

POTENCIALIDADES DO CONTROLADOR CNC MACH3 – ESTUDO DE CASO: RETROFITTING DE UM MINI CENTRO DE USINAGEM

Alexandre Souza da Silva, alexandre.silva00@gmail.com¹
Arthur Rodrigues Hass, arthur.hass@gmail.com¹
Eraldo Kfoury Jr, eraldok@hotmail.com¹
Felício José Gesser, fgesser@cefetsc.edu.br¹
Francisco Rafael Moreira da Mota, francisco@das.ufsc.br¹
Jeremias Elias da Silva, gjeremias@gmail.com¹
Leonardo Corrêa Piedade, correapiedade@yahoo.com.br¹
Nelso Gauze Bonacorso, nelso@cefetsc.edu.br¹
Paulo Roberto Lückmann Martins, paulolmartins@hotmail.com¹
Rafael Polezi Lucas, rafael_polezi@yahoo.com.br¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina – CEFET/SC, Departamento Educacional de Metal-Mecânica - DAMM, Av. Mauro Ramos, 950, Centro, 88.020-300, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

Resumo: O presente trabalho, além do retrofitting de um mini centro de usinagem CNC produzido pela empresa Denford, com espaço de trabalho de 290 x 170 x 210 mm e um trocador automático de 8 ferramentas (TAF), trata também do desenvolvimento e inserção de um eixo angular modular. O objetivo deste quarto eixo angular é tornar o equipamento mais flexível permitindo-o realizar também tarefas de torno-fresamento. O desenvolvimento foi realizado em duas etapas, sendo que na primeira foram substituídos os três drivers importados de acionamento dos eixos X, Y e Z da fresadora, por drivers nacionais mais atualizados e de melhor desempenho. Na segunda etapa, realizou-se a substituição do antigo controlador CNC e de seu respectivo controlador lógico programável (CLP) responsável pela lógica de operação do TAF, pelo controlador CNC Mach3 de baixo custo baseado em PC. Nessa nova configuração, o controlador CNC Mach3 fica responsável também pela monitoração e acionamento do TAF e demais periféricos do mini centro de usinagem. Ainda nesta etapa foram desenvolvidos e instalados novos circuitos de potência, intertravamento e adequação de sinais visando a correta comunicação entre o controlador Mach3 e os dispositivos de entrada e saída do mini centro de usinagem. Em virtude da quantidade de sensores e atuadores desta máquina CNC, esta comunicação foi realizada por meio de duas portas paralelas e uma serial. A porta serial se conecta a uma interface ModBus, que visa ampliar a quantidade de entradas e saídas para a integração com futuros periféricos: acessórios internos de fixação de peças e externos como robôs manipuladores. Na essência, este trabalho explora a potencialidade desse controlador CNC de baixo custo baseado em PC. Resultados práticos são apresentados com a finalidade de validar o retrofitting realizado e de se analisar o comportamento do mini centro de usinagem atualizado.

Palavras-Chave: CNC, CNC-PC, Mach3, retrofitting, torno-fresamento.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de máquinas CNC nos processos de fabricação teve o compromisso inicial de proporcionar o aumento de competitividade das empresas através do incremento de produtividade e qualidade de seus produtos. Segundo Lacerda et al. (1995), em função da redução da vida útil dos produtos e das exigências do mercado consumidor, surge também a necessidade de uma maior flexibilidade nesses equipamentos, para a fabricação de poucas unidades com características dimensionais diferenciadas, além de geometrias complexas. Por essas características de flexibilidade e versatilidade, máquinas CNC assumem um papel cada vez mais importante nas modernas empresas de fabricação.

A tecnologia CNC possui um custo elevado e, muitas vezes, se torna inviável a aquisição de uma nova máquina CNC pelo pequeno empresário. Segundo Pansiera (2002), o retrofitting de máquinas desatualizadas apoiadas no trinômio (qualidade do serviço, curto prazo de entrega e baixo custo de realização) é atualmente a solução buscada pelas empresas. Nesse sentido, a utilização de tecnologia CNC baseada em PC de baixo custo torna ainda mais viável uma proposta de adequação tecnológica. Por outro lado, máquinas do tipo CNC possuem atuadores e sistemas eletrônicos de comando e de controle que em pouco tempo tornam-se ultrapassados e obsoletos, necessitando de substituições para adequar-se a novos requisitos da fabricação. Em função da natureza dos componentes envolvidos e da mão-de-obra

especializada requerida o custo final de uma atualização tecnológica ou de uma flexibilização pretendida pode se tornar elevado.

Levando em consideração o contexto citado, foi efetuado a atualização tecnológica e a flexibilização do mini centro de usinagem CNC produzido pela empresa Denford do Reino Unido e adquirido pelo CEFET/SC em 1996. A máquina CNC original, Fig. (1), possui espaço de trabalho de 290 x 170 x 210 mm, um trocador automático de 8 ferramentas (TAF), resolução de 0,01 mm em seus três eixos, rotação máxima do eixo-árvore de 4 krpm e velocidade de avanço máxima de 1.500 mm/min, Denford Machine Tools (1990).



Figura 1. O mini centro de usinagem: (a) o computador responsável pelo controle, (b) a fresadora CNC e seu trocador automático de ferramentas e (c) o painel eletroeletrônico de acionamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O *retrofitting* foi realizado em duas etapas, sendo que na primeira foram substituídos os três drivers importados de acionamento dos eixos X, Y e Z da fresadora, por drivers nacionais mais atualizados e de melhor desempenho. Na segunda etapa, realizou-se a substituição do antigo controlador CNC e de seu respectivo controlador lógico programável (CLP) responsável pela lógica de operação do TAF, pelo controlador CNC Mach3 de baixo custo baseado em PC. Nessa nova configuração, o controlador CNC Mach3 fica responsável também pela monitoração e acionamento do TAF e demais periféricos do mini centro de usinagem.

