o modelo apresentado, pode-se estabelecer os três termos da equação que irão definir a capacidade instalada da unidade. Dado um período de observação, o TPop é dado pela relação entre o período de operação livre de interrupções e o número de unidades produzidas no período. O TPpr é dado pela relação entre o período de parada técnica e o número de unidades produzidas no período e o rendimento de fábrica ( $\eta$ ), pela relação entre o período de operação e o período disponível.

É importante notar que a forma como é definido o Tempo Padrão da Operação (Tpop) difere da maneira clássica. Para Barnes (1977), o tempo padrão é o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica. Um trabalhador qualificado é aquele que tem os atributos físicos necessários, inteligência, habilidades, educação e conhecimento para desempenhar a tarefa com padrões satisfatórios de segurança, qualidade e quantidade, (SLACK *et alli*, 2002). As restrições mais comuns ao uso do tempo padrão estão relacionadas às modificações no ciclo, método, materiais ou condições de trabalho e nos julgamentos dos cronoanalistas.

No estudo de caso em questão, tratando-se de uma fábrica de fabricação de produtos de precisão, com utilização intensa de equipamento CNC, o desempenho do operador não influencia o TPop, que acaba sendo definido pelos requisitos de operação do equipamento.

Neste caso, o operador tem papel relevante nas paradas técnicas e nas paradas organizacionais, desempenhando um papel de supervisão e gestão do processo.

As abordagens clássicas de tempo padrão estão centradas no tempo de processamento do item. A metodologia adotada neste trabalho considera, também, os tempos auxiliares e os tempos de parada do centro de produção devido a problemas técnicos e/ou organizacionais. Estas observações realizadas no chão de fábrica foram importantes para auxiliar no planejamento da capacidade de produção da célula.

## 2. Metodologia

Primeiramente, foi necessário conhecer a dinâmica da célula de manufatura, definida para estudo, e entender as variáveis que interferem no seu funcionamento. Foi realizado um estudo da representação do trabalho formal e do trabalho real, como base para o entendimento das variáveis organizacionais presentes no ambiente da célula. O método de trabalho nesta fase foi de observação direta do trabalho na célula, coleta de documentos formais de produção e entrevistas com o pessoal de operação e supervisão. Utilizaram-se conceitos de trabalho real e trabalho prescrito e respectivas técnicas de representação de acordo com Guérin *et alli* (2001).

Foram realizadas análises de atividades, com enfoque na caracterização das variáveis que interferem na capacidade de produção da célula. O modelo de análise da célula, utilizado no estudo específico de cada centro de produção, sintetiza os grandes grupos de variáveis a serem observados no ambiente de trabalho, ou seja, o método padrão em estudo, o equipamento utilizado, a qualidade dos produtos na operação, as condições do local e o registro das mudanças ocorridas, de acordo com Köhrmann & Wiendahl (1999).

Para a análise da distribuição do trabalho na célula foram consideradas variáveis de tempo de produção a partir de observações sistemáticas, que pudessem exprimir a ocupação dos centros de trabalho, a fim de se entender o que ocorre entre dois apontamentos, que é a anotação, pelo operador, de início e fim de uma operação de uma peça ou lotes de peças.

## 3. Descrição da célula

A célula em estudo destina-se a usinagem de componentes de aeronaves e tem como equipamentos principais um centro de usinagem e um torno CNC. Esta célula é composta por um grupo de cinco Centros de Trabalho (CT) distintos: (1) CT1-Bancada; (2) CT2- Fresadora CN; (3) CT3- Centro de Usinagem; (4) CT4- Torno CNC; (5) CT5-Torno Convencional. A Figura 2 mostra um esquema da célula estudada.

