

Interface de utilizador para um Sistema Logístico de Gestão de Materiais em Ambientes Industriais: modelo conceptual e protótipo¹

Rui Pedro Marques e Tiago Sousa

Resumo– Os processos de gestão e controlo de fluxos de materiais são componentes cruciais da logística interna das empresas de produção industrial. Da eficácia e eficiência destes processos depende o bom funcionamento das linhas de produção, a saudável gestão dos *stocks* e a diminuição dos custos de armazenamento. Estes objectivos traduzem-se na ausência de interrupções de abastecimento aos postos de trabalho e na possibilidade de operação sem *stocks* excessivos ou em falta de matérias-primas e/ou de produtos manufacturados.

Neste artigo descreve-se o modelo conceptual estudado para uma interface de utilizador de uma aplicação que permita fazer a gestão dos processos acima mencionados, para aplicação em ambientes industriais, mais especificamente para uma indústria com actividades na área dos moldes e dos componentes para automóveis.

De modo a permitir uma fácil instalação e execução da aplicação com serviço na Web, foram usados ActiveX Controls criados com o Visual Basic 6.0.

I. INTRODUÇÃO

Os processos de gestão e controlo de fluxos de materiais (matérias primas, produtos em fase de montagem, produtos acabados, ferramentas e maquinaria de apoio) são componentes cruciais da logística interna das empresas de produção industrial. Da eficácia e eficiência destes processos depende o bom funcionamento das linhas de produção, a saudável gestão dos *stocks* e a diminuição dos custos de armazenamento, objectivos que sempre norteiam a gestão saudável das empresas. Estes objectivos traduzem-se, essencialmente, na ausência de interrupções de abastecimento aos postos de trabalho e na possibilidade de operação sem *stocks* excessivos ou em falta de matérias-primas e de produtos manufacturados.

Tendo em vista alcançar estes objectivos, várias metodologias e abordagens (*just in time*, *kanban*, *pull system*, etc.) foram desenvolvidas nos períodos de maior desenvolvimento industrial do século passado [4]. No entanto, mesmo com o avanço avassalador das novas

tecnologias, estas metodologias e abordagens têm-se mostrado válidas e têm permitido que sejam substituídos os processos manuais de implementação pelos processos automatizados apoiados por plataformas telemáticas.

Pretende-se com este projecto a gestão de moldes usados na indústria de componentes para automóveis. Os mecanismos de identificação e rastreio podem ser baseados em tecnologias de rádio-frequência (RFID) com o intuito de uma boa monitorização do fluxo físico de entradas e saídas de moldes nas diversas zonas da fábrica e identificação de todos os pontos de registo de passagem desse produto até à sua localização final. O sistema de identificação terá a si associado uma rede de comunicação que transportará a informação recolhida a uma base de dados, a qual incorporará a inteligência necessária à implementação das estratégias de gestão a adoptar. Pretendia-se ainda desenvolver uma interface de utilizador que permita essa mesma gestão em tempo real e com serviço na Web.

Os principais objectivos do trabalho descrito neste artigo consistiam na análise de requisitos e desenvolvimento de um modelo conceptual e protótipo de uma interface de utilizador para a referida aplicação Web que proporcione aos utilizadores efectuar as seguintes tarefas:

- Localização de moldes;
- Acesso a informação sobre os moldes;
- Gestão do fluxo dos moldes;
- Introdução e eliminação de moldes;
- Recepção de Alertas;
- Edição de informação.

O protótipo foi desenvolvido tendo em conta a exigência da interacção humana, e como tal, os autores do trabalho tiveram sempre em vista a implementação de uma interface de utilizador que permitesse um bom desempenho dos seus utilizadores, ou seja, que o tempo e o número de erros na realização de determinadas tarefas sejam baixos.

Com este objectivo tivemos sempre em mente as dez heurísticas de usabilidade de Jakob Nielsen [3], já que estas são fortes pontos de referência para o desenvolvimento de uma interface utilizador usável.

¹ Trabalho realizado no âmbito da disciplina de Interfaces Humano-Computador de opção da Licenciatura em Engenharia Electrónica e de Telecomunicação da Universidade de Aveiro.

