



SISTEMA DE MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO PARA PROCESSOS DE RETIFICAÇÃO BASEADO EM AQUISIÇÃO DE SINAIS

Douglas Dantas Soares

Universidade de São Paulo / Escola de Engenharia de São Carlos – Dep. Mecânica (USP/ EESC)
Núcleo de Manufatura Avançada/ Laboratório de Otimização de Processos de Fabricação (NUMA/ OPF)
Av. Trabalhador Saocarlense, 400 CEP 13566-590 São Carlos – SP tel. (16) 273 9438
e-mail: ddantas@sc.usp.br

João Fernando Gomes de Oliveira

Universidade de São Paulo / Escola de Engenharia de São Carlos – Dep. Mecânica (USP/ EESC)
Núcleo de Manufatura Avançada/ Laboratório de Otimização de Processos de Fabricação (NUMA/ OPF)
Av. Trabalhador Saocarlense, 400 CEP 13566-590 São Carlos – SP tel. (16) 273 9393
e-mail: jfgo@sc.usp.br

Resumo: *Trata-se do desenvolvimento de um sistema de monitoramento e diagnóstico para processos de retificação. Este sistema é baseado em análise de sinais providos pelo sensoramento do processo em questão. Neste trabalho são abordadas a arquitetura, as funcionalidades e as variáveis do sistema que permite o monitoramento do processo, o diagnóstico de problemas e possíveis otimizações com maior exatidão. O sistema pode ser instalado em qualquer máquina devido à portabilidade dos múltiplos sensores e do hardware envolvido. Sua instalação é simples e a interface do sistema é bem amigável. As informações adquiridas pelo sistema são armazenadas em uma base de dados, permitindo consultas e análises posteriores.*

Palavras chave: *Monitoramento, Diagnóstico, Retificação.*

1. INTRODUÇÃO

Dentre os processos de usinagem, a retificação é um dos mais difíceis de serem monitorados. Em virtude de ser um processo de acabamento final, a peça, nesta etapa, possui alto valor agregado. A retificação apresenta altos níveis de complexidade em virtude do grande número de possíveis condições de processo. Além disso, um sistema composto por máquina, peça, ferramentas de corte e afiação e dispositivo de fixação tem a solução de problemas e a otimização do processo difíceis de serem atingidas. Por ser um processo ainda pouco dominado, a resolução de problemas, a qual exige observação contínua dos fenômenos envolvidos, fica a cargo da experiência dos operadores da máquina. Como consequência, máquinas e produção podem ficar paradas ou serem utilizadas com baixo desempenho, resultando em prejuízos para a empresa.

Com o crescente uso de múltiplos sensores para se realizar o monitoramento de processos, a análise de sinais têm-se mostrado eficiente na detecção de problemas e na otimização das operações de retificação. Esses sensores, integrados à ferramentas de aquisição de sinais e a uma base de dados constituem um sistema de monitoramento e diagnóstico para processos de retificação, cujo o desenvolvimento é o objetivo deste trabalho. O sistema viabiliza resultados justos e exatos, e portanto, soluções mais transparentes. É importante ressaltar a portabilidade do sistema que pode ser instalado em qualquer máquina, para monitorar qualquer operação de retificação. Esta

ferramenta está sendo desenvolvida pelo Grupo de Otimização de Processos de Fabricação do Núcleo de Manufatura Avançada – NUMA, da USP – São Carlos.

2. SENSOREAMENTO

Devido à confiabilidade e precisão das informações oferecidas, o uso de sensores para a realização do monitoramento das máquinas e da produção tem se tornado cada vez mais comum nas indústrias que buscam um aumento da qualidade e produtividade (Soares, 2001). Com a redução do custo do sensoreamento, a utilização de múltiplos sensores (combinação de diferentes sensores) está aumentando. Eles combinam as diferentes características de cada um dos sensores, aumentando a faixa de aplicação e confiabilidade do sistema (Krishnamurthy, 1992).

Para detectar problemas e otimizar processos de retificação são utilizados variados tipos de sensores, dos quais alguns deles são citados a seguir:

emissão acústica: A emissão acústica, por captar sinais de alta frequência e livre dos ruídos advindos de fontes que não interessam especificamente ao processo, é um método bastante sensível e, portanto, adequado ao monitoramento do processo de retificação, que possui baixas taxas de remoção de cavaco. Os meios físicos de propagação mais utilizados na retificação são os componentes metálicos das máquinas, que estão em contato com a região de corte, como o contra ponto, o mancal, o flange ou o eixo do rebolo. O sensor pode ser fixado ainda no tubo do fluido de corte, utilizando este como meio físico para propagação do sinal.

