

Corte de Peças de Pedra: Uma Aplicação da Computação Gráfica

Samuel Silva
Univ. de Aveiro
Aveiro

a19775@alunos.det.ua.pt

Filipe Marques
Univ. de Aveiro
Aveiro

a20094@alunos.det.ua.pt

Manuel Raposo
PROSISTAV
Aveiro
mraposo@oninet.pt

Joaquim Madeira
Univ. de Aveiro — DET/IEETA
Aveiro
jmadeira@det.ua.pt

Beatriz Sousa Santos
Univ. de Aveiro — DET/IEETA
Aveiro
bss@det.ua.pt

Sumário

A indústria de transformação de blocos de pedra em peças decorativas tem evoluído rapidamente, sendo estas realizadas com recurso a máquinas que dispõem de autómatos programáveis, comandos numéricos e aplicações com interfaces de utilizador, que vão desde consolas de operação com duas linhas de texto a computadores industriais com interfaces gráficas. Embora a indústria portuguesa tenha evoluído nas soluções de controlo, melhores interfaces com o utilizador permitiriam uma preparação de trabalho mais rápida e menos erros de programação dos autómatos. Neste artigo descrevem-se os aspectos mais relevantes de uma destas aplicações, que recebeu melhoramentos a vários níveis, no sentido de uma maior usabilidade. Esta aplicação foi desenvolvida em Visual Basic, recorrendo à biblioteca gráfica OpenGL.

Palavras-chave

Corte de pedra, modelação tridimensional, visualização, OpenGL

1. INTRODUÇÃO

A indústria de transformação de blocos de pedra (mármores, granitos e outras) em peças decorativas como lareiras, balaústres ou colunas, tem evoluído de forma rápida, sendo as tarefas manuais substituídas por máquinas mais ou menos pesadas consoante as dimensões das peças a trabalhar. Apesar do meio agressivo em que têm que trabalhar, essas máquinas já não dispõem de autómatos programáveis, comandos numéricos e interfaces com o operador que vão desde consolas de operação com duas linhas de texto a computadores industriais com interfaces e aplicações gráficas sofisticadas.

A indústria portuguesa produz algumas centenas de máquinas por ano, estando também a evoluir nas soluções de controlo, mas peca ainda pela utilização de interfaces com o utilizador pouco atraentes e incompletas em termos da informação disponibilizada. A melhoria destas interfaces poderia permitir uma preparação de trabalho mais rápida, menos erros de programação dos autómatos e uma maior usabilidade.

O funcionamento deste tipo de máquinas é, em termos mecânicos, semelhante ao de um *plotter* de grandes dimensões com um disco diamantado (a “caneta”), um eixo vertical que controla a profundidade de corte e dois

eixos horizontais que controlam a posição do disco sobre o bloco de pedra.

As aplicações existentes nesta área são aplicações de controlo para máquinas do tipo torno (para colunas, balaústres ou esferas) e máquinas de ponte (para peças que não sejam de revolução) com 2 a 8 eixos de posicionamento, e têm como base do sistema de controlo um autómato industrial programável (PLC) e um computador industrial de painel com ecrã tátil (PC com *touch-screen*).

O PLC é programado numa linguagem própria e o PC usa habitualmente o sistema operativo *Windows*, uma aplicação de comunicação com o PLC e uma aplicação em *Visual Basic*, através da qual o operador comunica com a máquina, introduzindo as informações necessárias para a produção e efectuando a verificação do estado do processo depois de iniciado.

Quando se pretende que a máquina execute um trabalho cujo resultado seja uma peça com uma determinada forma, essa forma é definida por uma sequência de segmentos de recta e de arcos, compondo o perfil da peça final. Estes perfis ficam armazenados no PC de cada máquina, podendo o operador reutilizá-los mais tarde.

O trabalho apresentado consistiu no desenvolvimento de uma aplicação com as características descritas acima. Para tal, recorreu-se à linguagem de programação *Visual Basic* e à biblioteca gráfica *OpenGL* para modelação e visualização bidimensionais e tridimensionais. Esta biblioteca apresenta duas grandes vantagens: por um lado é independente do *hardware*, pelo que pode ser usada em diferentes plataformas e, por outro, é *freeware* podendo ser usada sem o pagamento de licenças [Woo94]. A sua utilização a partir do *Visual Basic* é feita recorrendo a uma *type library* [TLB02].

Relativamente à aplicação anterior foram introduzidos melhoramentos, não só através da alteração de procedimentos e de diálogo com o utilizador, no sentido de melhorar a usabilidade [Mayhew92] [Dix98], mas também através da integração de funcionalidades completamente novas como:

- ferramentas auxiliares de desenho adicionais (como *zoom* e *pan*),
- representação tridimensional das peças,
- simulação de corte com compensação da ferramenta,
- impressão parametrizável,
- ajuda ao utilizador.