Foram ainda desenvolvidos e instalados novos circuitos de potência, intertravamento e adequação de sinais visando a correta comunicação entre o controlador Mach3 e os dispositivos de entrada e saída do mini centro de usinagem. Na Fig. (2) se pode ter a visão geral da configuração desenvolvida. Quanto à parte mecânica foi mantida a original com o acréscimo do quarto eixo angular para ser usado nas tarefas de torno-fresamento.

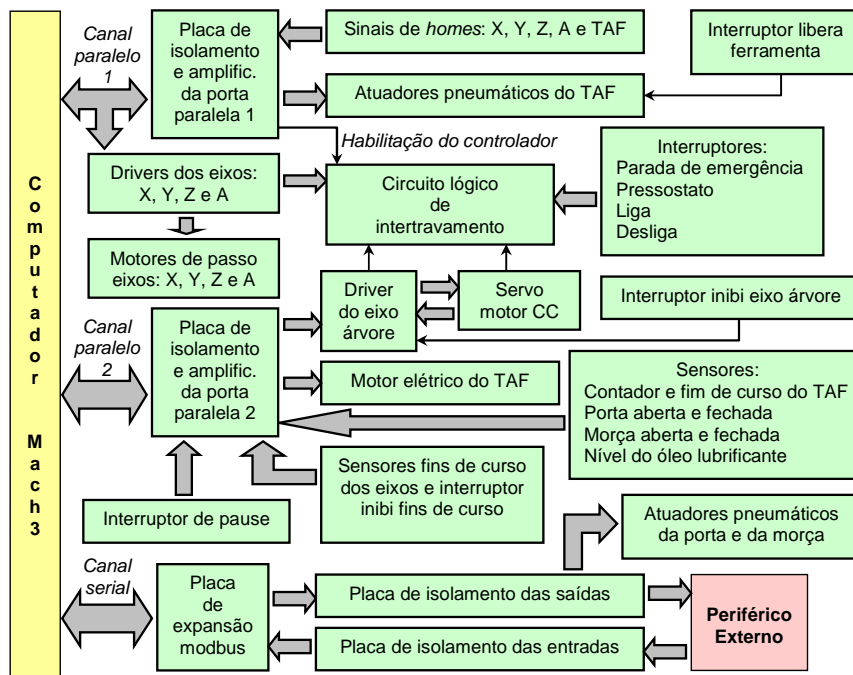


Figura 2. Diagrama de blocos da configuração atual do mini centro de usinagem CNC.

2.1. Desenvolvimento Eletroeletrônico

A comunicação entre o controlador CNC Mach3 e o mini centro de usinagem, Fig. (2), foi realizado por meio de duas portas paralelas e uma serial em função da grande quantidade de atuadores e sensores existentes. Desta forma, está aplicação prática busca explorar também a potencialidade de conexão deste controlador CNC que possui duas atrativas qualidades: baixo custo e baseado em PC.

Na porta paralela 1 foi utilizada todos os seus 17 sinais, sendo: 8 sinais de saídas (comandos de direção e passo) para os *drivers* de acionamento dos motores de passo dos 4 eixos, 4 sinais de saídas para o comando das eletroválvulas de acionamento dos cilindros pneumáticos do TAF e 5 sinais de entrada dos *homes* dos 4 eixos e do TAF. Na porta paralela 2 foram também usadas todos os 17 sinais, onde: 2 sinais de saídas (comandos de habilitação e de referência da velocidade via modulação PWM) para o *driver* do eixo-árvore, 2 sinais de saídas (comandos de habilitação e de sentido de rotação) para o motor CA de acionamento do carrossel do TAF, 12 sinais de entrada dos sensores do mini centro de usinagem e 1 sinal de entrada do botão de *pause*. A porta serial se conecta a uma interface *ModBus*, Fig. (3) que visa ampliar a quantidade de sinais, mais 8 sinais de entradas e 8 sinais de saídas, para a integração com futuros periféricos: acessórios internos de fixação de peças e externos como robôs manipuladores.

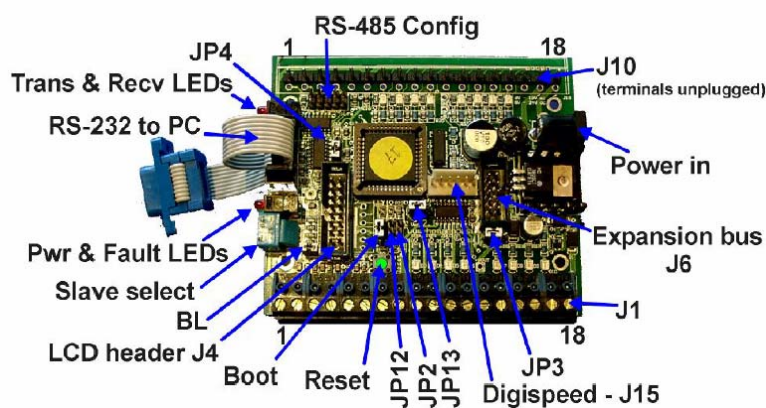


Figura 3. Placa de expansão *Modbus*.

Os circuitos elétricos originais do mini centro de usinagem CNC possuíam alguns erros de projeto dando margem à ocorrência de colisões de atuadores e danos nas peças a serem fabricadas e/ou ferramentas. O principal erro cometido foi a não utilização dos sinais de pronto (*ready*) dos *drivers* dos três eixos no circuito de intertravamento, permitindo com isso, usinagem com eixo inoperante. Outro erro existente no projeto elétrico original era a possibilidade do acionamento do TAF com os três eixos desabilitados.

