

Interface Gráfica Aplicada na Reconfiguração Operacional de Manipulador Cartesiano de Três Eixos

Francisco Carlos Parquet Bizarria
bizarriafcpb@iae.cta.br
IAE

José Walter Parquet Bizarria
jwpbiz@gmail.com
UNITAU

Flávio Casimiro Nascimento
flavio.casimiro@portal.sp.senai.br
UNITAU

Fernando Salles Claro
fsclaro@gmail.com
UNITAU

Resumo: Atualmente as indústrias nacionais e internacionais estão utilizando a automação nas suas linhas de produção e/ou instalando células flexíveis em pontos específicos do processo como os recursos básicos para realizar a integração entre linhas distintas de produção, maximizar o controle efetuado nos vários níveis do processo, reduzir as perdas na produção, aumentar a capacidade de fabricação do conjunto e minimizar a utilização da mão de obra humana em ambientes que são hostis e/ou perigosos. Evidentemente esses recursos também devem possibilitar concomitantemente que as linhas forneçam produtos com custo competitivo, qualidade mínima assegurada, opções de configuração, capacidade de atender as normas nacionais e/ou internacionais, características sustentáveis, facilidade de manutenção e vantagens ergonômicas. Para atender esse conjunto de requisitos é utilizado tipicamente o robô manipulador como elemento principal da célula flexível de produção. A tarefa de efetuar a programação desse tipo robô para operar com os outros módulos instalados numa célula flexível, com a meta de atender as possíveis variações do processo, exige profissional especializado, demanda tempo e requer custos significativos para execução. Nesse contexto, este trabalho apresenta uma proposta de arquitetura para reconfigurar as tarefas que podem ser executadas por um robô manipulador, eletropneumático, cartesiano, e com três graus de liberdade. É dada especial atenção na elaboração dos componentes da interface gráfica, pois as corretas definições e operações desses componentes são condições determinantes para se obter êxito no uso do sistema. A eficácia da interface gráfica é validada por meio de testes realizados em protótipo. Os primeiros resultados obtidos nesses testes indicam que a proposta

apresentada é adequada para a finalidade a qual se destina.

Palavras Chave: Interface gráfica - robô manipulador - automação - -

1. INTRODUÇÃO

As atuais exigências que são impostas pela economia globalizada para realizar a fabricação, produção e comercialização de bens de consumo estabelecem uma situação na qual as indústrias nacionais e internacionais têm que utilizar a automação nas suas linhas de produção e/ou instalar células flexíveis em pontos específicos do processo como os recursos básicos para maximizar o controle efetuado nos vários níveis do processo, realizar a integração entre linhas distintas de produção, reduzir as perdas no processo, aumentar a capacidade de fabricação do conjunto e minimizar a utilização da mão de obra humana em ambientes que são hostis e/ou perigosos (ROSÁRIO, 2005). Evidentemente esses recursos também devem possibilitar concomitantemente que as linhas forneçam produtos com custo competitivo, qualidade mínima assegurada, opções de configuração, capacidade de atender as normas nacionais e/ou internacionais, características sustentáveis, facilidade de manutenção, e vantagens ergonômicas.

Para atender esse conjunto de requisitos as indústrias estão investindo na otimização do leiaute da linha e adotando a utilização de robô manipulador como elemento principal para realizar os diversificados tipos de tarefas em célula flexível de produção, com a meta de reduzir os custos com a mão-de-obra, minimizar a quantidade de ciclos de produção e aumentar a qualidade e consistência do produto (GROOVER, 2011).