potência (corrente): A corrente consumida pelo motor é medida usando-se sensores de efeito Hall. Fazendo-se a multiplicação da corrente proveniente do sensor pela tensão da máquina tem-se o sinal de potência. Esses sensores constituem-se numa forma de medição indireta das forças de corte através da medição da potência consumida pelo motor. A vantagem desta medição indireta das forças de corte reside no posicionamento do sensor no motor da máquina, ou seja, isolado do ambiente industrial que, via de regra, é bastante agressivo (Jemielniak, 1999).

deslocamento: Um LVDT do inglês *Linear Variable Differential Transformer*, é basicamente um transformador com ponto médio (também designado diferencial). A principal diferença reside no fato de o núcleo magnético ser móvel e se encontrar fixo ao objeto cujo deslocamento se pretende medir. Esta classe de transdutores, com algumas variantes, é utilizada na medição do deslocamento, da velocidade e da aceleração de objetos (Konig, 1993).

proximidade: sensores de proximidade indutivos tubulares são dispositivos totalmente eletrônicos utilizados para chavear circuitos elétricos ou eletrônicos de baixa potência. A detecção ocorre sem que haja contato físico entre o acionador e o sensor, permitindo um elevado número de atuações. São geralmente aplicados na detecção de aproximação de peças, componentes, elementos de máquinas, etc, em substituição às chaves de fim de curso ou micro-interruptores, pois sua durabilidade, precisão, confiabilidade e velocidade de resposta compatibilizam-se com os atuais circuitos de comando e controle (Atos, 2000).

3. GRANDEZAS DE MONITORAMENTO

Com o intuito de monitorar o processo de retificação algumas grandezas do mesmo são analisadas para que delas possa-se extrair resultados benéficos ao controle e à otimização do processo. Algumas destas grandezas serão discutidas a seguir. Tais considerações foram elaboradas com base nas literaturas (Biffi, 2001 e Oliveira, 1989), a partir de discussões com profissionais da área e também através de visitas a empresas.

Tempo de ciclo e capacidade da linha: É o tempo de uma operação desde a colocação da peça na máquina até a sua saída dentro de especificações de qualidade predeterminadas (Oliveira, 1989). O ciclo é subdividido em fases onde em cada uma delas há um tempo para a sua realização. A soma de todos os tempos de cada fase resulta no tempo de ciclo, grandeza importante na produção de grandes e médios lotes, bem como na otimização do desempenho da máquina. É de extrema

relevância apontar qual é a capacidade máxima da máquina em processo, ou seja, qual é o seu tempo de ciclo mínimo na produção de determinada ordem.

Tempo de corte: Um dos componentes do tempo de ciclo é o tempo em que o rebolo efetivamente está em contato com a peça, ou seja, o tempo em que a peça está sendo usinada.

Tempo de aproximação: O tempo de aproximação, que também compõe o tempo de ciclo é o tempo em que o rebolo se aproxima da peça, não havendo assim corte nesta fase. A redução do tempo de aproximação da ferramenta pode significar uma grande redução no ciclo total da peça e, conseqüentemente, redução nos prazos, custos e um aumento na capacidade da máquina (Biffi, 2001).

Tempo de *spark out*: *Spark out* ou centelhamento é a etapa do processo de retificação onde o rebolo ao final da etapa de corte para de avançar, com o objetivo de eliminar a diferença dimensional causada pela deformação elástica do sistema que ocorre durante a usinagem. O tempo de *spark out* é de grande importância, pois se muito longo, pode significar grande perda de tempo de ciclo e, se muito curto, ocasionar erros de forma na peça.

Tempo de afastamento: É o tempo depois da operação de corte e *spark out* onde o rebolo se afasta até a posição inicial. É aí que possivelmente inicia-se a troca de peça. Por também se tratar de um tempo improdutivo, o tempo de afastamento também é apontado como ponto forte na otimização do ciclo.

Sobremetal da peça: É a quantidade de material retirada da peça numa operação de retificação. Analisando esta variável é possível comparar o sobremetal retirado da peça (real) com o desejado e avaliar discrepâncias do processo.

Peças por dressagem: É a quantidade de peças produzidas entre duas dressagens. A grandeza indica o tempo de vida de um rebolo e a capacidade de produção da máquina.

Energia: É a integral da curva de potência consumida pela máquina num determinado ciclo. Ela auxilia na análise do rebolo em relação a sua capacidade de corte e à velocidade de avanço.

Pico de potência: É o ponto mais alto atingido na potência consumida pela máquina. Este indicador determina os picos de trabalho exigidos da máquina. Estes podem indicar falhas na programação do sistema de avanço.

Produção: É a contagem total de peças produzidas por uma determinada máquina. Ela serve de parâmetro para calcular, o ritmo e a taxa de produção real da máquina em questão.

Velocidade do Rebolo: É a velocidade periférica do rebolo. Com ela, é possível avaliar o desempenho da máquina durante o processo. Em algumas situações o rebolo perde muita velocidade durante o corte devido à falta de potência no sistema. Isso pode levar a um desgaste prematuro no rebolo.