O protótipo foi desenvolvido utilizando o Microsoft Visual Basic 6.0, já que esta linguagem permite desenvolver aplicações de uma maneira simples e rápida e tem a vantagem de encapsular a aplicação em vários formatos (executáveis do Windows, página HTML com controlos ActiveX embebidos, etc.). A solução ActiveX foi adoptada, pois permite a instalação e execução da aplicação usando o Internet Explorer e uma ligação típica à Internet.

II. MÉTODOS

Começámos por fazer uma análise de requisitos para definir as funcionalidades e os objectivos de usabilidade.

Nesta primeira fase, procedemos ao levantamento dos diferentes tipos de utilizadores que irão usar o sistema e os respectivos perfis, ou seja, as suas características específicas relevantes para o *design* da interface (literacia informática, frequência de utilização, experiência de utilização, etc.). Fizemos uma análise de tarefas, ou seja, estudámos quais as tarefas que seriam úteis para cada um dos utilizadores. Estudámos também quais as capacidades e as limitações da plataforma e definimos as principais metas de usabilidade a atingir, em termos qualitativos e quantitativos, ou seja, a definição dos requisitos de usabilidade tendo em conta os perfis dos utilizadores e a análise contextual da tarefa, bem como a definição dos critérios de satisfação mínima aceitável baseados nos objectivos qualitativos de maior prioridade.

Depois da análise de requisitos, começámos o desenvolvimento do sistema tendo em conta os objectivos de usabilidade definidos. Nesta fase de desenvolvimento propusemos o modelo conceptual da interface de utilizador identificando os principais *displays* e definindo regras coerentes de apresentação e a organização funcional de alto nível da interface de utilizador.

Nesta segunda fase, desenvolvemos também todos os detalhes do *design* tendo em conta o tipo de máquina e a interface a utilizar na implementação do projecto, seleccionámos subfunções de funções e funcionalidades e finalmente desenvolvemos o *design* detalhado da interface completa. Ao longo desta fase de desenvolvimento tivemos sempre o cuidado de fazer por diversas vezes, e em situações distintas, uma avaliação informal de usabilidade da interface desenvolvida até ao momento, com o objectivo de detectar erros e falhas e deste modo refinar e validar a robustez da interface.

Finalmente, após a conclusão do projecto, discutimos quais seriam os métodos de avaliação da interface de utilizador a adoptar, quando esta fosse implementada na empresa para a qual o projecto foi desenvolvido, para que deste modo, já com um *feedback* e uma opinião dos utilizadores finais possamos verificar se a interface de utilizador está de acordo com o esperado e se respeitámos todos os requisitos inicialmente estudados e impostos.

III. ANÁLISE DE REQUISITOS

A análise de requisitos inclui várias fases, sendo descritas as fundamentais neste trabalho: a análise de tarefas, a definição do perfil dos utilizadores e, tendo em conta os resultados das fases anteriores, a definição dos principais objectivos de usabilidade.

A. Análise de Tarefas

Depois de efectuado um estudo, verificámos quais as necessidades que tinham que ser resolvidas com a implementação deste projecto, e elaborámos, deste modo, uma lista de operações que este sistema teria que ser capaz de executar, e para cada uma delas a respectiva análise de tarefas [2]. Esta análise de tarefas foi baseada na decomposição de tarefas proposta pelo modelo HTA (*Hierarchical Task Analysis*)[1].

As operações prioritárias a realizar com o sistema são:

- Localização dos moldes
Os utilizadores devem ter a informação da localização física actual de todos os moldes, podendo fazer a pesquisa de diversos modos, dependendo do tipo de informação que conhecem do molde que procuram.
- Acesso à informação sobre os moldes
Nesta situação os utilizadores quando seleccionam um determinado molde devem ter acesso a toda a informação, tal como, o seu identificador, nome, dimensões, peso, data de aquisição, informação relativa à última manutenção preventiva e/ou curativa, número de horas de trabalho após a última manutenção, proprietário e a empresa para a qual se vão fabricar produtos.
- Gestão do fluxo dos moldes
É necessário que seja possível consultar os percursos efectuados pelos moldes, assim como deverá ser possível alterar a sua posição e os percursos efectuados manualmente, caso haja uma eventual falha dos equipamentos.
- Introdução e eliminação de moldes
É ainda possível acrescentar novos moldes que dêem entrada na empresa, assim como eliminar aqueles que já não são utilizados.
- Recepção de Alertas
É importante que os utilizadores sejam alertados quando os moldes ultrapassam mais de mil horas de trabalho, para que lhes seja feita uma manutenção preventiva.
- Edição de informação
Deve ser possível alterar e corrigir as características associadas aos moldes, assim como fazer um registo de todas as operações realizadas durante as sessões de manutenção curativa ou preventiva de cada um dos moldes.