Esses problemas de lógica elétrica foram sanados com o projeto e implantação de um novo circuito de intertravamento, Fig. (4). Esse circuito lógico interrompe o fornecimento de energia aos atuadores do mini centro de usinagem CNC, por meio do desacionamento do relé ESR, nas seguintes situações: acionamento manual dos botões de desliga (DESL) ou parada de emergência (PE), pressão de ar insuficiente (PRES), temperatura excessiva do motor do eixo-árvore (TEA), falha elétrica detectada pelos *drivers* (RDX, RDY, RDZ, RDA e RDEA) e ausência do controlador CNC Mach3 (DPC). Porém, quando um dos sensores de fins de curso (FCX+, FCX-, FCY+, FCY-, FCZ+ e FCZ-) é acionado informando a saída da ferramenta do espaço de trabalho da máquina, um sinal de parada (SP) é enviado ao controlador Mach3. Neste caso, o controlador Mach3 inibi somente os comando dos atuadores. O funcionamento é restabelecido através do acionamento do botão AXIS para condução da ferramenta para dentro do espaço de trabalho. O acionamento do botão com retenção (PAUSE) pelo operador pausa a tarefa de usinagem por meio do envio do sinal PS ao controlador Mach3. Um novo acionamento neste botão permite a continuidade da usinagem.

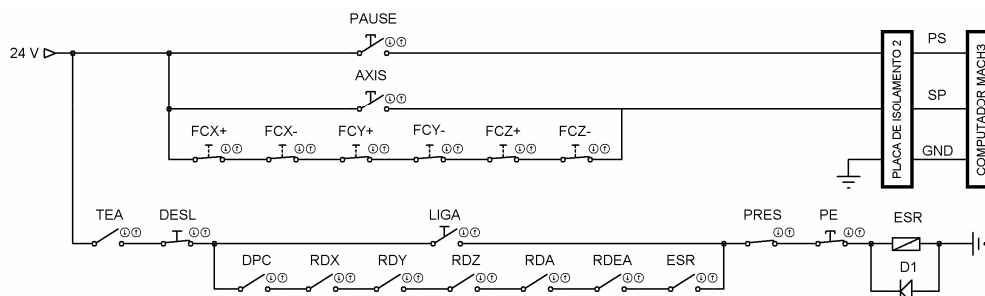


Figura 4. Circuito lógico de intertravamento do mini centro de usinagem.

Um importante recurso do controlador CNC Mach3 é o envio de um sinal digital (SH) pelo canal paralelo 1, com frequência 12 kHz e razão cíclica de 50 %, somente quando o respectivo programa do controlador Mach3 estiver sendo executado no computador. Na seqüência o sinal SH foi isolado, amplificado e reconhecido pelo circuito de detecção do controlador CNC Mach3, Fig. (5), através do acionamento do contato normalmente aberto (NA) do relé DPC. Este contato, por sua vez, habilita juntamente com outros contatos o relé ESR do circuito lógico de intertravamento, Fig. (4), liberando finalmente a energia elétrica, Fig. (6), para os atuadores do mini centro de usinagem.

Na essência, o circuito de detecção desenvolvido está sintonizado na frequência de 12 kHz evitando, desta forma, que um outro programa acione de forma incorreta, os atuadores do mini centro de usinagem, por meio dos canais de comunicação paralela e serial do computador.

Foi também implementado um circuito eletrônico de isolamento, amplificação e filtragem do tipo passa baixa para realizar a adequação entre o sinal elétrico de velocidade de referência, modulado por largura de pulso (PWM), enviado pelo controlador Mach3 e o sinal contínuo (0 a 10 V) de entrada do driver do eixo-árvore.

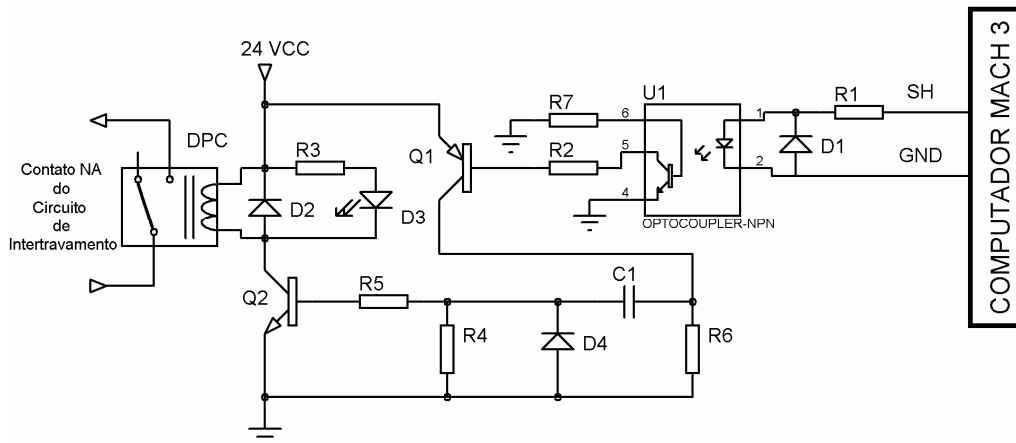
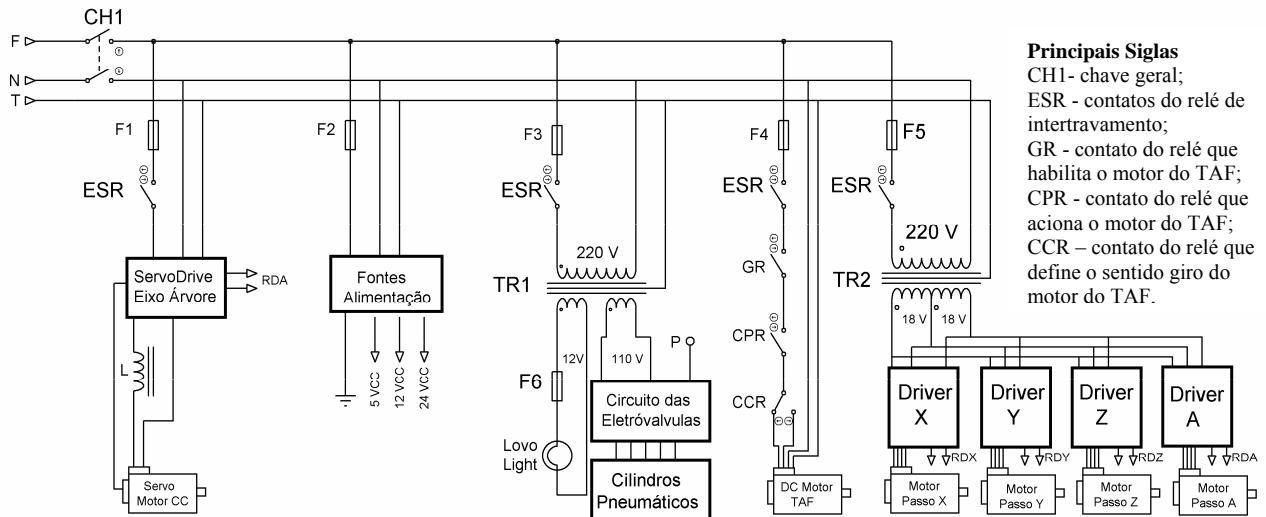