Tempo de dressagem: O passo e a profundidade de dressagem influem diretamente na qualidade da peça. Além disso, o tempo gasto na realização deste processo é de grande relevância para análises em relação ao tempo de produção total da máquina. Adicionalmente seria ainda possível inferir sobre a qualidade da peça usinada pelo rebolo em determinada operação de dressagem.

Número de dressagens: Junto ao item discutido acima, o número de dressagens durante a produção em determinada máquina deve ser avaliado para que o tempo de produção possa ser otimizado com maior exatidão.

Tempo produtivo e improdutivo da Máquina: É o tempo total em que a máquina permanece produzindo ou sem produzir peça respectivamente. Essa grandeza traça o andamento produtivo da máquina, e possibilita um maior controle e otimização da produção, do processo e do pessoal operador.

4. ARQUITETURA DO SISTEMA

Uma arquitetura robusta que realmente atendesse os requisitos do sistema foi elaborada. Viabilizou-se um sistema que propicia informações que solucionem problemas e/ou otimizem processos de retificação. A arquitetura desenvolvida é apresentada na Fig. (1).

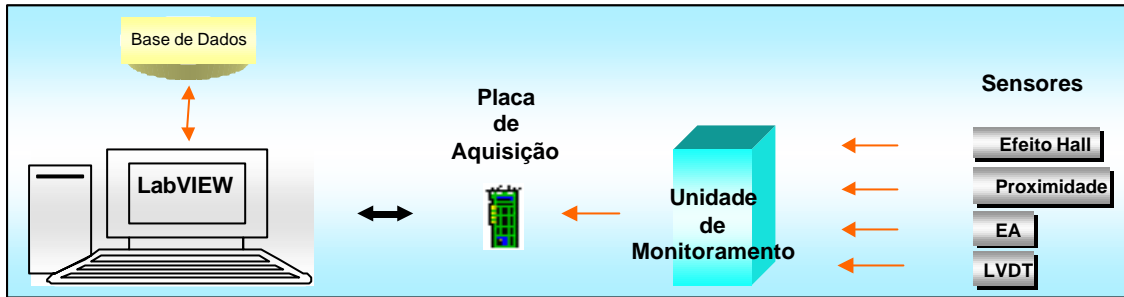


Figura 1 – Arquitetura do Sistema

O sistema elaborado é constituído por: *software* de aquisição e análise de sinais, sensores, unidade de monitoramento e tratamento de sinais, placa de aquisição, PC e uma base de dados. A interface de análise de sinais, as grandezas monitoradas pelo sistema, os procedimentos de sensoreamento, o *hardware* envolvido e a modelagem da base de dados serão detalhados a seguir.

4.1 O *Hardware* utilizado no Sistema de Aquisição

Para o desenvolvimento do Sistema de Aquisição foram utilizados os seguintes *hardwares*:

- 1 unidade de monitoramento de emissão acústica Sensis ;
- 1 Placa de Aquisição PCI – MIO-16E-4 da National Instruments;
- PC Pentium III 450 MHz com 128 MB RAM;

Os sensores fixados na máquina são conectados na unidade de monitoramento. Este é responsável por realizar o tratamento dos sinais dos sensores. Um cabo paralelo interliga esta unidade à placa de aquisição encaixada em um dos *slots* PCI, na *Mother Board* do PC. É esta placa da National Instruments que está integrada com o *software* de aquisição e é configurada pelo mesmo.

4.2 Interface de Aquisição

A interface de aquisição e análise do sistema foi desenvolvida através do *software* de aquisição LabVIEW 5.1. da National Instruments. Sua lógica foi baseada em *triggers* preconfigurados que garantem que o sistema seja flexível e se adapte a qualquer situação. São feitas basicamente coletas de 3 eventos:

- Eventos relacionados com cada peça produzida (máximo de potência, tempo de ciclo, tempo de corte, etc.);
- Ciclo completo de produção traçados em gráficos (potência, EA, deslocamento);
- Dados de dressagem.

4.3 Grandezas Monitoradas e o Sensoreamento envolvido

O sistema de aquisição abordou algumas grandezas do processo de retificação. Essas informações são extraídas da máquina através dos múltiplos sensores fixados em sua estrutura. Elas podem ser divididas em: dados operacionais, dados de dressagem e dados de produção. É importante ressaltar que para cada tipo de máquina e/ou para cada operação, a disposição dos sensores é feita de forma peculiar. Esta particularidade é satisfeita levando em conta os sensores a serem usados, as informações a se extrair e todo o ambiente externo que envolve o processo.

Para explicar os fatores envolvidos no sistema de aquisição de dados foi usada uma retificadora *centerless* Microma. Na realização do monitoramento desta máquina foram utilizados os seguintes

sensores: 2 sensores de emissão acústica (EA); 1 sensor de efeito Hall; 3 sensores de proximidade; 1 sensor de deslocamento (LVDT).