A tarefa de efetuar a programação desse robô para interagir com os módulos de fornecimento de matéria-prima, o sistema de controle de qualidade e os meios de transporte do produto acabado que são instalados numa célula flexível, com a meta de atender as possíveis variações do processo, exige profissional especializado, demanda extenso tempo para implementação e requer custos significativos para execução. Nesse contexto, este trabalho apresenta uma proposta de arquitetura para reconfigurar as tarefas que podem ser executadas por um robô manipulador, eletropneumático, cartesiano, e com três graus de liberdade. Nessa arquitetura é dada especial atenção na elaboração dos componentes virtuais contidos na interface gráfica, pois as corretas definições, a eficácia na expressividade, o leiaute adotado para distribuir os recursos e os modos de operações desses componentes são elementos determinantes para se obter êxito na utilização do sistema. A eficácia operacional da interface gráfica é validada por meio de testes realizados em protótipo destinado para esse fim.

2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem por principal objetivo apresentar uma proposta de arquitetura que utiliza uma interface gráfica como o meio para reconfigurar as tarefas que podem ser executadas por um robô manipulador, eletropneumático, cartesiano, e com três graus de liberdade.

Apresentar os primeiros resultados que foram obtidos nos testes realizados com o protótipo que adota os módulos básicos previstos na aludida arquitetura.

3. ARQUITETURA PROPOSTA

Os principais blocos previstos na arquitetura física que é proposta neste trabalho são: i) computador hospedeiro (CH), ii) interface homem-máquina (IHM), iii) linha de comunicação de dados (LC), iv) Controle, v) linhas de atuadores (LA), vi) linhas de sensores (LS), vii) Robô, viii) Válvulas do Robô, e ix) Compressor, conforme apresentado na Figura 1.

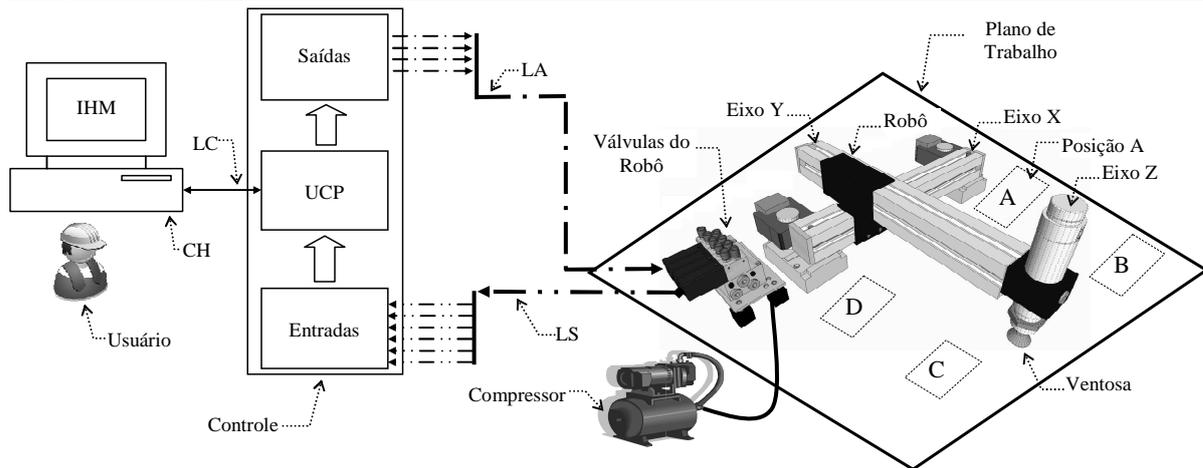


Figura 1: Componentes físicos da arquitetura do sistema.

A função do bloco denominado Controle, apresentado na Figura 1, pode ser executada por um Controlador Lógico Programável (CLP), pois esse sistema tem a capacidade de operar com Entradas e Saídas, digitais e/ou analógicas, que atendem uma vasta faixa de amplitude e frequências de sinais elétricos (MIYAGI, 1996). Em uma parte específica da memória desse controlador que atende a Unidade Central de Processamento (UCP) é instalado o programa que efetua o gerenciamento de todas as atividades previstas para a operação da arquitetura proposta (ROSÁRIO, 2005). Esse programa executará as tarefas de gerenciamento do sistema em conformidade com a seleção efetuada pelo Usuário na Interface Homem-Máquina (IHM).