O desenvolvimento desta nova aplicação foi limitado pelas características inerentes à plataforma usada (PC's não muito evoluídos e *touch-screen*) e pelo modelo conceptual da interface de utilizador da aplicação anterior, com a qual os utilizadores estão muito familiarizados.

2. DESCRIÇÃO GERAL DA APLICAÇÃO

Nesta secção é descrita a funcionalidade da aplicação, realçando-se os aspectos considerados mais relevantes.

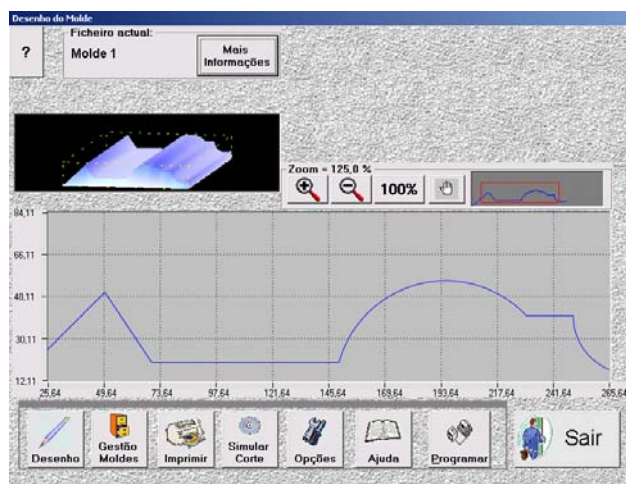


Figura 1 - Aspecto geral da interface de utilizador

2.1 Aspecto geral da interface de utilizador

O aspecto geral da interface de utilizador correspondente à introdução de um perfil é mostrado na figura 1. Como

se pode observar, existem diversas áreas onde é apresentada informação e oferecida funcionalidade ao utilizador: a área de desenho do perfil, os botões de *zoom* e de *pan*, a área de representação tridimensional da peça, a área do menu principal, a área de informação sobre a peça e a ajuda.

2.2 Desenho do perfil

É fornecida ao utilizador uma representação do perfil que está actualmente a desenhar. A zona de desenho é rectangular e está dimensionada por valores de escala. A unidade de medida é o *cm*. Sob o desenho do perfil está uma grelha para facilitar a visualização.

Os segmentos que constituem um perfil são de dois tipos: segmentos de recta ou arcos de circunferência. A opção por apenas estes dois tipos de elementos gráficos foi feita para simplificar o processo de desenho e a compreensão por parte dos utilizadores. Cada segmento é definido estabelecendo inicialmente as coordenadas dos seus pontos inicial e final, e seleccionando o tipo de segmento pretendido. No caso da definição de arcos, é possível especificar, também, a cota máxima (ou mínima) que o arco atinge.

É também possível realizar alterações em segmentos previamente introduzidos, como, por exemplo, a alteração do raio de um arco, o estabelecimento de concordância entre um arco e o segmento que o precede, a alteração de arcos mantendo a sua cota máxima (ou mínima) e a alteração das coordenadas de início ou fim de um segmento (recta ou arco). O segmento no qual se estão a realizar alterações é representado a cor diferente (opcionalmente também com outra espessura de linha) dos restantes.

Foi criada também uma ferramenta de ampliação/redução (*zoom*) em torno de um ponto do perfil. A selecção do ponto em torno do qual se efectuará o *zoom* é feita com o auxílio de "*gravidade*": se o ponto seleccionado estiver na vizinhança de um vértice do perfil, a ampliação é realizada em torno desse vértice e não do ponto seleccionado. Para auxiliar o operador, é feita também a representação, na barra de *zoom*, da zona de perfil que está actualmente a ser ampliada.

A janela de ampliação pode ser também deslocada sobre o perfil (*pan*), tendo para tal que se seleccionar um qualquer ponto da área de desenho e deslocar o perfil na direcção desejada.

É ainda fornecida a possibilidade de inverter um perfil na horizontal (o que estava do lado esquerdo passa para o lado direito e vice-versa) e reflectir um perfil em torno de um eixo vertical, para produzir uma peça simétrica a partir de meio perfil. Estas são operações habitualmente efectuadas pelos operadores.

Para permitir uma recuperação rápida de erros, característica muito desejável numa interface de utilizador [Mayhew92], é possível anular a última alteração efectuada no perfil.

2.3 Representação Tridimensional da Peça

Para proporcionar ao operador uma percepção do resultado final do trabalho, foi desenvolvida a possibilidade de visualizar tridimensionalmente a peça correspondente ao perfil que está actualmente a introduzir, usando dois tipos de visualização, com distintos níveis de detalhe.