O LVDT tem o papel de fazer a aquisição do curso do rebolo. Dependendo do tipo de processo pode ser usado mais que um sensor. O LVDT é fixado de tal maneira que possa acompanhar o deslocamento da ferramenta abrasiva.

Um dos sensores de EA é fixado o mais próximo possível do rebolo para captar a emissão acústica do processo. O segundo sensor de EA é fixado o mais próximo possível da dressagem. Ele tem a tarefa de fazer a aquisição da emissão acústica do fenômeno.

Para fazer a aquisição do curso da dressagem é usado o sensor de proximidade. A dressagem pode ser feita em passes únicos de sentidos inversos, ou em passes duplos. Se o processo termina aonde começou, um sensor de proximidade apenas é suficiente (dressagem em passos duplos). Este então será capaz de coletar o início e o fim do processo. Caso contrário, se a dressagem é feita em passes únicos e inversos, deve-se utilizar dois sensores de proximidade: um para coletar o início e o outro para o fim do processo.

Um outro sensor de proximidade é fixado próximo ao rebolo, em paralelo ao eixo de rotação da ferramenta, de forma que possa coletar a sua rotação. Para isso, um dispositivo foi colocado no rebolo de forma que, toda vez que este der uma volta, o sensor seja capaz de captá-lo.

O sensor de efeito Hall é envolvido pelo cabo do motor da máquina para fazer a aquisição da corrente consumida. Quanto mais voltas o cabo do motor der no sensor, mais forte será o sinal adquirido.

4.3.1 Dados de Operação

Tempo de Ciclo: O tempo de ciclo é calculado através do LVDT o qual faz a aquisição de todo o curso do rebolo, ou seja, o avanço, o corte, *spark out* e afastamento do rebolo. A presença de peça é garantida pelo sinal de EA e de potência, respectivamente coletados pelos sensores de EA próximo ao rebolo e pelo sensor de efeito Hall instalado no painel da máquina. A Figura 2 retrata essa situação em um ciclo normal de retificação.

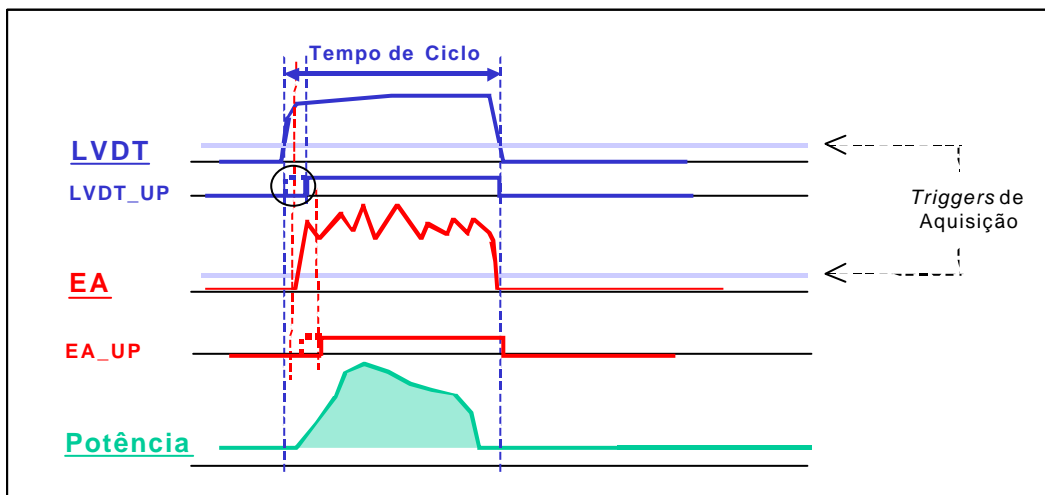


Figura 2 – Aquisição do *tempo de ciclo*

O início de ciclo é tomado quando a subida do sinal de LVDT ultrapassa um *trigger*. Este *trigger* é preconfigurado no sistema de aquisição. Mediante a vulnerabilidade dos sinais, os quais podem sofrer picos inesperados provenientes do processo e do ambiente externo, o sistema espera um tempo mínimo, também ajustável, ao detectar que o sinal em questão ultrapassou o *trigger* de aquisição. Este tempo mínimo garante com precisão o início do ciclo, ou que o sinal ultrapassou o *trigger* de aquisição por um outro motivo (por exemplo, um esbarrão no LVDT). O tempo mínimo é

indicado na Fig.(2) pelo círculo preto. O fim de ciclo é dado quando o sinal do LVDT ao cair, ultrapassa o mesmo *trigger* de aquisição configurado para o sinal. Tomando-se o tempo entre o ponto de início de ciclo e fim de ciclo tem-se o *tempo de ciclo*.