B. Perfil dos Utilizadores

Nesta secção são caracterizados os potenciais utilizadores da aplicação.

Em princípio espera-se que os utilizadores usem esta aplicação sempre com motivação, já que facilitará o seu trabalho, poupando-lhes o tempo gasto em procuras exaustivas e desnecessárias de um determinado molde. E também o facto do utilizador ter acesso a toda a informação sobre um molde e o seu histórico sem ter que se deslocar até ele, e sem ter que procurar arquivos para consulta, motiva e incentiva o utilizador a usar a aplicação.

A nível de conhecimentos e experiência, os utilizadores nunca tiveram contacto com uma aplicação que permitisse efectuar este tipo específico de tarefas. Portanto a experiência com o nosso sistema e na realização deste tipo de tarefas é nula, assim como a experiência em outras aplicações do género, já que este tipo de sistemas é relativamente recente no mercado. No entanto, todos os utilizadores têm a literacia mínima para a utilização de sistemas de informação desenvolvidos na mesma plataforma.

A nível de utilização, todos eles irão usar o sistema frequentemente de forma e com finalidades diferentes dependendo do cargo que ocupam dentro da empresa. A utilização da aplicação não terá um carácter obrigatório, mas será aconselhada vivamente para um melhor funcionamento da produção e sua gestão.

Quanto às características físicas dos utilizadores, à partida não existem características que tornem especialmente difícil o desenvolvimento da aplicação. A idade dos utilizadores está na gama de idades permitidas para exercer uma profissão, os utilizadores serão maioritariamente do sexo masculino, no entanto poderão existir alguns do sexo feminino. Nenhum dos utilizadores possui qualquer tipo de deficiência visual (cegueira, daltonismo) ou outra incapacidade motora.

A nível de ambiente físico que rodeia o utilizador durante a utilização do sistema, podemos caracteriza-lo como ruidoso (se utilizado na produção) e bem iluminado. A aplicação será sempre utilizada apressadamente, já que, sempre que um molde é procurado é porque está a ser preciso em alguma parte da produção e portanto para que a produção não seja atrasada os utilizadores irão fazer sempre uma pesquisa com pressa de obter resultados.

Foram analisados os perfis dos diversos utilizadores e distinguiram-se pelo menos três tipos de utilizadores: os utilizadores que tem todo o tipo de permissões a quem designaremos de administradores do sistema, os operários em geral e os operários responsáveis pela manutenção. As diferentes permissões atribuídas aos utilizadores são mencionadas a seguir.

- Administradores
 - 1-Pesquisa (por fabricante, modelo ou identificador):
 - Informação sobre cada um dos moldes;
 - Localização exacta de cada um dos moldes;
 - Percurso efectuado por cada um dos moldes;
 - Moldes existentes em cada uma das naves.

2-Introdução e Eliminação

- Novos moldes;

3-Alteração

- Informação sobre cada um dos moldes;
- Localização de cada um dos moldes;
- Percursos efectuados pelos moldes.

4-Recepção de Alertas

- Limite máximo atingido do número de horas de trabalho;
- Necessidades de manutenção.

5-Edição

- Reparações efectuadas;
- Substituições de equipamento;
- Pequeno sumário da manutenção efectuada.

• Operários em geral

1-Pesquisa (por fabricante, modelo ou identificador);

2- Recepção de Alertas.

• Operários responsáveis pela manutenção;

1-Pesquisa (por fabricante, modelo ou identificador);

2- Recepção de Alertas;

3- Edição.

C. Princípios de Usabilidade

Os princípios de usabilidade que considerámos mais importantes para o desenvolvimento desta interface foram os seguintes:

- Coerência
 - Tentar obter uniformidade, ao longo de toda a interface, ao nível da cor, tipo de letra, organização espacial e conceptual.
- Familiaridade
 - Tornar certos aspectos semelhantes e coerentes com a realidade.
- Simplicidade
 - Fornecer as funcionalidades ao utilizador de uma forma que ele perceba facilmente.
- Flexibilidade
 - Facultar alternativas, para que o utilizador tenha possibilidade de optar pela que mais lhe convier.
- *Feedback*
 - Manter o utilizador sempre informado da sua localização dentro da interface e de todas as opções que lhe são facultadas em todos os momentos.
- Protecção
 - Pedir confirmação antes de efectuar as operações mais importantes (por ex., ao eliminar um molde).