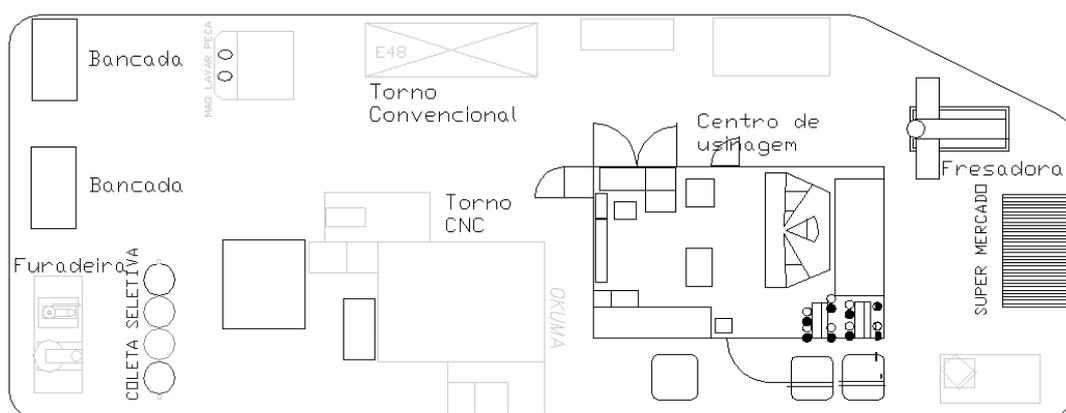


Figura 2 - Esquema da célula estudada.

Além dos CT's, a célula possui um supermercado para estoque de peças, máquina de lavar peças, arquivos de documentos, armários de ferramentas e dispositivos e *Kanban* de ferramentas.

Na célula trabalham cinco operadores por turno, cada um responsável por um CT, e um líder, também chamado de preparador, responsável pela coordenação do trabalho, que ajusta as ordens de produção aos recursos disponíveis para produção naquele turno. Os produtos são processados em lotes de 3, 7 ou 21 unidades.

#### 4. Sistematização dos resultados

A forma utilizada pela empresa para medir o tempo de processamento de um lote, que também é utilizada para fins de custeio dos produtos, é baseada no tempo de apontamento. O apontamento é uma anotação do tempo (início e término) gasto por um operador para realizar uma operação (ou um conjunto de operações) em uma peça (ou lote de peças) em um CT. Pode-se medir o tempo de manufatura de um PN (*Part Number*), a partir da ordem de sua entrada na célula ou pode-se medir o tempo de trabalho em um CT, tomando como base o apontamento feito pelo operador do início e final de operação no seu CT. Desta forma, o tempo de apontamento, que se confunde com o tempo disponível, agrega os tempos técnicos e os tempos organizacionais, sem distinção entre eles. Numa visão clássica de definição de sistemas flexíveis de manufatura, o tempo de apontamento representa o tempo total de manufatura, conforme Agostinho (1985) e Rank (1983).

Quando se olha para um CT, devemos considerar as restrições de tecnologia e processo, as restrições de qualidade para o produto e as variáveis organizacionais que interferem no tempo de execução de uma determinada operação. Uma representação do estudo pode ser vista na figura 3.