Figura 5. Circuito de detecção da presença do controlador CNC Mach3.



Principais Siglas

- CH1 - chave geral;
- ESR - contatos do relé de intertravamento;
- GR - contato do relé que habilita o motor do TAF;
- CPR - contato do relé que aciona o motor do TAF;
- CCR - contato do relé que define o sentido giro do motor do TAF.

Figura 6. Circuito elétrico de potência do mini centro de usinagem.

Os *drivers* originais dos eixos do mini centro de usinagem, Fig. (7-a), foram substituídos pelos seguintes motivos: sinais de comando são não isolados com amplitude diferente do padrão TTL, somente reconhecimento de comandos externos com duração acima de 10 μ s, conexão somente através de placa mãe dedicada, tecnologia importada e já ultrapassada.

Os novos *drivers*, Fig. (7-b), são de melhor desempenho e mais compactos que os originais. Foram projetados e desenvolvidos no CEFET-SC possuindo as seguintes características que justificam o seu uso neste retrofitting: isolamento elétrico para sinais de comandos externos no padrão TTL possibilitando a conexão direta na porta paralela, reconhecimento de comandos internos e externos com frequência de até 200 kHz, corrente ajustável de 0 a 2,8 A, redução automática da corrente do motor quando parado, desacionamento automático do motor via proteções internas e baixo custo.



Figura 7. Drivers dos motores de passo: (a) o original e (b) o atual, Bonacorso et al. (2008).

2.2. Adição do Eixo Angular

O desenvolvimento e a adição de um eixo angular modular, Fig. (8), veio com a necessidade de tornar o mini centro de usinagem mais flexível possibilitando realizar também operações de indexação, torno-fresamento e fresamento com quatro eixos simultâneos. Um motor de passo do tipo híbrido de 200 passos por volta, comandado em meio passo, aciona este cabeçote angular por meio de um redutor de velocidade de 50:1. Desta forma, a resolução angular obtida é de 0,018 graus.

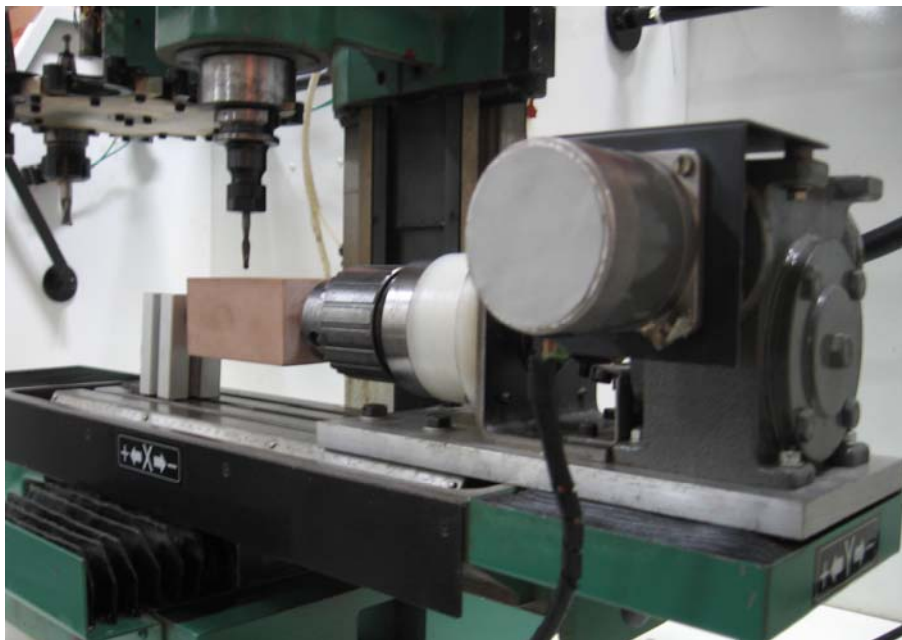


Figura 8. Sistema de fixação de peças para a tarefa de torno-fresamento.

2.3. Substituição do Controlador CNC

Atualmente as empresas de fabricação necessitam cada vez mais de ferramentas de controle com flexibilidade de adaptação em diferenciadas tarefas. O atendimento desta demanda reduz gastos com aquisições de novos sistemas de controle, além de minimizar o treinamento de operadores. Nesse sentido, o controlador CNC Mach3 surge como uma opção potencial para o controle flexível de baixo custo para máquinas do setor de fabricação, tais como: mesas XY para corte de materiais, robôs manipuladores cartesianos, tornos, fresadoras e centros de usinagens.