D. Objectivos de Usabilidade

Como os utilizadores usarão frequentemente a nossa aplicação, já que determinadas operações poderão ser efectuadas diariamente (por vezes até mais que uma vez por dia), outras com um intervalo maior, os principais objectivos de usabilidade serão a facilidade de aprendizagem, mas principalmente, a facilidade de utilização. A aplicação deverá permitir que o utilizador consiga realizar as tarefas de uma forma rápida e eficaz.

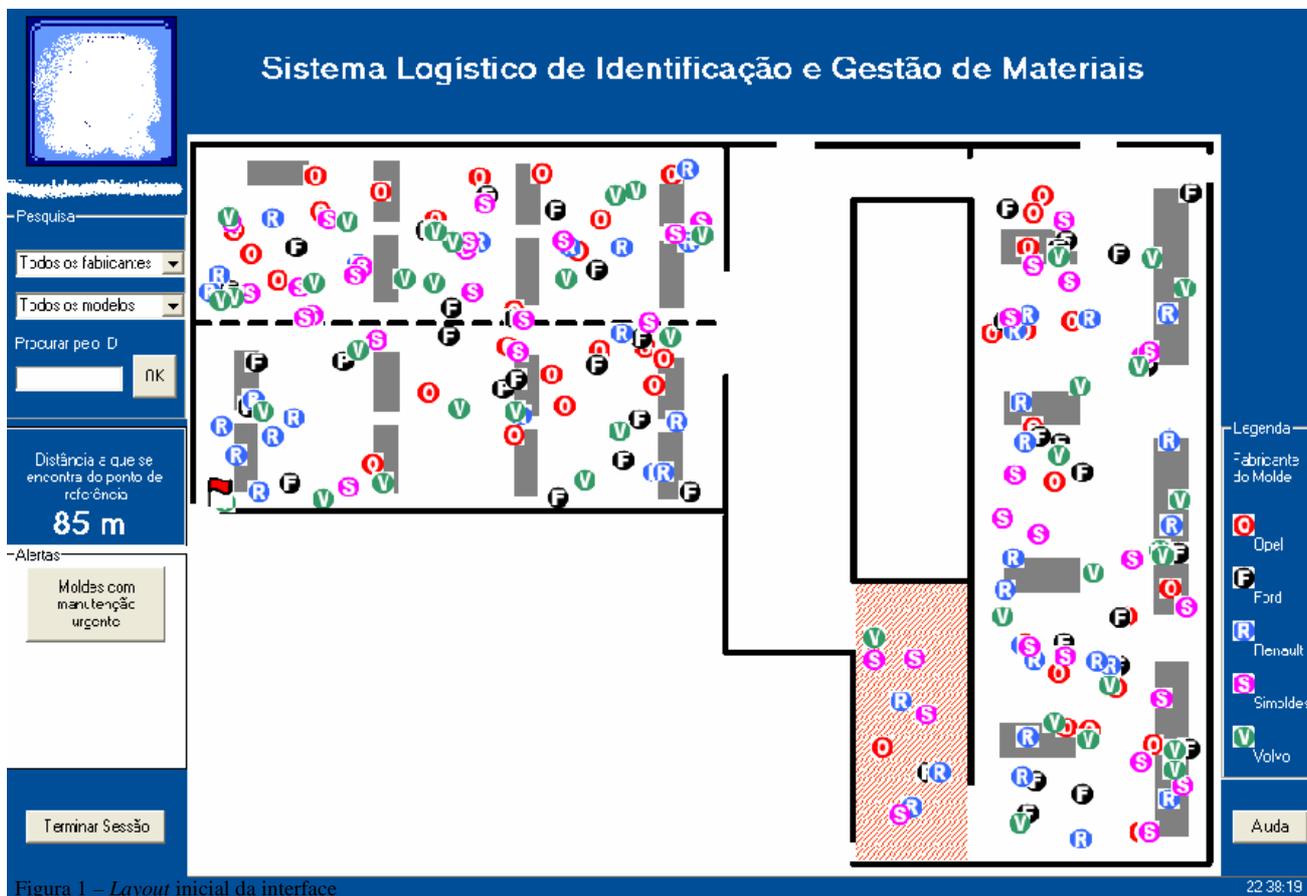


Figura 1 – Layout inicial da interface

Por último, a satisfação de todos os utilizadores será o resultado do grau de cumprimento dos objectivos referidos, mas também do aspecto gráfico da interface. Pretende-se que a interface permita atingir os seguintes objectivos quantitativos: um utilizador familiarizado com a aplicação necessite, em média, de apenas alguns segundos para efectuar as tarefas mais comuns, como por exemplo, a pesquisa da localização de um molde, o acesso à informação sobre um determinado molde, a visualização de um percurso de um molde, etc; um utilizador menos assíduo cometa, na realização do mesmo tipo de tarefas, menos de um ou dois erros.

IV. INTERFACE DE UTILIZADOR

Nesta fase definimos como deveriam ser apresentadas ao utilizador todas as funcionalidades do sistema.

Como o objectivo principal é a identificação do local onde se encontra determinado molde, decidimos que, sempre que um determinado utilizador iniciasse uma nova sessão no sistema, deveria encontrar uma planta das instalações fabris com as respectivas máquinas (como ilustrado na figura 1). Nessa representação gráfica pretende-se visualizar a disposição espacial de todos os moldes existentes. Pretende-se ainda que a representação destes moldes seja a mais intuitiva possível, e que seja capaz de transmitir algum significado ao utilizador.

Pretende-se que a pesquisa de um determinado molde possa ser efectuada de diversas maneiras, de modo a ser tão flexível quanto possível. Definiu-se então que o utilizador poderá pesquisar por fabricante do molde (aparecendo todos os modelos existentes desse fabricante),