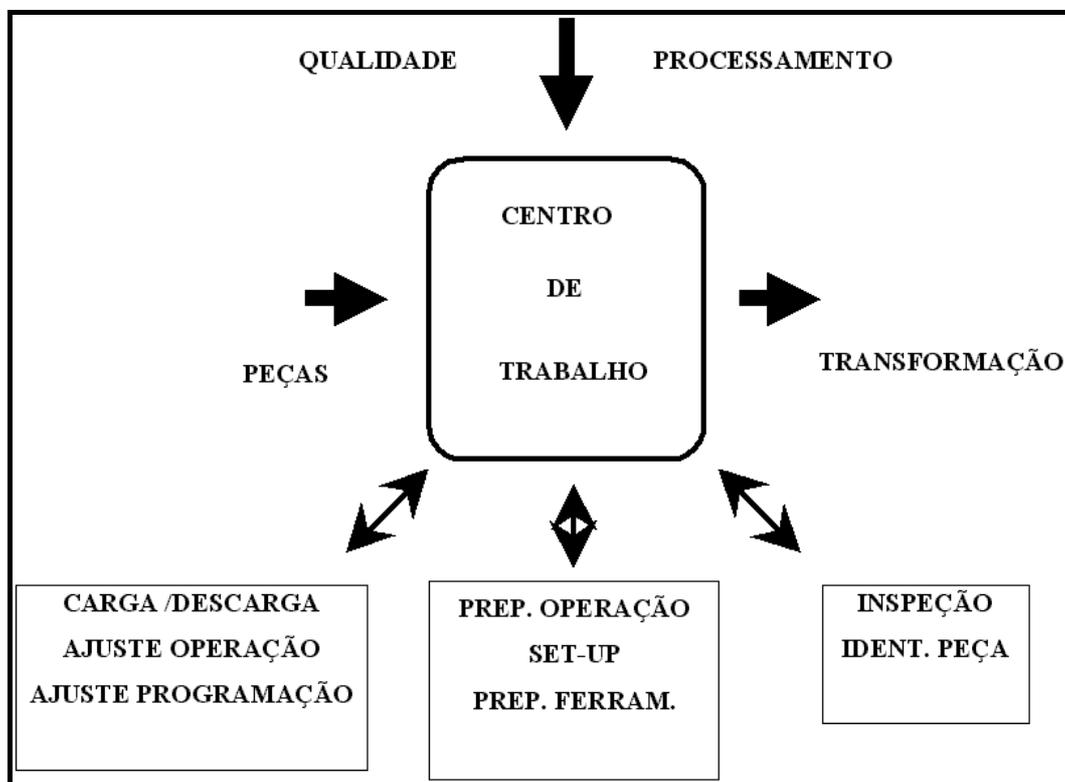


Figura 3 - Representação do estudo para um centro de trabalho.

A tabela 1 apresenta as variáveis de interesse, associadas a cada operação de um *Part Number*, que consomem tempo do CT.

Código da Variável	Descrição
AOP	Ajuste de operação: conjunto de atividades reguladoras do trabalho no CT, visando garantir a qualidade da operação através do funcionamento adequado do equipamento. Esta atividade não é registrada na OF (Ordem de Fabricação). São atividades do tipo: limpeza da máquina ou da peça, lavagem da peça ou retirada de pequenas rebarbas e cavacos.
APR	Ajuste de programação do equipamento CN por decisão do operador (para fazer uma melhoria na seqüência do processamento) ou por decisão do líder quando a OF não estiver atualizada.
CA	Carga, ou colocação, de cada peça na máquina para realizar a operação. Compreende o acesso ao dispositivo de fixação da peça para a operação e respectivos ajustes de posicionamento da peça.
DG	Descarga, ou retirada, de cada peça da máquina após operação. Compreende a desaceleração da máquina, acesso à peça e afrouxamento do dispositivo de posicionamento da peça na máquina.
ID	Identificação da peça após sua operação no CT. Esta identificação pode ser com pantógrafo, gravação ou com pincel.
IP	Inspeção da peça na operação. Foi possível identificar inspeções realizadas de duas maneiras distintas: inspeção de cada peça ao final da operação e inspeção de todas as peças ao final da operação de todo o lote. A primeira peça recebe sempre uma inspeção mais rigorosa (classificada como PR1).
PF	Preparação de ferramentas da máquina para a execução do PN. Envolve verificação de listas, solicitação, montagem e colocação das ferramentas no equipamento. Para as operações de bancada correspondem à preparação de ferramentas manuais.
PM	Preparação da máquina para a operação. Envolve: programação, ajustes, calibração.
PO	Preparação da operação através de verificações dos documentos disponíveis e necessários para a operação e o apontamento da operação.
PR	Processamento: conjunto de atividades de transformação física da peça.
PR1	Ajustes 1ª. Peça: adequação da programação CN ao lote, através de inspeções e ajustes dos pontos de referência na primeira peça, visando adequar o equipamento às características específicas do lote.

Tabela 1 - Sistematização das variáveis observadas nos centros de trabalho.

A partir da análise detalhada das variáveis é possível identificar problemas de ordem técnica e de ordem organizacional, identificando quais atividades consomem recursos na célula.