2.3.1 Pré-visualização tridimensional da peça

Esta representação tridimensional de baixa resolução e pequeno tamanho do modelo da peça está localizada logo acima da representação do perfil (figura 1). Tem como finalidade fornecer ao operador uma ideia das linhas principais da peça à medida que vai introduzindo os segmentos.

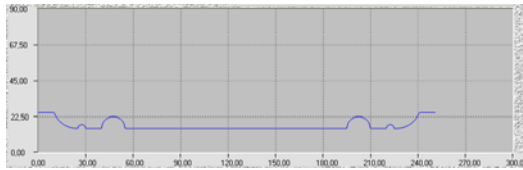


Figura 2 - Exemplo de um perfil traçado por um operador

Consideremos o perfil mostrado na figura 2; a partir deste perfil podem obter-se três peças diferentes (mostradas na figura 3) de acordo com a operação sobre ele efectuada: extrusão (a), revolução (b) e modelação de coluna com quatro faces (c).

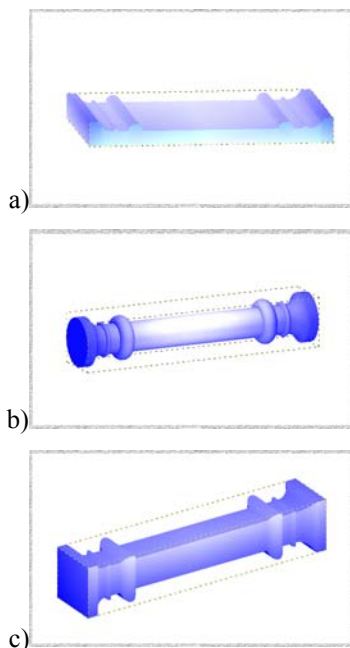


Figura 3 - Peças obtidas a partir do perfil da figura 2: a) peça de extrusão, b) peça de revolução, c) coluna com quatro faces

2.3.2 Modelo tridimensional da peça em pormenor

O operador tem à sua disposição (numa *frame* própria) uma visualização tridimensional da peça com elevada resolução e tamanho.

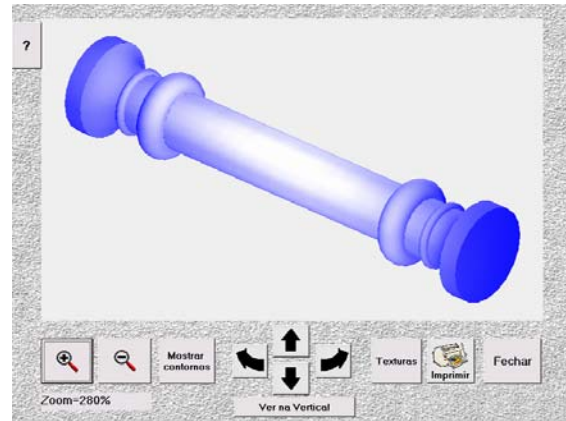


Figura 4 - Visualização tridimensional da peça

São fornecidas ferramentas de ampliação e redução. Para além disso, o operador pode seleccionar a visualização da peça com ou sem os contornos dos diversos segmentos, e na vertical ou na horizontal. Pode movimentar a peça recorrendo para tal a cursores ou seleccionando um qualquer ponto na área de representação e deslocando a peça na direcção desejada (figura 4).

Finalmente, pode aplicar texturas às peças para lhes conferir um aspecto mais realista, a partir de qualquer imagem que se associe à aplicação.

2.4 Simulação de Corte

A simulação de corte fornece ao utilizador a previsão do resultado do corte do molde pelo automático. Os parâmetros da simulação são a espessura do disco de corte e o avanço entre cortes. Através da análise das simulações de corte, o operador pode inferir quais os parâmetros que permitirão produzir a peça com o melhor compromisso entre qualidade e tempo de execução.

2.4.1 Processo de corte

O automático recebe do PC um perfil e executa cortes a intervalos regulares programáveis, posicionando o canto esquerdo do disco, em cada ponto de corte, à cota do perfil nesse ponto.

2.4.2 Compensação da ferramenta

Se o perfil fosse enviado para o automático directamente, sem qualquer tipo de processamento, o resultado do corte seria incorrecto, devido ao processo de corte acima descrito. Em zonas em que a cota fosse crescente ao longo do perfil, o automático iria cortar pedra em áreas onde não seria suposto fazê-lo. A figura 5 ilustra esse efeito.

Para resolver este problema, em vez do perfil original, é enviado para o automático um perfil compensado, que garante que em nenhuma situação é cortada pedra abaixo da linha do perfil original. O perfil compensado é calculado a partir do perfil original e de uma dada espessura do disco de corte.