Tempo de Retificação (ou de corte): No sistema implementado, o *tempo de corte* é tomado com o auxílio dos sensores de EA (fixado perto do rebolo) e de deslocamento (Fig.(3)).

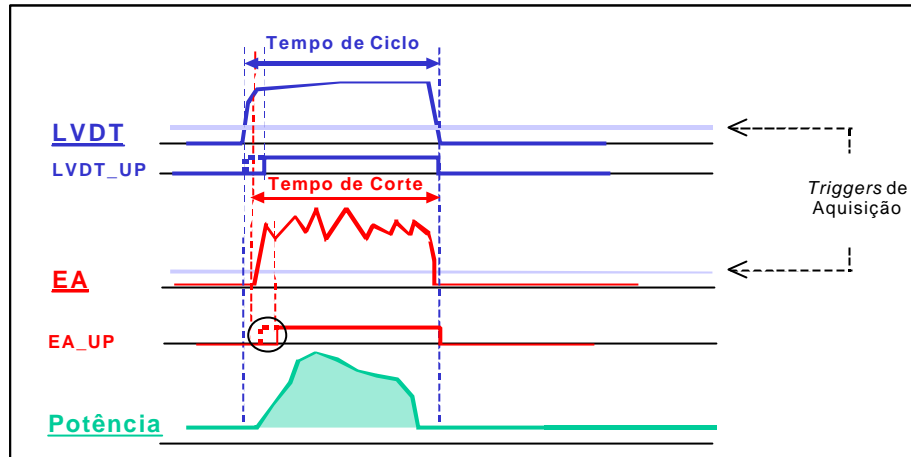


Figura 3 – Aquisição do *tempo de retificação*

A contagem do tempo é iniciada quando o sinal de EA em questão ultrapassa um *trigger* de aquisição preconfigurado. Neste caso também há um tempo mínimo (indicado pelo círculo preto na Fig.(3)) que garante que o corte realmente foi iniciado, ou seja, que o sinal não ultrapassou o *trigger* de aquisição por um outro motivo (por exemplo, vibração da régua de apoio). O fim da contagem do tempo é dado pelo mesmo ponto que indica o fim de ciclo, ou seja, quando o sinal do LVDT cai e ultrapassa o mesmo *trigger* de aquisição ajustado para o sinal de deslocamento do rebolo.

Número da Peça: Uma vez tendo os tempos de ciclo de retificação calculados é possível executar a contagem de peças retificadas. Cada peça usinada recebe então um número de identificação para facilitar análises e consultas posteriores.

Sobremetal da Peça: O *sobremetal* da peça, ou seja, o quanto de material foi retirado da peça na sua retificação é calculado fazendo-se a diferença entre o ponto mais alto atingido pelo deslocamento do rebolo (LVDT) e o ponto onde se iniciou a retificação da peça (o início do *tempo de retificação* dado pelo sensor de EA próximo ao rebolo). A Figura 4 demonstra essa situação.

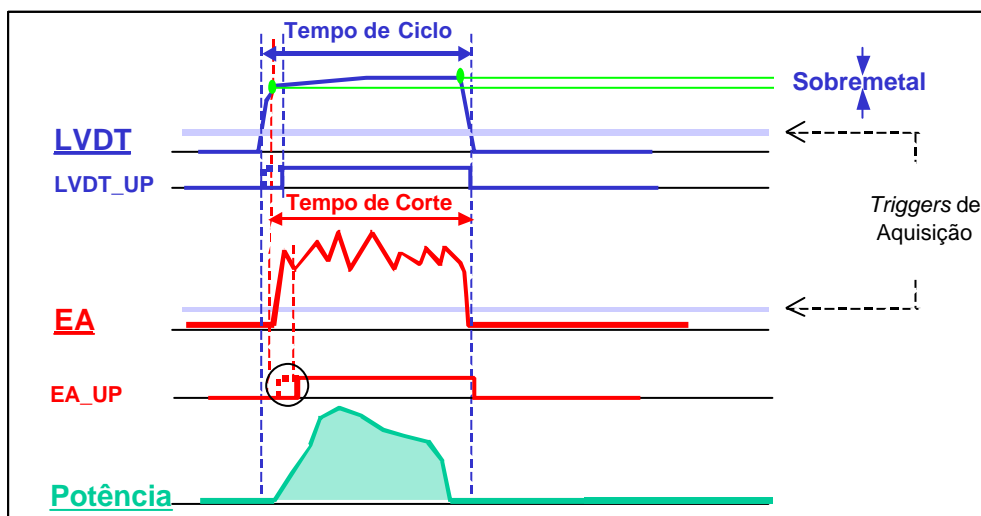


Figura 4 – Aquisição do *sobremetal* da peça

Energia consumida pela máquina na retificação: A *energia consumida* é dada fazendo-se a integral da área do gráfico de potência, delimitada pelo nível inicial da potência, automaticamente coletado pelo sistema quando a máquina está ligada e improdutivo. O sensor de efeito Hall fornece a corrente consumida da máquina. A aquisição da *energia consumida* na retificação é mostrada na Fig.(5).