Desta forma pode-se indicar pontualmente quais mudanças devem ser realizadas para que se tenha uma diminuição no tempo de operação de cada centro de trabalho que implicará diretamente no tempo de manufatura de cada PN que passa por aquele CT.

## 5. Modelagem do sistema

O tempo de operação no CT pode ser dividido em 3 grupos de atividades:

Grupo 1 – Preparação do CT para realizar a operação ( $T_{PREP}$ ):

$$T_{PREP} = T_{PO} + T_{PF} + T_{PM}$$

Grupo 2 – Ajustes iniciais da operação ( $T_{AJUSTE}$ ). Em geral é o processamento da primeira peça do lote:

$$T_{AJUSTE} = T_{CA\ 1} + T_{DG\ 1} + T_{PR1} + T_{APR}$$

Grupo 3 – Processamento da peça em regime de lote ( $T_{\text{PROCESSO}}$ ):

$$T_{\text{PROCESSO}} = T_{\text{CA}} + T_{\text{PR}} + T_{\text{AOP}} + T_{\text{IP}} + T_{\text{ID}} + T_{\text{DG}}$$

Assim, para um lote de  $n$  peças, o tempo total da operação é expresso por:

$$\text{Tempo de Operação} = T_{\text{PREP}} + T_{\text{AJUSTE}} + (n - 1) \cdot (T_{\text{PROCESSO}})$$

Na empresa estudada, a preparação dos centros de trabalho, que segundo Olivério (1985) corresponderia a uma parcela do tempo de preparação, na realidade é um tempo de parada organizacional já que os tempos de preparação da operação, preparação de ferramenta e preparação de máquina estão dentro do período disponível que corresponde à soma dos tempos apontados.

O tempo de ajuste é o tempo correspondente em que o centro de trabalho é preparado para a produção em regime de lote. Na empresa esses ajustes são realizados durante o processamento da primeira peça, e é caracterizado como uma parada técnica, que para Olivério (1985), corresponde ao TPpr. O Tempo de Ajuste de Programação é caracterizado como tempo de parada organizacional, mas é realizado durante o processamento da primeira peça do lote, e portanto, faz parte do tempo de ajuste.

Supondo-se que os tempos de ajustes ( $T_{\text{AJUSTE}}$ ) e os tempos de preparação ( $T_{\text{PREP}}$ ) sejam constantes para um lote, o tempo total da operação irá depender, primordialmente, do tamanho do lote. E quanto maior for o lote, menor será a participação dos tempos de ajuste e de preparação no tempo total das operações do lote. Este é um princípio usual para o dimensionamento de células.

Na manufatura convencional, em linha rígida de produção, devem-se ainda considerar os tempos gastos com transporte de peças e estocagem de material em processo. No caso particular da célula em estudo, estes tempos foram desprezados.

Através deste modelo pode-se calcular o tempo de manufatura de um PN para cada CT e conseqüentemente para a produção total deste PN e dos produtos finais.

Para manter uma célula com capacidade aceitável, em condições de trabalho com pequenos lotes, utilizam-se os processo de fabricação em famílias de peças visando minimizar os tempos de preparação tanto da máquina, como da operação e das ferramentas.

## 6. Resultados

Este modelo de estudo de tempos nos permite identificar diversos problemas existentes no chão de fábrica que em geral são decorrentes da organização adotada pela empresa. Esta organização implica nos tempos de ocupação de um centro de trabalho, consumindo tempo e recursos de maneira incorreta. Estes tempos, muitas vezes são decorrentes de problemas gerados pelas falhas no fluxo de informações entre os departamentos da empresa.

O gráfico da Figura 4 mostra a participação dos tempos de preparação e ajustes em comparação com o tempo de processamento para uma operação do Torno CNC para um lote de três peças de um determinado PN.

Podemos observar que para este PN os tempos de preparação somam 38% do tempo necessário para se realizar a operação e os tempos de ajuste somam 57% do tempo de Operação.