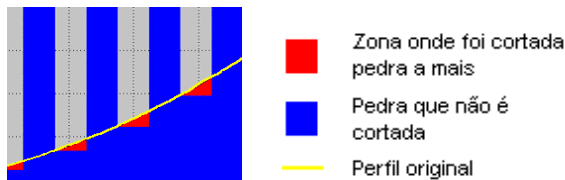


Figura 5- Efeito do corte, na pedra, sem compensação de ferramenta

Este processo de correcção tem sido executado manualmente exigindo, para tal, uma grande experiência dos operadores da máquina na fase de desenho. Esta correcção automática permitirá aliviar os operadores dessa tarefa, garantindo resultados independentes do operador.

2.4.3 Simulação

A partir dos parâmetros de corte (espessura de disco e avanço entre cortes) é apresentada ao utilizador uma simulação do corte do perfil num bloco de pedra. Na figura 6 é apresentado um exemplo de uma simulação de corte.

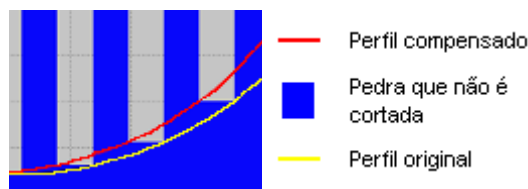


Figura 6- Simulação em que o corte foi executado a partir do perfil compensado

Em algumas máquinas, como é o caso dos tornos, a pedra pode sofrer uma operação final de rectificação para eliminar os “*degraus*” deixados pelo processo de corte.

2.5 Impressão

O utilizador tem a possibilidade de imprimir informação vária relacionada com o modelo da peça:

- perfil (com ou sem ampliação),
- simulação de corte (com ou sem ampliação),
- representação tridimensional (com ou sem ampliação, com ou sem textura aplicada),
- tabela de pontos (lista dos segmentos que compõem o perfil).

A introdução desta funcionalidade foi motivada pelo facto de em ambiente industrial a informação circular em papel e, também, para funcionar como processo de arquivo, permitindo visualizar uma peça que se procure e reintroduzir um perfil, caso necessário.

2.6 Biblioteca de moldes

O utilizador pode gravar moldes numa biblioteca de moldes e mais tarde proceder à sua reutilização. Cada molde é composto pelo perfil da peça e vária informação adicional.

Para seleccionar um dado molde da biblioteca é necessário percorrer a lista de moldes. À medida que se vai percorrendo esta lista, vai sendo mostrada a informação relativa ao molde que está actualmente seleccionado na lista. Essa informação consiste na representação do perfil, na pré-visualização do modelo tridimensional da peça e de informação adicional sobre o molde, como, por exemplo, o cliente a que se destina e a data de realização.

2.7 Ajuda ao utilizador

Foi desenvolvida uma ajuda ao utilizador, procurando-se que esta fosse tanto quanto possível facilmente acessível, precisa e completa, consistente, flexível e que obstruísse tão pouco quanto possível o trabalho do utilizador [Dix98].

Este desenvolvimento foi limitado pelo facto de o único dispositivo de entrada utilizado na plataforma ser o *touch-screen*, o que à partida exclui a utilização de tipos de ajuda muito usados em plataformas do tipo *desktop*.

Existem na interface duas formas de ajuda ao utilizador:

- Um manual *online* (também disponível em papel), onde o utilizador pode encontrar uma descrição da funcionalidade da aplicação e explicações acerca da sua utilização.
- Ajuda contextualizada, isto é, informações sucintas acerca dos elementos que compõem a interface.

3. CONCLUSÕES

A aplicação desenvolvida é uma inovação na indústria portuguesa de transformação de blocos de pedra, esperando-se que possibilite a realização de peças decorativas de uma forma mais rápida e eficaz, o que se traduzirá, para as empresas, em ganhos de produtividade.

A aplicação desenvolvida está a ser testada pelos utilizadores alvo e por técnicos que instalam a aplicação e a explicam a estes utilizadores, por forma a que sejam identificados aspectos passíveis de serem melhorados, quer ao nível de nova funcionalidade a ser incluída quer ao nível de problemas de usabilidade [Nielsen93].

4. REFERÊNCIAS

- [Dix98] Dix, A., J. Finley, G. Abowd, B. Russell, *Human Computer Interaction*, 2nd. Ed., Prentice Hall, 1998
- [Mayhew92] Mayhew, D., *Principles and Guidelines in Software User Interface Design*, Prentice Hall, 1992
- [Nielsen93] Nielsen, J., *Usability Engineering*, Academic Press, 1993
- [TLB02] *VBOpenGL type library v. 1.2*, October 2002 <http://is6.pacific.net.hk/~edx/tlb.htm> (Junho 2003)
- [Woo94] Woo M., J. Neider, T. Davis, *The Official Guide to Learning OpenGL*, Release 1 (1994), Addison-Wesley Publishing Company