O meio físico que está previsto na arquitetura proposta para transportar os sinais gerados pelo módulo de Saídas do bloco de Controle até os solenóides que acionam as válvulas de controle (Válvulas do Robô) dos atuadores pneumáticos do robô (BONACORSO & NOLL, 2008) e do elemento de vácuo (Ventosa) é denominado por linhas de atuadores (LA). Essas linhas operam de modo unidirecional, são munidas com separadores galvânicos e providas de proteção contra interferências eletromagnéticas de modo comum e de modo diferencial.

O conjunto motor elétrico e compressor de ar comprimido (Compressor) opera de maneira autônoma para manter disponível a pressurização que é necessária para atender os atuadores pneumáticos de cada eixo do robô (Eixo X, Y e Z) e o elemento de vácuo (Ventosa).

As linhas de sensores (LS) transportam os sinais que são gerados pelos sensores instalados nos atuadores (THOMAZINI & ALBUQUERQUE, 2009) dos eixos do robô (Eixo X, Y e Z) até o módulo de Entradas do bloco de Controle. Essas linhas também são unidirecionais, separadas galvanicamente e providas de proteção contra interferências eletromagnéticas de modo comum e de modo diferencial.

As principais funções do computador hospedeiro (CH) estão concentradas em abrigar a Interface Homem-Máquina (IHM) do sistema (SILVEIRA, 2010) e participar da transmissão e recepção de informações relacionadas com o programa de gerenciamento da arquitetura que é instalado no bloco de Controle. O meio físico estabelecido para efetuar a comunicação dessas informações é denominado por linha de comunicação de dados (LC), o qual opera de modo bidirecional. Nessa interface estão previstos os recursos gráficos para o usuário do sistema (Usuário) estabelecer a operação do robô em dois modos básicos: Modo Assistido e Modo Automático.

No Modo Assistido estão presentes os recursos necessários que permitem ao usuário do sistema (Usuário) selecionar no conjunto de possibilidades de movimentos (Posição A, Posição B, Posição C, Posição D, Capturar Objeto e Abandonar Objeto) no Plano de Trabalho, um movimento específico que o robô deve executar no presente momento. Esse recurso é principalmente destinado para obter uma seqüência ótima de operações que deverá ser utilizada com o Modo Automático e também atender a manutenção do sistema.

Após a definição da seqüência ótima de operações que é obtida no Modo Assistido, o usuário pode então utilizar os recursos contidos na interface gráfica do Modo Automático para determinar uma seqüência de ações que o robô deverá executar automaticamente dentro do Plano de Trabalho.

4. PROTÓTIPO

Uma vista panorâmica dos módulos contidos no protótipo que foi montado para avaliar os recursos propostos na interface gráfica que é destinada para reconfigurar as tarefas executadas por uma arquitetura que controla a operação de robô eletropneumático, anatomia cartesiana, de três eixos é apresentada na Figura 2. Nesse protótipo foram realizados os testes para validar a eficácia operacional dos blocos do sistema proposto neste trabalho, sendo dada especial atenção na elaboração, operação e avaliação dos componentes gráficos que estão contidos na interface homem-máquina (IHM).