Nota-se que o tempo de ajuste de programação ( $T_{\text{APR}}$ ) também foi muito grande, atingindo 21% do tempo total de operação do lote. Esse tempo, assim como os tempos de preparação de CT ( $T_{\text{PREP}}$ ), são decorrentes da organização adotada pela empresa.

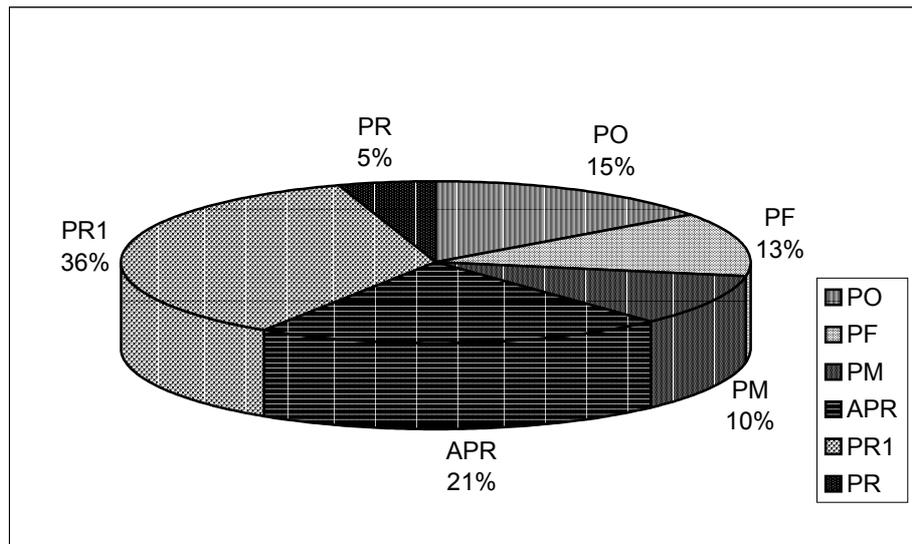


Figura 4 - Distribuição dos Tempos de um lote para uma Operação do Torno CNC.

Neste exemplo vemos que os tempos de preparação e de ajustes somam 95% do tempo total de operação para um lote. Tal situação é característica de processos de alta complexidade e precisão, que demandam um maior número de atividades de controle da operação,  $T_{PR1}$  muito grande. Para compensar estes tempos iniciais altos, em geral trabalha-se com lotes maiores, minimizando assim os efeitos iniciais de ajustes.

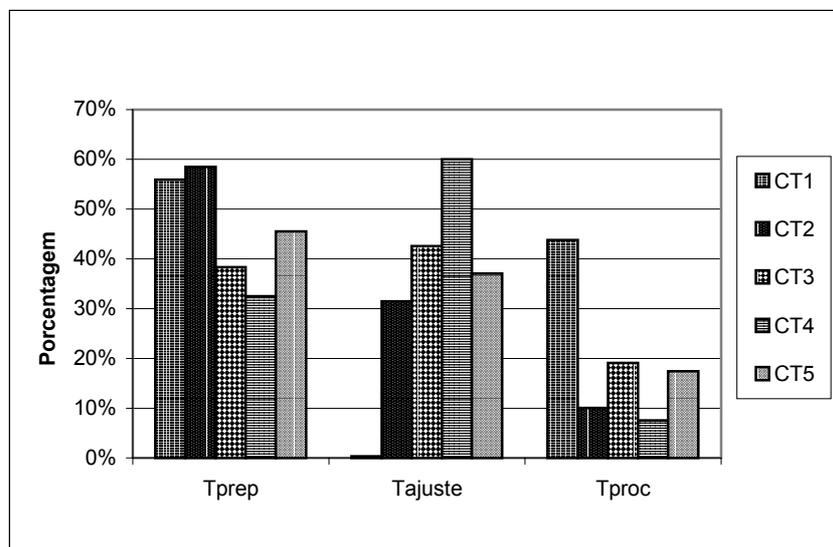


Figura 5 - Distribuição percentual dos tempos para cada CT.