A tela principal de comando do Mach3, Fig. (9), apresenta suas funções principais. No item 1 destaca-se a barra com as opções de configuração do *software*. Nessa barra de ferramentas existe as opções para criação de arquivos, configurações dos pinos de entrada e saída de sinais, rampa de aceleração dos motores, configurações de *plugins*, seleção de telas e edição das funções pertinentes aos botões da tela. Já em 2, visualiza-se o programa em código G que será executado. Em 3 encontram-se as posições correntes dos eixos, bem como a opção de referenciá-los. Em 4 tem-se a ilustração das trajetórias a serem realizadas. Tal ilustração ajuda na detecção de erros mais grosseiros de trajetória. Em 5 o controle do processo, com opções de *start*, *stop*, *load G code*, *edit G code*, entre outros. Esse item traz as principais ações de comando do Mach3. O item 6 mostra as informações pertinentes à ferramenta utilizada, onde se tem informações como o diâmetro, altura e posição no carrossel de ferramentas. Os dados relativos ao *feed rate* da máquina é visto no item 7. Aqui é factível a alteração da velocidade de deslocamento no transcorrer da execução da trajetória, a fim de corrigir possíveis erros de programação. Já no item 8 permite a visualização da velocidade do eixo árvore em rotações por minuto (rpm) e assim como no item 7 é possível a correção da referência desta velocidade.



Figura 9. Tela principal do controlador CNC Mach3.

A Art Soft (2008), relata que o Mach3 é um controlador CNC baseado em PC que viabiliza o controle de máquinas com até 6 eixos. A interface com os acionamentos e sensores externos pode ser realizada através de uma ou duas portas paralelas padrão do PC. Em adição as tradicionais portas paralelas pode-se expandir o número de entradas e saídas via interface *Modbus* RS232/ Ethernet. Pode-se ainda empregar placas de controle de movimento mais especializadas como as produzidas pela Galil e Gecko Driver ao invés da porta paralela.

O Mach3 pode acionar motores de passo e também servomotores DC/AC. Pode-se encontrar no mercado uma série de modelos de servoacionamentos AC *Brushless* que operam com interface *Step/ Dir* compatível com o Mach3. Uma característica bastante atrativa no Mach3 é a flexibilidade. Como se trata de um CNC aberto o desenvolvedor de máquinas tem a sua disposição uma ampla possibilidade de hardwares e configurações. As telas, botões e caixas de diálogo podem ser personalizadas ou dirigidas para a aplicação do CNC.

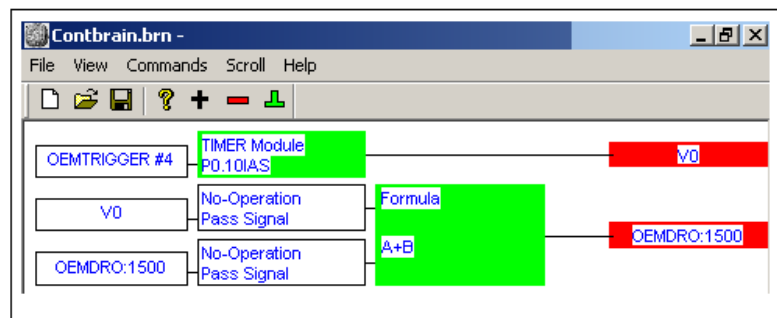
Para o correto funcionamento é necessário ter instalado o sistema operacional Windows XP ou 2000, uma capacidade de processamento de 1 Ghz, 1 GB de RAM e tela com resolução de 1024 x 768 pixel. O custo de licenciamento do Mach 3 na data de publicação deste artigo é de USD 159,00, o que o torna bem acessível mesmo para aqueles projetos sensíveis ao custo e de aplicações simples como soldagem, aplicação de cola, máquinas de modelagem, corte de isopor, placas de circuito impresso entre outras.

Outro ponto de estímulo ao uso do Mach3 é a grande rede de comunicação existente entre os usuários do sistema pelo mundo. Os diversos fóruns e grupos de pesquisa proporcionam uma excelente base de suporte, o que torna mais eficiente e rápido o desenvolvimento de novas aplicações e funcionalidades.

Uma particularidade deste controlador é a possibilidade de programação de funções complexas de macro via VBScript. Além disso, um soft CLP (Controlador Lógico Programável baseado em Software) está disponível para implementação das funções de intertravamento e lógica operacional da máquina. Na Figura (10-a) pode-se observar um trecho da rotina de referência do magazine implementada para o mini centro de usinagem e na Fig. (10-b) mostra a lógica do contador do trocador de ferramenta implementada via soft CLP.

```
'Home - TAF
FerramentaAnterior = GetDRO(24)' Lê Ferramenta
que já está no Eixo Arvore
NPulsos = 1 - FerramentaAnterior + 8
DeActivateSignal(Output5)
If NPulsos>4 Then
  If NPulsos = 8 Then
    Message "Home Concluído...Ferramenta
Atual é T1"
  Exit Sub
  End If
NPulsos=8-NPulsos
ActivateSignal(output4)
ActivateSignal(output5)
'systemwaitfor(Input1)
Do
  If IsActive (INPUT1) Then
    GoTo AAA
  End If
Loop
AAA: DeActivateSignal(Output5)
DeActivateSignal(output4)
SetOEMDRO(1500,0)
Contagem=GetOEMDRO(1500)
while contagem<NPulsos
  ActivateSignal(output5)
  Contagem=GetOEMDRO(1500)
wend
DeActivateSignal(output5)
End If
```

(a)



(b)

Figura 10. Formas de programação de funções no controlador Mach3: (a) VBScript e (b) Soft CLP.