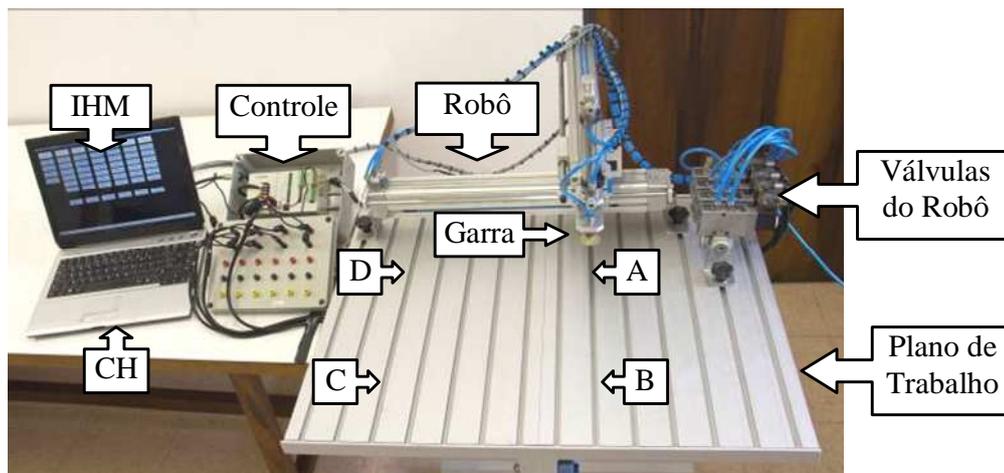


Figura 2: Protótipo utilizado nos testes de validação.

Dentre os três níveis estabelecidos para automatizar a operação do protótipo, foi adotado que o comando para ação assistida do robô e a geração de seqüência automática de movimentos que o robô deverá atender, são tarefas para serem executadas na camada da interface homem-máquina (IHM). O monitoramento dos estados dos sensores instalados nos atuadores dos eixos do robô (Eixo X, Y e Z), o acionamento dos solenóides das válvulas de controle (Válvulas do Robô) dos atuadores pneumáticos do robô e do elemento de vácuo da Garra (Ventosa) são tarefas que foram definidas para serem efetuadas diretamente pelo módulo de Controle.

As funções do módulo de Controle do protótipo são executadas por um Controlador Lógico Programável modelo DVP-SX2, da empresa DELTA (DELTA, 2013). Esse sistema tem capacidade de gerar e receber os sinais, digitais e analógicos, relacionados com aqueles que são utilizados para efetuar o monitoramento dos estados dos sensores instalados nos atuadores dos eixos do robô (Eixo X, Y e Z), o acionamento dos solenóides das válvulas de

controle (Válvulas do Robô) dos atuadores pneumáticos do robô e a ativação do elemento de vácuo da Garra (Ventosa).

A interface homem-máquina (IHM) do protótipo foi elaborada com os recursos contidos no ambiente integrado de desenvolvimento de um sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados que está disponível para aquisição no mercado nacional (ELIPSE SCADA, 2010).

Na fase de desenvolvimento do protótipo foi elaborada a versão do programa de gerenciamento de informações com a capacidade de executar as rotinas de operação do sistema em conformidade com todos os recursos e opções estabelecidas no Modo Assistido e Modo Automático.

Na interface homem-máquina (IHM) do Modo Assistido estão presentes os componentes virtuais que permitem ao usuário do sistema selecionar um movimento específico que o robô deve executar no Plano de Trabalho, dentro do seguinte conjunto de possibilidades de movimentos: i) mover a Garra do robô para a posição “A”, ii) mover a Garra do robô para a posição “B”, iii) mover a Garra do robô para a posição “C”, iv) mover a Garra do robô para a posição “D”, v) capturar objeto, e vi) abandonar objeto.

Os recursos contidos na interface do Modo Automático permitem ao usuário: i) efetuar a programação de uma seqüência de operações que o robô deverá executar automaticamente, ii) executar a seqüência programada apenas uma vez, iii) executar a seqüência programada em ciclo contínuo, iv) paralisar e reiniciar a operação do sistema para uma nova programação e v) paralisar e reiniciar a operação do sistema com a mesma programação.

O fluxograma analítico que representa uma seqüência específica de ações previstas nesse programa de gerenciamento, a qual foi utilizada na realização dos testes práticos deste trabalho é apresentado na Figura 3.