Máximo (pico) da potência consumida: Na Figura 5 também é possível se observar o *pico da potência* consumida pela máquina na retificação. Essa grandeza é dada pela diferença entre o ponto mais alto atingido pela potência e o nível inicial da potência, automaticamente coletado pelo sistema quando a máquina está ligada em estado improdutivo.

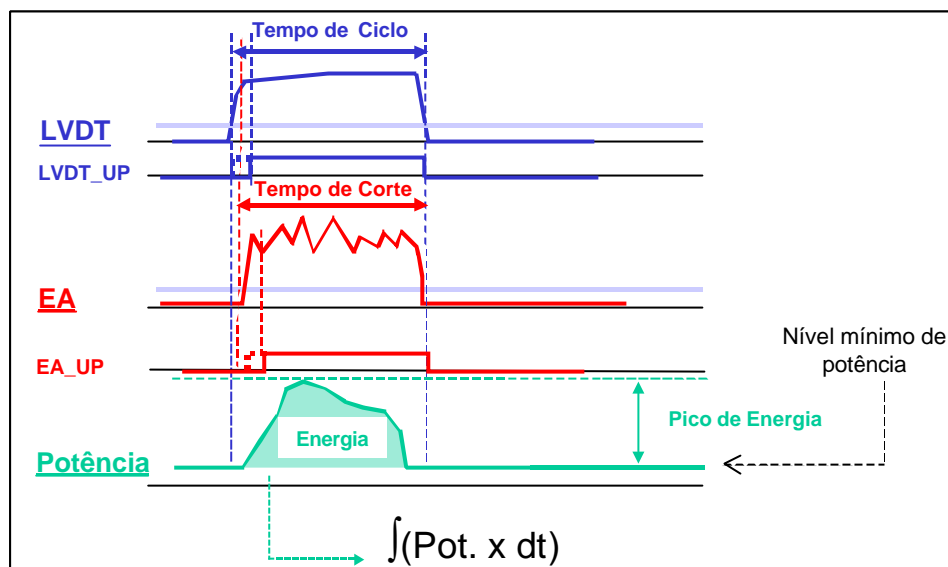


Figura 5 – Aquisição da *energia consumida* e *pico de potência* na retificação

Média da Velocidade do Rebolo: A velocidade do rebolo é coletada com o auxílio do sensor de proximidade. O sensor passa do estado lógico 0 para 1 toda vez que o dispositivo fixado no rebolo dá uma volta. A cada período de tempo pré-configurado no sistema, verifica-se quantas voltas o rebolo completou naquele espaço de tempo. Tendo o número de voltas (rotações) em um período de tempo conhecido é possível calcular a velocidade do rebolo em RPM (rotações por minuto). A cada ciclo é calculada a média aritmética da velocidade do rebolo.

4.3.2 Dados de Dressagem

Número da Dressagem: Um contador é incrementado a cada dressagem realizada no rebolo. Este dado é fundamental para análises e consultas posteriores onde será avaliado o desempenho do processo durante o monitoramento.

Peças por Dressagem: Entre as dressagens realizadas, é armazenada a quantidade de peças retificadas. A grandeza *peças por dressagem* é um indicador de desempenho de produtividade e vida do rebolo.

Última peça antes da dressagem: Ao se realizar uma dressagem, o número identificador da peça anteriormente retificada é armazenado indicando a *última peça antes da dressagem*. Este indicador é de extrema importância na avaliação da curva de qualidade das peças usinadas entre dressagens.

Tempo de dressagem: Com o auxílio de sensores de proximidade (um ou dois sensores conforme a necessidade discutida anteriormente) fixados nas extremidades do curso de dressagem é possível extrair o *tempo de dressagem*. A Figura 6 demonstra os dois casos abordados pelo sistema.

O sensor de proximidade, no caso de uma dressagem com o uso de apenas um sensor, se apresenta a princípio com seu estado lógico em 1. No momento em que se inicia a dressagem e a mesa do dressador se afasta desencostando do sensor, este passa a ter o estado lógico em 0. Inicia-se aí a contagem do *tempo de dressagem*. Ao final do fenômeno, a mesa do dressador encosta novamente no sensor, o qual passa mais uma vez para o estado lógico 1 e a contagem do *tempo de dressagem* se encerra.