O comando para troca automática de ferramenta via comando CNC é a função T_M6, logo via VBScript houve a possibilidade de reprogramação desta função de modo a se adequar ao fluxograma, Fig. (11), idealizado para o controle e atuação do TAF. Nesta nova função deve-se sempre verificar as três seguintes premissas: a troca de uma ferramenta sem uma existente no eixo árvore, troca de ferramenta já com uma existente no eixo árvore e guardar uma ferramenta.

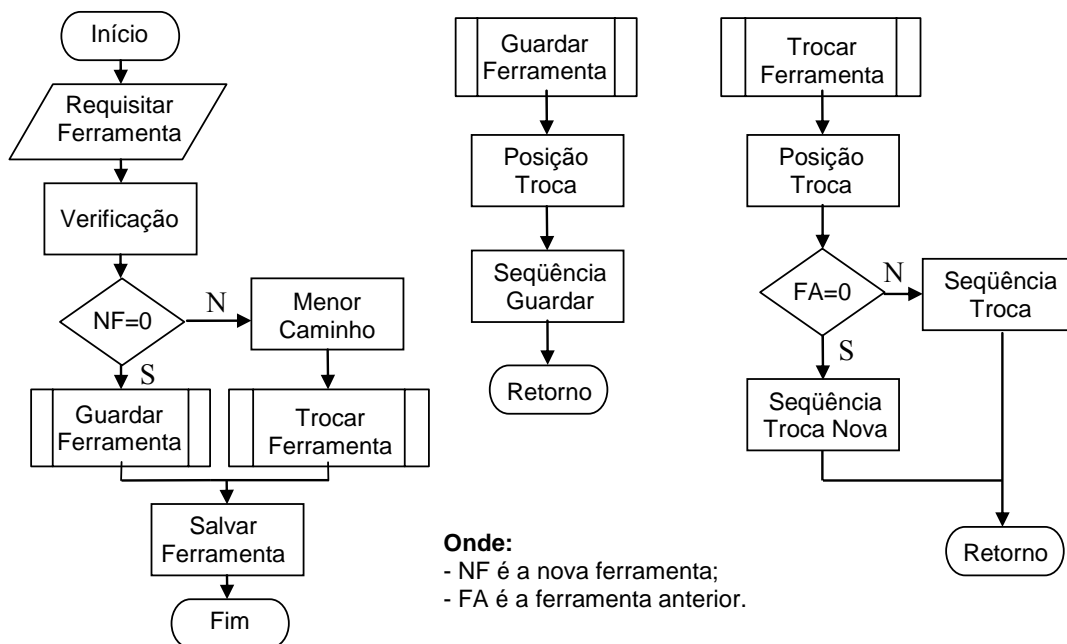


Figura 11. Fluxograma do programa do TAF.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de validar o retrofitting realizado, confeccionou-se em resina poliuretânica uma flange para fixação de motores elétricos. Inicialmente essa peça foi modelada no programa CAD *SolidWorks*, na seqüência as trajetórias de usinagem foram geradas no CAM *EdgeCAM*, Fig. (12-a). A usinagem da peça empregou uma broca de 5 mm e três fresas de topo reto com diâmetros de 4 mm, 8 mm e 12 mm.

As dimensões obtidas na peça usinada, Fig. (12-b) ficaram dentro da tolerância esperada considerando-se a resolução da máquina, sua rigidez mecânica e erros geométricos dos eixos posicionadores. O programa de usinagem foi repetido diversas vezes com o intuito de avaliar a repetitividade dos posicionamentos.

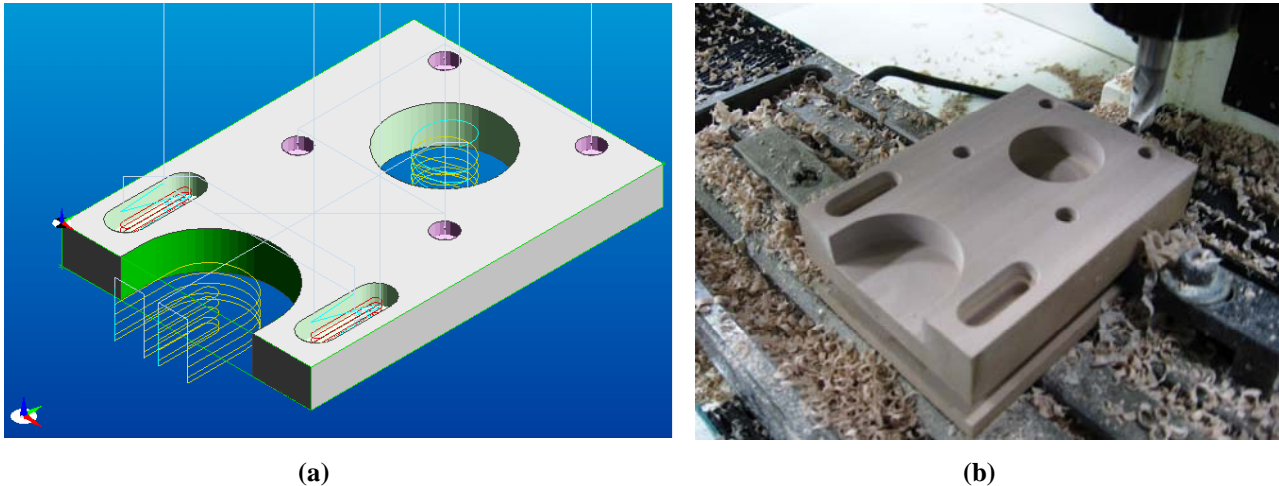


Figura 12. Ensaio 1: (a) desenho da peça e as trajetórias das ferramentas e (b) a foto da peça usinada.