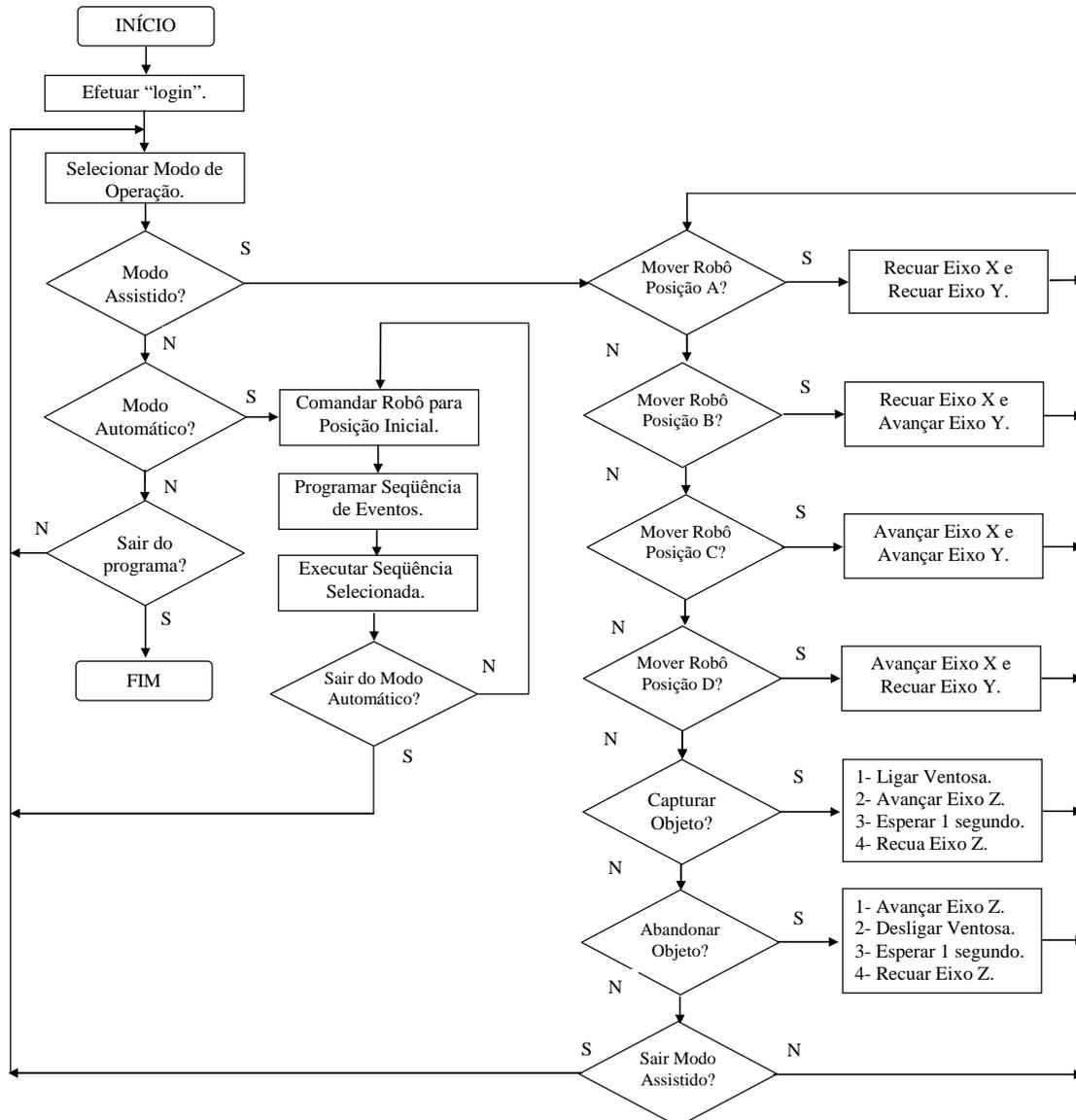


Figura 3: Fluxograma analítico de operação do sistema.

4.1. INTERFACE GRÁFICA

A principal função da Interface Homem-Máquina (IHM) é servir de meio para que o usuário do sistema efetue os comandos individuais, realize a programação de seqüência de operações desejada e execute automaticamente a seqüência programada para o robô no seu plano de trabalho, a fim de atender um processo de produção ou efetuar a manutenção dos atuadores e/ou sensores presentes no sistema.