A partir do gráfico da Figura 5 podemos observar que para o CT1, de operação de bancada, o tempo de ajuste é muito pequeno, já que a atividade principal desse centro é o próprio ajuste, classificado como tempo de processamento.

Mas para os outros CT's, o tempo de ajuste é significativo se comparado com o tempo de processamento de uma peça do lote.

Para os CT's 3 e 4, compostos por equipamentos CNC, os tempos de ajustes são maiores que o tempo de preparação. Esta diferença é relativa ao tempo de ajuste de programação e ajustes dos pontos de referência na primeira peça, visando adequar o equipamento às características específicas do lote, que para os outros CT's são menos significativos.

## 7. Considerações finais

O tempo de apontamento, utilizado pela empresa, não representa a capacidade real da célula já que não considera quando duas operações são realizadas simultaneamente, no mesmo PN.

Durante as observações de tomada de tempos, verificou-se que os lotes eram relativamente pequenos, o que aumenta a importância dos tempos de preparação e aferição de ferramentas. A primeira peça do lote requer um tempo maior de processamento em função dos acertos de ferramentas e do programa. Quando o lote é muito pequeno, o tempo da primeira peça torna-se determinante no tempo total do lote.

A sistematização das variáveis para cada centro de trabalho mostra, em detalhes, a composição do tempo necessário para a realização de uma operação, diferenciando os tempos de parada técnica e os tempos de parada organizacional. Os tempos organizacionais devem ser considerados no cálculo da capacidade da célula, pois estão inclusos no Tempo de Operação.

Para o sistema analisado o rendimento de fábrica é baixo, pois os tempos de parada organizacional somam grande parcela do tempo necessário para o funcionamento do CT.

Como o tamanho do lote é pequeno e fixo, devido à confiabilidade e rastreabilidade necessários ao produto, a distinção entre os componentes das paradas técnicas e das paradas organizacionais deve ser bem feita para gerar informação suficiente e confiável para tomadas de decisão que impliquem no melhor planejamento da utilização do período de operação dos CT's e, por conseqüência, da célula.

O modelo de análise de tempos de produção mostrou-se adequado para a determinação da capacidade da célula, mostrando as interferências das paradas técnicas e organizacionais sobre o rendimento de fábrica.

## 8. Referências

AGOSTINHO, O. L. (1985) - *Estudo da Flexibilidade dos Sistemas Produtivos*. São Carlos. EESC/USP, Tese de Doutorado.

ANTUNES JR, J. A. V. (1994) - *O mecanismo da função produção: a análise dos sistemas produtivos do ponto de vista de uma rede de processos e operações*. Produção, v.4, n.1, jul. 1994. p. 33-46.

BARNES, R.M. (1991) - *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. 6ª edição(revisada). São Paulo. EDGARD BLÜCHER.

GUÉRIN, F., LAVILE, A., DANIELLOU, F., DURAFFOURG, J., KERGUELEN, A. (2001) *Compreender o Trabalho para Transformá-lo - A Prática da Ergonomia*. São Paulo. Ed. Edgard Blücher. Tradução do original *Comprendre le Travail pour le Transformer - La Pratique de L'Ergonomie*, Éditions de L'ANACT, Paris, 1997. Traduzido por: Ingratta, G.M.J., Maffei, M.

KOHRMANN, C., WIENDAHL, H. (1999) - *International Used Strategies for Availability Optimisation of Assembly Systems*, Institute of Production Systems (IFA), University of Hanover.

MONDEN, Y. (1987) - *Sistema TOYOTA de Produção*. 1ª edição. São Paulo. IMAM.

OLIVÉRIO, J. L. (1985) - *Projeto de Fábrica: Produtos, Processos e Instalações Industriais*. 1ª. Edição. São Paulo. IBLC.

RANK, P. (1983) - *The Design and Operation of FMS*. Primeira edição. BELFORD, IFS/UK.

SLACK, N., CHANBERS, S., JOHNSTON, R. (2002) - *Administração da Produção*, 2ª edição. São Paulo. Atlas.