No segundo caso, onde a dressagem é feita em passos únicos, dois sensores de proximidade são usados. Cada sensor é colocado em uma das extremidades do curso de dressagem, como mostra a Fig.6. A princípio, o estado lógico do sensor 1 se apresenta em 1 e o do sensor 2 em 0, pois este último não está em contato com a mesa do dressador. No momento em que se inicia a dressagem e a mesa do dressador se afasta, desencostando-se do sensor 1, este passa a ter o estado lógico em 0. Inicia-se então a contagem do *tempo de dressagem*. Neste período o sensor 2 também se encontra em 0. Ao final do fenômeno, a mesa do dressador encosta no sensor 2, o qual passa para o estado lógico 1. É aí que a contagem do *tempo de dressagem* termina. É importante lembrar que em todos os casos, a dressagem é confirmada pelo sinal de potência e de EA gerados pelo processo.

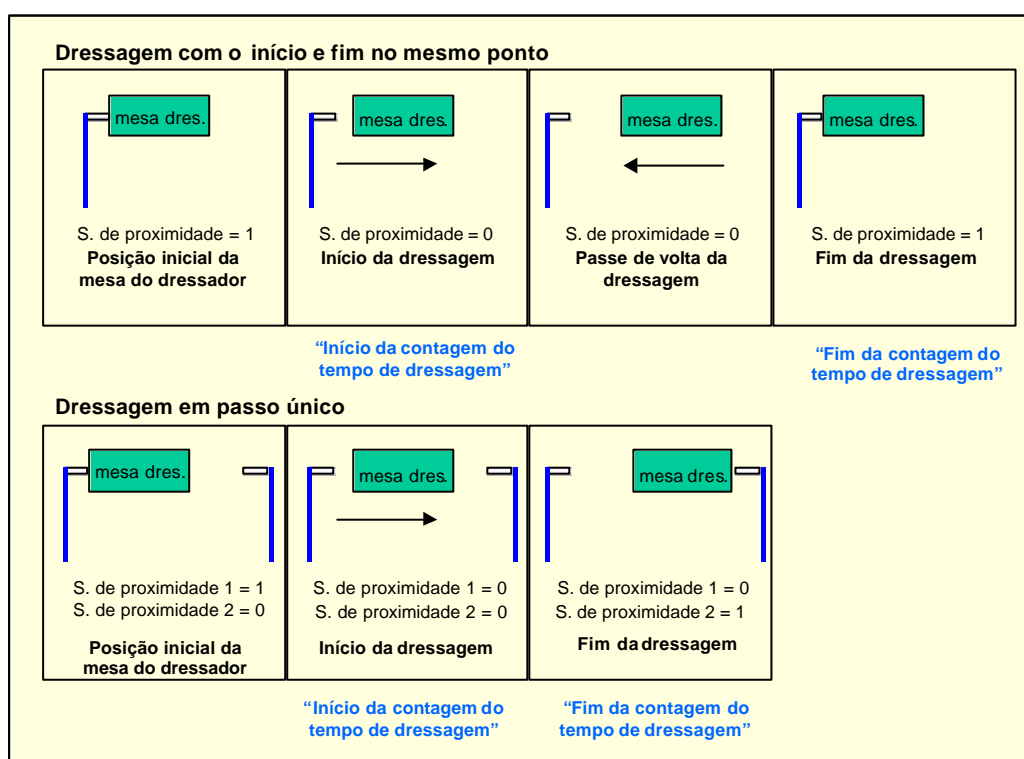


Figura 6 – Aquisição do *tempo de dressagem*

Energia consumida na dressagem: A *energia consumida* pela máquina na dressagem é coletada baseando-se nos mesmos princípios de aquisição dessa grandeza na retificação. É calculada a integral da área do gráfico de potência delimitada pelo seu nível mínimo, o qual é automaticamente coletado pelo sistema quando a máquina está ligada improdutivamente.

Máximo (Pico) da Potência consumida na dressagem: Como na retificação, o *pico de potência* consumida é dado pela diferença entre o ponto mais alto atingido pela potência e o nível inicial da potência.

4.3.3 Dados de produção

Tempo produtivo de máquina (Up Time) e Tempo improdutivo de máquina (Down Time): O *tempo produtivo de máquina* se inicia no instante em que começa o ciclo da primeira peça. Um

tempo de tolerância é previamente setado no sistema. Se a máquina ultrapassa esse limite de tempo sem produzir, o *tempo improdutivo de máquina* automaticamente passa a ser contado. Caso a máquina volte a produzir, a contagem retorna novamente para o *tempo de máquina em produção*. E assim se sucede até que o sistema de aquisição seja desligado.

4.4 Base de Dados

A base de dados escolhida para suportar o sistema foi o MySQL, na plataforma Linux. Ela, que é responsável pelo armazenamento das informações coletadas pelo Sistema de Aquisição, foi modelada e integrada com o mesmo. Pela facilidade de se trabalhar com o MySQL, a base de dados modelada já é administrada via *browser* através do *script* MySQL Web Interface desenvolvido com a linguagem PHP4.