Para atender todos os movimentos e as funcionalidades estabelecidas para o robô executar no plano de trabalho, foram elaboradas várias janelas, sendo que as mais importantes para a execução do processo são denominadas: Janela Modo Assistido e Janela Modo Automático.

Os recursos contidos na Janela Modo Assistido são apresentados na Figura 4, na qual é possível observar que estão previstos dois grupos de botões e um grupo de visores. Na fase de operação dessa janela, o acionamento de um botão específico que pertença aos grupos mencionados causará a imediata ocultação dos demais, até que essa tarefa seja completamente

executada pelo robô. Essa característica de operação visa evitar o acionamento inadvertido de outro botão de função durante a execução de uma tarefa específica.

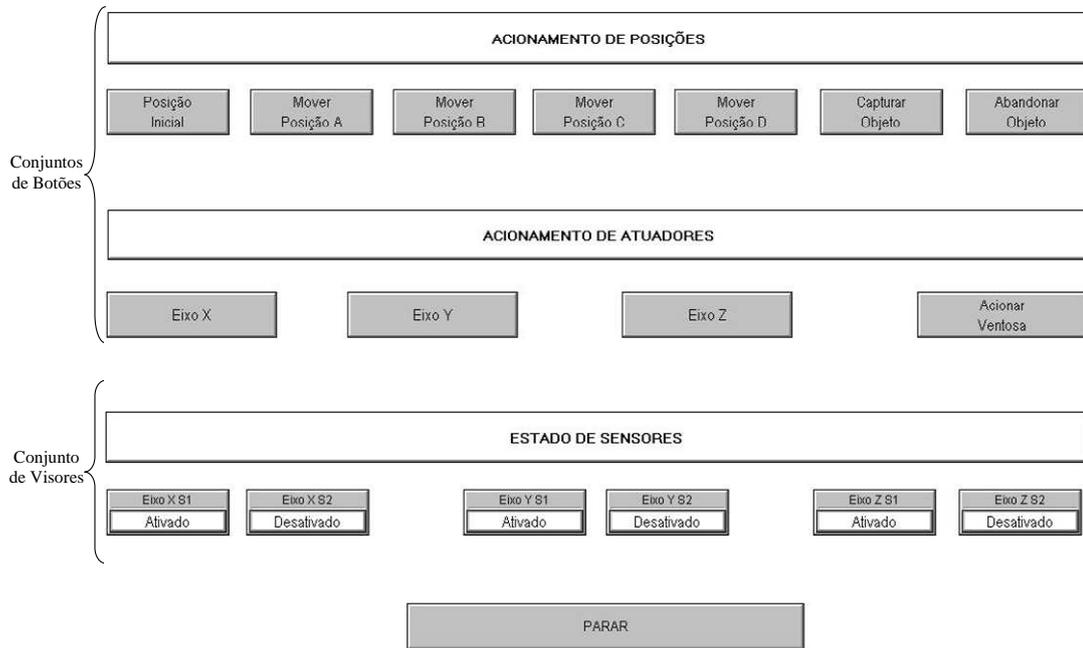


Figura 4: Recursos da Janela Modo Assistido.

O primeiro grupo de botões é denominado ACIONAMENTO DE POSIÇÕES, tem a finalidade primordial de dispor os recursos necessários para auxiliar o usuário do sistema na determinação da seqüência ótima de operações que o robô deverá realizar no plano de trabalho para atender um processo específico, sendo que essa seqüência será posteriormente programada para ser reproduzida com os meios contidos na Janela Modo Automático. No mencionado grupo estão presentes os seguintes botões: Posição Inicial, Mover Posição A, Mover Posição B, Mover Posição C, Mover Posição D, Capturar Objeto e Abandonar Objeto. A função que cada botão realiza é coerente com a respectiva designação, sendo a única exceção aplicada para o botão intitulado por Posição Inicial, o qual dispara uma rotina no sistema de controle que executa o abandono do objeto e movimenta a garra do robô para a posição A do plano de trabalho.