Outra peça confeccionada para validar a flexibilização implementada no mini centro de usinagem CNC foi um modelo de embalagem de perfume. Inicialmente o desenho gerado no programa CAD *SolidWorks* foi exportado para o programa de CAM *DeskProto* que gerou a estratégia de usinagem, Fig. (13-a). Ao analisar a geometria final do modelo usinado em bloco de resina, Fig. (13-b), pôde-se observar que ele apresentou medidas equivalentes às dimensionadas no CAD.

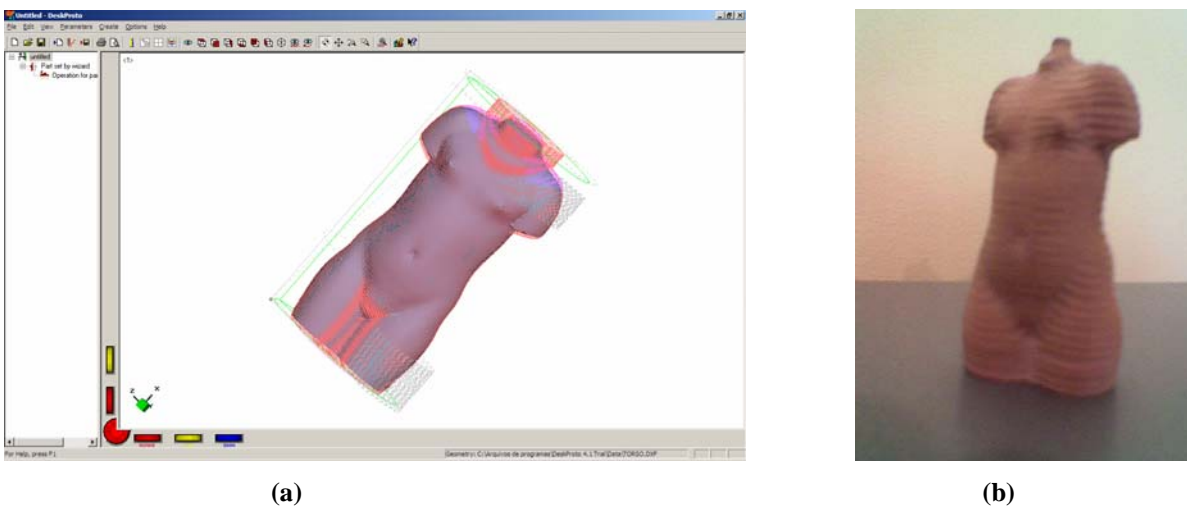


Figura 13. Ensaio 2: (a) a tela do *DeskProto* com a peça modelada e (b) a foto da peça usinada.

Outros testes foram realizados objetivando avaliar a repetitividade do sistema. Nesse aspecto a qualidade do trem de pulsos gerado pelo Mach 3, a eletrônica de interfaceamento e os próprios drivers dos motores de passo constituem importantes fontes de erros.

A peça de teste com as trajetórias de corte pode ser vista na Fig. (14-a). Aqui um programa CNC com 26.900 linhas de código G1 (interpolação linear) foi gerado no CAM com um erro cordal de 0,01 mm. A velocidade de avanço da ferramenta foi de 1000 mm/min. Esse programa foi executado nove vezes na máquina. No início da execução um relógio comparador com resolução de 0,01 mm foi zerado em um ponto pré-definido no espaço de trabalho da máquina,

Fig. (14-b). Após cada execução do programa de testes a máquina era deslocada para a posição determinada e o erro de posicionamento verificado pelo relógio comparador.

Uma bateria de testes foi realizada para cada eixo da máquina (X, Y, Z). Em nenhum dos testes foram verificadas variações de posicionamento. Observou-se que o sistema é bem robusto e preciso não resultando em perda de passo e erros de arredondamento pelo sistema de interpolação do Mach3.

Usando a mesma geometria CAD alterou-se o tipo de trajetória de corte no CAM para perfilamento. O programa resultante, um misto de G1, G2 e G3 (interpolações lineares e circulares), foram executados sucessivas vezes sempre comparando a posição de partida e término com auxílio do relógio comparador. Neste conjunto de testes variações na velocidade de avanço (*override*) foram intencionalmente realizadas em vários momentos durante a execução. A versão testada (Mach3 Release 3.041) não apresentou desvios no posicionamento final em nenhum dos testes.

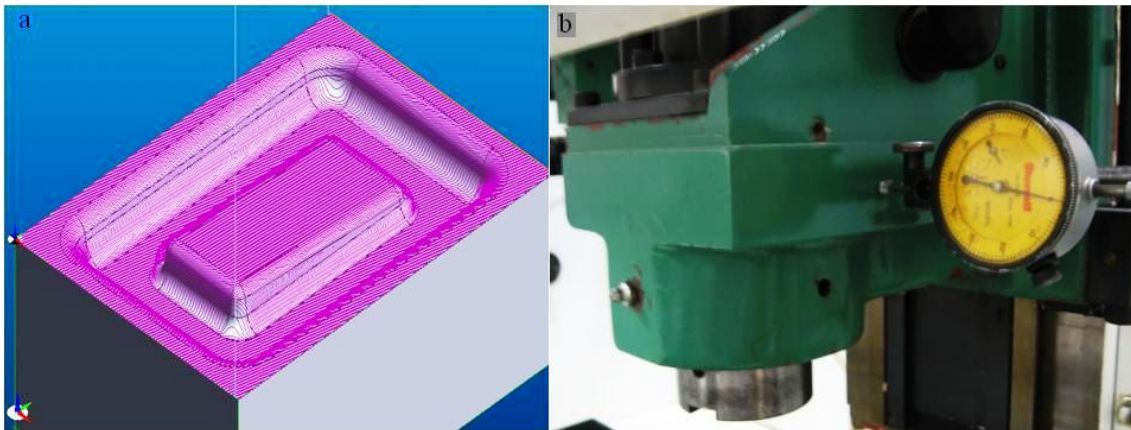


Figura 14 – Ensaio 3: (a) a peça de teste e (b) o relógio comparador.