4.4.1 Modelagem da Base de Dados

A modelagem do banco de dados relacional foi feita através da linguagem SQL. O vínculo entre as tabelas criadas é feito por uma chave primária identificadora do teste (monitoramento) realizado: Test_Code.

Foram criados três grupos de tabelas:

Tabelas Gerais: armazenam as informações genéricas sobre o teste;

- General_Data: dados gerais do teste.
- Operatio_Data: dados da operação de retificação do teste

Tabela de dados:

- Part: para todo ciclo realizado são calculados dados sobre a operação
- Dressing: para toda dressagem realizada são armazenados dados sobre o fenômeno.
- Graphic_Matrix: armazena os dados completos sobre o ciclo de retificação (gráfico dos sinais coletados).
- Graph_Matrix_Dress: armazena os dados completos sobre a dressagem (gráfico dos sinais coletados).

Tabelas auxiliares: tabelas que servem apenas para auxiliar a programação e modelagem da base de dados.

- Client: armazena dados do cliente
- Machine: armazena dados da máquina
- Operation: armazena os diferentes tipos de operação

4.5 Integração do Sistema de Aquisição com a Base de Dados

A integração do Sistema de Aquisição com a base de dados foi feita através do protocolo MyODBC. Este é o protocolo ODBC para servidores de banco de dados MySQL produzido pela Data-Consulting em Sweden. O MyODBC permite a conexão de qualquer aplicação com suporte ao ODBC à uma base de dados MySQL, mesmo que em plataforma Linux, seja uma base local ou remota. Neste último caso o MyODBC utiliza do protocolo TCP/IP para acessar servidores remotos. O MyODBC se demonstrou eficiente na integração do Sistema de Aquisição desenvolvido em LabVIEW com a base de dados MySQL remota.

5. CONCLUSÃO

Através deste estudo, nota-se a importância da sistematização de um sistema de monitoramento e diagnóstico para processos de retificação. O sistema que já foi implementado, será agora testado em empresas de usinagem. No entanto já é perceptível a sua confiabilidade, portabilidade e

estabilidade. A confiabilidade e precisão atribuída com o uso de múltiplos sensores resulta em operações confiáveis e em peças de qualidade.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Biffi, M., Meireles, G., Mello, R.G., Oliveira, J.F.G., Soares, D.D., 2001, “Sistema Supervisão para Processos de Usinagem: estudo de caso”, 1º COBEF Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Curitiba, PR, Brasil.
- Oliveira, J. F. G., 1989, “Tópicos avançados sobre o processo de retificação”, Apostila - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Soares, D. D.; Oliveira, J. F. G., 2001, “Diagnóstico de processos de retificação através da análise de sinais”, *COBEM*.
- Krishnamurthy, R.; Pugazhendi, 1992, “Sensor-fusion for identification of process performance in deep hole drilling”, International Manufacturing Engineering Conference, University of Connecticut, London, p. 454-456.
- Jemielniak, K., 1999, “Commercial tool condition monitoring systems”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 15, p. 711-721.
- Konig, W.; Klumpen, T., 1993, “Monitoring and sensor concepts for higher process reliability”, The International Grinding Conference and Exposition, Cincinnati.
- Atos automação industrial LTDA, 2000, “Sensores de proximidade indutivos”, Manual rev. 2.0.

MONITORING AND DIAGNOSIS SYSTEM FOR GRINDING PROCESS BASED ON SIGNAL AQUISICTION

Douglas Dantas Soares

Universidade de São Paulo / Escola de Engenharia de São Carlos – Dep. Mecânica (USP/ EESC)
Núcleo de Manufatura Avançada/ Laboratório de Otimização de Processos de Fabricação (NUMA/
OPF)
Av. Trabalhador Saocarlense, 400 CEP 13566-590 São Carlos – SP tel. (16) 273 9438
e-mail: ddantas@sc.usp.br

João Fernando Gomes de Oliveira

Universidade de São Paulo / Escola de Engenharia de São Carlos – Dep. Mecânica (USP/ EESC)
Núcleo de Manufatura Avançada/ Laboratório de Otimização de Processos de Fabricação (NUMA/
OPF)
Av. Trabalhador Saocarlense, 400 CEP 13566-590 São Carlos – SP tel. (16) 273 9393
e-mail: jfgo@sc.usp.br

Abstract: *This paper describes the development of a monitoring and diagnosis system for grinding process. This system is based on signal analysis acquired from a multiple sensors system. It is discussed the system architecture, functionalities, and variables that allow the user to monitor the grinding process, to correctly diagnosis the problem and optimize the process with greater accuracy. Due to the sensors and the hardware portability, the system can be installed in any machine. Its installation is simple and the system interface is friendly. The information gathered by the system is stored in a database, allowing queries and further analyses.*

Keywords: *Monitoring, Diagnosis, Grinding.*