A função do segundo grupo de botões está concentrada em auxiliar a manutenção dos atuadores e sensores presentes nos eixos do robô. Esse grupo é designado por ACIONAMENTO DE ATUADORES, o qual possui botões para efetuar os seguintes acionamentos: Eixo X, Eixo Y, Eixo Z, e Acionar Ventosa. De maneira semelhante ao grupo anterior, a função que cada botão realiza é coerente com a respectiva designação.

O único grupo de visores é denominado ESTADO DE SENSORES, sendo utilizado para indicar os atuais estados dos sensores que estão instalados nos atuadores dos eixos do robô. Esses visores podem indicar o estado máximo retraído (S1) ativado ou desativado e o estado máximo expandido (S2) ativado ou desativado, para cada atuador presente nos eixos do robô em conformidade com a seguinte indicação: Eixo X S1 Ativado, Eixo X S1 Desativado, Eixo X S2 Ativado, Eixo X S2 Desativado, Eixo Y S1 Ativado, Eixo Y S1 Desativado, Eixo Y S2 Ativado, Eixo Y S2 Desativado, Eixo Z S1 Ativado, Eixo Z S1 Desativado, Eixo Z S2 Ativado, e Eixo Z S2 Desativado.

Como recurso para ser utilizado na condição de operação não conforme do robô foi previsto um botão denominado PARAR, que tem por finalidade paralisar imediatamente a operação do robô a fim de minimizar as consequências indesejáveis por possível funcionamento inadequado de atuadores e/ou sensores.

A Figura 5 apresenta os recursos contidos na janela denominada Modo Automático, a qual possui os seguintes grupos de botões: SERVIÇOS, EVENTO-1, EVENTO-2, EVENTO-3, EVENTO-4, EVENTO-5 e EVENTO-6.

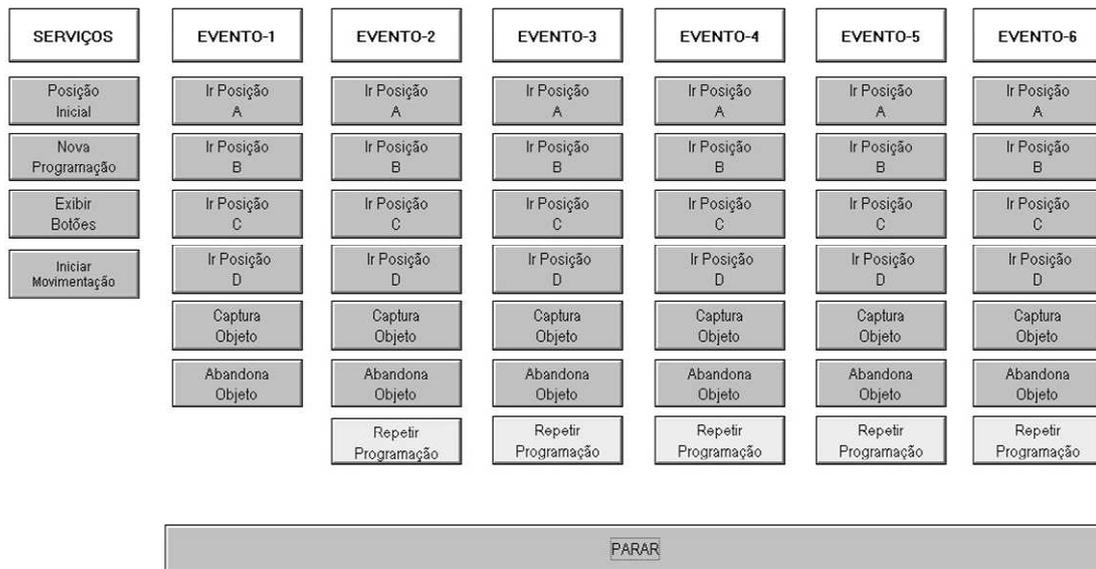


Figura 5: Recursos da Janela Modo Automático.