ou introduzindo o identificador do molde (sendo apresentada a localização desse único molde).

Definimos também que seria importante visualizar toda a informação do molde sempre que este fosse seleccionado e que sempre que se pretendesse visualizar o seu percurso, este fosse visualizado na planta das instalações.

Definiu-se ainda que a recepção de alertas seja feita de modo a atrair a atenção do utilizador e que a alteração da posição do molde seja feita por manipulação directa por forma a ser mais intuitiva para o utilizador.

Como o número de operações a realizar é relativamente reduzido e a complexidade da interface não aumenta demasiado, toda a funcionalidade e toda a informação deverão ser apresentadas em simultâneo.

A. Descrição do modelo conceptual

Decidimos que a nossa interface de utilizador deveria conter no topo o título do projecto e no canto superior esquerdo o logotipo da empresa, e que o seu *background* seria de cor azul, uma cor que não desvia a atenção dos utilizadores das coisas realmente importantes.

Criou-se uma *frame* do lado esquerdo onde são disponibilizadas algumas das funcionalidades do sistema. No canto inferior direito está sempre presente um relógio.

A representação gráfica das instalações fabris está sempre presente, sendo os moldes representados por pequenos círculos de cores diferentes que contém uma letra. Todos os moldes que pertencem ao mesmo fabricante são representados por um círculo da mesma cor e pela inicial da marca do fabricante (como se vê na figura 2). Este método de representação tem o objectivo de tornar mais fácil o reconhecimento visual pelos

utilizadores dos moldes em causa. No lado direito, está sempre presente uma legenda (como se vê na figura 1).

Quando um utilizador pretender fazer uma pesquisa sobre um determinado molde, tem várias alternativas para o fazer. Se apenas conhecer a localização desse molde, então poderá seleccionar o círculo representativo de um molde que se encontra no local onde sabe que está o molde pretendido.