4. CONCLUSÕES

O *retrofitting* se mostrou uma boa solução para adequação de máquinas ultrapassadas tecnologicamente ou necessitando de manutenção. Uma vez que o mini centro de usinagem CNC realizou usinagens com melhor performance proporcionada pelos atuais drivers de acionamento dos motores de passo. Esse incremento no desempenho se deve ao aumento de velocidades e acelerações dos eixos da máquina em virtude da excelente característica torque versus velocidade dos conjuntos: driver e motor de passo.

O Mach3 sendo um controlador de baixo custo e aberto se mostrou muito versátil e eficaz nesta adequação tecnológica, proporcionada pela configuração flexível e pela existência de uma gama de importantes recursos operacionais.

A versatilidade e a confiabilidade que e as macros em *VBScript* trouxeram a operação do TAF encoraja a programação de outras funções complexas de máquinas.

Os testes de trajetórias e posicionamentos realizados validam a solução de retrofitting detalhada neste artigo. Ensaio futuros serão realizados com servo acionamentos em máquinas com uma dinâmica mais exigente.

Além da meta almejada inicialmente, que era o retrofitting e a flexibilização do mini centro de usinagem CNC, alcançamos um patamar onde o equipamento se mostrou mais confiável e seguro. Além disso, o fato de se tratar de um projeto de baixo custo torna a opção pela atualização tecnológica ainda mais atrativa para empresas de fabricação e instituições de ensino que possuam máquinas desatualizadas. Em resumo, tal desenvolvimento realizado tornará mais rápido a realização de futuros projetos no CEFET/SC.

5. REFERÊNCIAS

- Art Soft “Using Mach3 Mill” Disponível em: <http://www.machsupport.com/documentation/M3M1_84-A2.pdf>. Acesso em: 4 de maio de 2008.
- Bonacorso, N.G., Noll, V. e Gevaerd, B.M., 2008, “Desenvolvimento de um Driver de Corrente Didático para Acionamento de Motores de Passo Híbrido Aplicados ao Ensino de Eletrônica de Potência e Mecatrônica” Revista da Associação Brasileira de Eletrônica de Potência, Vol. 13, nº 2, Santa Maria, Brasil, pp. 117 - 123.
- Denford Machine Tools, 1990, “Triac PC & ATC Installation, Operation And Maintenance Manual”, Fanuc Version 2.93 – 2.96, Heidenhain Version 2.108 – 2.95.
- Lacerda, H.B., Filho, J.B. e Siqueira, I.L. 2005, “Mesa XY para Corte e Solda de Chapas Metálicas Controlada pela Porta USB” 3º COBEF – Congresso Brasileiro de Fabricação, Joinville, Brasil.
- Pansiera, P.E. 2002, “A Ciência do Retrofitting - Conceitos Básicos” Revista Mecatrônica Atual, Vol. 1, nº 2, Tatuapé - SP, Brasil, pp. 41 - 43.

POTENCIAL OF MACH3 CNC CONTROLES. CASE STUDY: RETROFITTING OF A MINI MILLING-MACHINE

Alexandre Souza da Silva, alexandre.silva00@gmail.com¹
Arthur Rodrigues Hass, arthur.hass@gmail.com¹
Eraldo Kfoury Jr, eraldok@hotmail.com¹
Felício José Gesser, fgesser@cefetsc.edu.br¹
Francisco Rafael Moreira da Mota, francisco@das.ufsc.br¹
Jeremias Elias da Silva, gjeremias@gmail.com¹
Leonardo Corrêa Piedade, correapiedade@yahoo.com.br¹
Nelso Gauze Bonacorso, nelso@cefetsc.edu.br¹
Paulo Roberto Lückmann Martins, paulolmartins@hotmail.com¹
Rafael Polezi Lucas, rafael_polezi@yahoo.com.br¹

¹ Federal Center of Technological Education of Santa Catarina, Management of Metal-mechanics, Av. Mauro Ramos, 950, Centro, 88.020-300, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Abstract. *This paper presents a retrofitting of a small CNC milling machine with the introduction of a fourth angular axis for turning operations combined with milling operations. The original equipment is a CNC milling machine manufactured by Denfor with a workspace of 290 x 170 x 210 mm and automatic tool changer (ATC) for eight tools. The introduction of this fourth axis enables the machine to perform different machining operations improving its flexibility. In the first part of the project the original drivers of the axes X, Y and Z were replaced by more modern drivers manufactured in Brazil, with much better performance. The second part of the project consisted of the substitution the original CNC controller and the Programmable Logic Controller (PLC) responsible for operating the logic of ATC, by a low cost PC based CNC controller (Mach3). In this new configuration, the CNC controller is responsible also for monitoring and driving the ATC and other devices of the machine. New power circuits were developed and installed on the machine as well the interlocking, electrical isolation and a better processing of signals for improved communication between Mach3 controller and the input and output devices of the machine. Because the great number of sensors and actuators on the machine, the communication was implemented through two parallel and one serial ports. The serial port connects to one Modbus interface to improve the amount of inputs and outputs of the machine to connect with other equipments as robots, AGVs, etc. After the machine has been retrofitted, the potentialities of this PC based CNC controller were evaluated and the experimental results show a very good performance in terms of velocity, precision and flexibility.*

Keywords. *CNC, CNC-PC, Mach3, retrofitting, turn- milling, milling-machine.*