No grupo denominado SERVIÇOS estão previstos os seguintes botões: i) Posição Inicial - tem a finalidade de disparar uma rotina que executa o abandono do objeto e movimenta a garra do robô para a posição A do plano de trabalho, ii) Nova Programação - anula a atual programação efetuada para permitir que uma nova seja realizada, iii) Exibir Botões - torna visível todos os botões que ficaram invisíveis em razão da realização da atual programação, e iv) Iniciar Movimentação - ativa a execução da seqüência de tarefas que foi programada na interface gráfica.

Os botões contidos no grupo EVENTO-1 são: Mover Posição A, Mover Posição B, Mover Posição C, Mover Posição D, Capturar Objeto, e Abandonar Objeto, sendo que as suas funções são coerentes com as respectivas designações.

Os botões do grupo EVENTO-2, EVENTO-3, EVENTO-4, EVENTO-5, e EVENTO-6 possuem as mesmas funções do EVENTO-1 acrescidos do botão Repetir Programação, o qual tem a função de executar a programação que foi efetuada pelo usuário do sistema, a partir do EVENTO-2, em ciclo contínuo.

De maneira semelhante ao que foi adotado para a Janela Modo Assistido, o botão denominado PARAR tem por finalidade paralisar imediatamente a operação do robô a fim de minimizar as consequências indesejáveis por funcionamento inadequado de atuadores e/ou sensores.

4.2. TESTES PRÁTICOS

A realização dos testes práticos destinados para validar os recursos da interface homem-máquina (IHM) proposta neste trabalho atendeu a seguinte seqüência: i) execução das



ligações apresentadas na arquitetura da Figura 1, ii) elaboração de programa para o Controlador Lógico Programável (PLC) acionar os eixos do robô manipulador em conformidade com os passos contidos no fluxograma analítico mostrado na Figura 3, e iii) Preparação de interface gráfica com leiaute de componentes virtuais e recursos operacionais como apresentados na Figura 4 e 5.

A execução dos testes foi dividida em duas etapas, sendo que na primeira foram avaliados diretamente os recursos relacionados com o Modo Assistido de operação. Na segunda etapa foram realizados os testes relativos ao Modo Automático de operação.

5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados satisfatórios observados nos testes práticos, realizados com a primeira versão de protótipo representativo da aludida arquitetura, mostram que a proposta apresentada neste trabalho é viável e pode ser levado a efeito para a aplicação a qual se destina.

Os objetivos previstos para esta primeira fase foram alcançados, principalmente no que concerne em propor um sistema que utilize na sua arquitetura a interface gráfica como elemento principal para reconfigurar as tarefas executadas por um robô manipulador cartesiano, eletropneumático, de três graus de liberdade.

O leiaute, a expressividade e os detalhes contidos nos componentes virtuais que foram adotados nas interfaces gráficas proporcionaram um ambiente intuitivo e elucidativo para o usuário do sistema.

6. REFERÊNCIAS

- ROSÁRIO, J. M.** Princípios de Mecatrônica. 1ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, Brasil, 2005.
- GROOVER, M. P.** Automação industrial e sistemas de manufatura. 3ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, Brasil, 2011.
- MIYAGI, P. E.** Controle Programável, Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, Brasil, 1996.
- BONACORSO, N. G. & NOLL, V.** Automação Eletropneumática. 11ª Edição. São Paulo: Érica, Brasil, 2008.
- THOMAZINI, D. & ALBUQUERQUE P. U. B.** Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações. 6ª Edição. São Paulo: Érica, Brasil, 2009.
- SILVEIRA, P. R.** Automação e Controle Discreto. 9ª Edição. 4ª Reimpressão. São Paulo: Érica, Brasil, 2010.
- DELTA.** DELTA ELETRONICS, INC. DVP-PLC Application Manual – Programming – Revision III. Disponível em: <http://www.delta.com.tw/product/em/control/plc/control_plc_main.asp>. Acesso: 12/02/2013.
- ELIPSE SCADA.** HMI/SCADA SOFTWARE - Manual do Usuário. Versão 2.29. 2010.