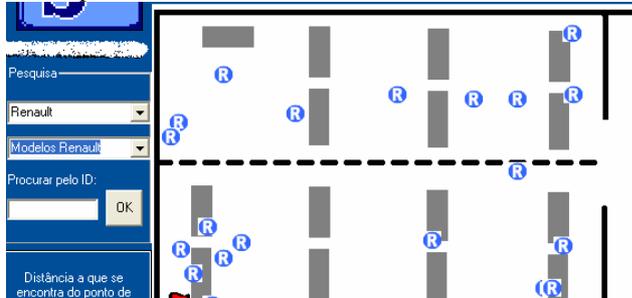


Figura 2- Exemplo de pesquisa por fabricante

Descrição do Molde	
	ID: <input type="text" value="0103"/>
	Nome: <input type="text" value="Pára-Choques Modelo Vectra"/>
	Dimensões: <input type="text" value="2.0 x 1.6 x 2.2"/> m
	Peso: <input type="text" value="7040"/> Kg
Data de aquisição: <input type="text" value="20-01-1995"/>	Nº horas de trabalho: <input type="text" value="923"/>
Data da última manutenção: <input type="text" value="10-10-2004"/>	
Proprietário: <input type="text" value="Opel"/> Ao serviço de: <input type="text" value="Opel"/>	
<input type="button" value="Percurso"/> <input type="button" value="Esquema"/> <input type="button" value="Manutenção"/> <input type="button" value="Administração"/>	

Figura 3 – Informação sobre o molde

Se o utilizador não souber a localização do molde, mas souber qual o fabricante, pode utilizar a Caixa de Selecção intitulada “Fabricante” (que se encontra à esquerda), e seleccionar o fabricante do molde em causa, nesta situação o sistema aplica um filtro e apresenta graficamente apenas os moldes desse mesmo fabricante; na Caixa de Selecção “Modelos” aparecerão igualmente os modelos desse mesmo fabricante (como se vê na figura 2), facilitando deste modo a pesquisa. No entanto, se o utilizador souber qual o modelo do molde, pode procurar directamente na Caixa de Selecção “Modelos”. Por outro lado, se o utilizador conhecer o identificador do molde, pode introduzi-lo na caixa de texto intitulada “Procurar pelo ID” que o sistema apresenta, dando uma mensagem de erro caso não exista tal molde.

Sempre que um molde é seleccionado, existe uma *frame* que contém toda a informação relativa a esse molde (identificador, nome, dimensões, peso, data de aquisição, data da última manutenção, fabricante, etc.), permitindo também o acesso ao esquema do molde. Para sabermos a posição exacta do molde seleccionado, podemos usar como referência uma pequena bandeira vermelha que

existe num dos cantos da representação gráfica das instalações. Junto à indicação “Distância a que se encontra do ponto de referência”, podemos ler a distância euclidiana do molde em relação a essa pequena bandeira que indica o ponto de referência (como exemplificado na figura 4). A posição desse ponto de referência pode ser deslocada, por forma a facilitar a localização do molde. Para deslocar o ponto de referência basta arrastá-lo com o rato para a posição pretendida, ou então, basta um pequeno “clique” com o botão direito do rato na zona onde queremos colocá-lo.



Figura 4 - Leitura da distância de um molde ao ponto de referência

Para a recepção de alertas decidimos colocar uma *frame* que está constantemente a comutar entre a cor azul e branco; quando o utilizador selecciona o botão “Moldes com Manutenção Urgente” aparecerá uma *ListBox* com todos os moldes com mais de mil horas de trabalho e que estão necessitados de uma manutenção preventiva. Através dessa lista de moldes o utilizador pode aceder à respectiva ficha de dados.

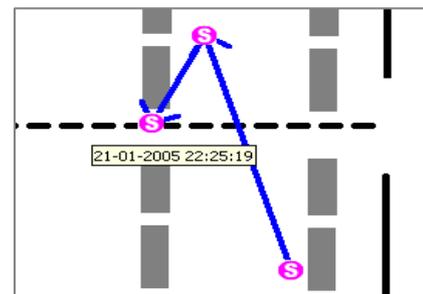


Figura 5 – Exemplo de um percurso de um molde

Quando um utilizador pretender visualizar o percurso efectuado por um molde, basta seleccionar o molde e seleccionar “Percurso”. Nesta situação, o percurso vai ser representado graficamente sobre a representação das instalações fabris, através de setas em que o início e o fim da seta correspondem exactamente à localização inicial e final do molde em causa. Ao passar com o rato por cima dos círculos que estão no percurso e que representam o molde, o utilizador pode visualizar a data e a hora em que o molde foi detectado pela última vez nesse local.

Em situações adversas, quando o utilizador com permissões de administrador do sistema pretender alterar a actual posição do molde, basta pesquisar o molde pelo seu *ID*, e seleccionando a função adequada arrasta-o para a posição desejada.

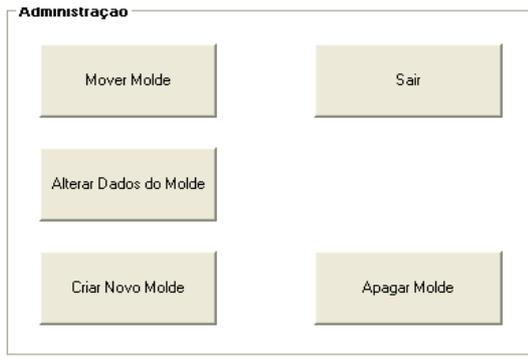


Figura 6 – Opções de Administração

O utilizador com permissões de administrador tem ainda permissão para eliminar moldes e para alterar dados relativos aos molde.

Os operários responsáveis pela manutenção, sempre que concluem a manutenção de um determinado molde, devem fazer um pequeno resumo daquilo que foi efectuado ao molde em causa. Para isso, basta seleccionarem o molde e “Manutenção”, em seguida devem escrever o texto que acharem conveniente e finalmente seleccionar “Salvar e Sair”.

B. Protótipo

Com uma breve análise do protótipo podemos observar que os princípios e os objectivos de usabilidade foram cumpridos.

Por exemplo, em termos de coerência, podemos verificar no protótipo uma utilização coerente das cores, assim como ao nível da organização espacial onde certas zonas do ecrã estão reservadas para determinados conteúdos que permanecem constantes ao longo de toda a aplicação.

Em termos de familiaridade, é patente a semelhança entre a representação das instalações fabris com a realidade. Deste modo, o utilizador tem uma melhor percepção da localização física dos moldes.

A multiplicidade de formas de pesquisa de moldes disponíveis ao utilizador, demonstra a forma como a aplicação é flexível.

Ao nível da protecção, é fácil verificar que as acções de maior importância são sujeitas a confirmação por parte do utilizador. Além disso, é fornecido sempre ao longo de toda a aplicação, ajuda para auxiliar o utilizador na execução das tarefas, tendo como objectivo a minimização do número de erros cometidos.

De forma a permitir uma fácil e rápida execução das tarefas mais importantes, as funcionalidades foram projectadas para poderem ser executadas maioritariamente por manipulação directa, ou por menus com poucos níveis de complexidade.

V. AVALIAÇÃO

Após a conclusão do desenvolvimento do protótipo, foi efectuada uma avaliação heurística do sistema.

Desta avaliação heurística podemos verificar que a aplicação respeita as dez heurísticas referidas. Não foram encontrados problemas de usabilidade de muita gravidade, no entanto é de referir a impossibilidade de localizar um molde de que não se conheça o identificador, ou fabricante ou de que não se tenha uma vaga ideia da sua localização. Por exemplo, se um utilizador apenas conhecer de um molde, o seu nome ou outra característica, não consegue localizá-lo apenas com essa informação. Este foi o principal problema encontrado durante a avaliação heurística.

Durante a implementação do sistema, iremos tentar obter *feedback* dos utilizadores finais, observando quais as suas maiores dificuldades e dúvidas acerca da execução das tarefas com a ajuda do sistema, quer a nível funcional, quer a nível da interface gráfica. Esse *feedback* deverá permitir um aperfeiçoamento da interface de utilizador.

VI. CONCLUSÕES

Após o desenvolvimento do protótipo, pudemos verificar que os principais objectivos de usabilidade definidos foram conseguidos e que os requisitos são em geral respeitados. No entanto, uma avaliação mais detalhada com a colaboração dos utilizadores finais deverá ser conduzida antes de se produzir uma primeira versão a ser utilizada na empresa.

REFERÊNCIAS

- [1] Dix, A., J. Finley, G. Abowd, B. Russell, *Human Computer Interaction*, 2nd. Ed., Prentice Hall, 1998;
- [2] Mayhew, D., *Principles and Guidelines in Software User Interface Design*, Prentice Hall, 1992;
- [3] Nielsen, J., “Ten usability heuristics”, http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html, (visitado em Dezembro de 2004);
- [4] Laverty, J., Demeestère, R., *Controlo de Gestão nas Empresas Industriais*, Lidel Edições Técnicas, 1993.