



Editor Gráfico para Projeto Mecânico

EDISON DA ROSA* e MAURÍCIO KÜSTER

GRANTE — Depto. Engenharia Mecânica — UFSC
Cx. Postal 476 - 88049 - Florianópolis - SC



SUMÁRIO

O Editor Gráfico para Projeto Mecânico (EGG-PM) desenvolvido pelo GRANTE/UFSC é um sistema criado para ser conectado a aplicativos na área de projeto mecânico. O objetivo do trabalho é a utilização de recursos gráficos para tornar mais efetivos os programas de projeto, acoplando a parte gráfica às rotinas de dimensionamento e cálculo. Torna-se possível então, o projeto de um componente mecânico, desde a entrada de dados até sua saída em forma de desenho para a fabricação, em microcomputadores do tipo IBM-PC compatíveis.

INTRODUÇÃO

O EGG-PM (Editor Gráfico para Projeto Mecânico / GRANTE) é um sistema de desenho auxiliado por computador desenvolvido para operar sob o ambiente MS-DOS versão 2.10 ou mais recente, em micro-computadores do tipo IBM-PC compatível. O sistema foi desenvolvido com finalidades didáticas e, portanto, é um sistema totalmente aberto, escrito em uma linguagem estruturada e de fácil interpretação (Pascal), permitindo que seja estudado e continuamente aperfeiçoado.

Hoje em dia muitos sistemas gráficos para micro-computadores podem ser encontrados no exterior e mesmo no Brasil. A decisão de criar um sistema próprio ao invés de adotar um dos sistemas oferecidos no mercado se deve a alguns fatores. Dentre eles, o alto custo de um sistema importado, a finalidade didática do trabalho e, principalmente, a dificuldade encontrada na manipulação do arquivo gráfico desses sistemas, para a comunicação com outros programas.

O objetivo principal do trabalho é criar um sistema para desenho que possa ser integrado a outros programas como, por exemplo, módulos de projeto de componentes mecânicos. Temos então um sistema completo, capaz de executar os cálculos de dimensionamento para o projeto de um determinado componente e construir o arquivo gráfico que gera a imagem deste componente. Com os recursos gráficos do sistema de desenho, podemos editar o desenho do componente e fazer modificações e/ou complementações ao mesmo, como por exemplo, desenhar as margens padronizadas de uma folha A4 e imprimir o desenho em uma impressora matricial ou em um traçador gráfico (plotter).

O sistema de desenho tem outras aplicações, pois pode funcionar como ferramenta para entrada ou saída gráfica para diversos outros programas. Uma aplicação bastante interessante é para gerar uma malha para entrada de dados em um programa de análise por Elementos Finitos, e até mesmo mostrar sua saída, indicando tensões e deslocamentos na malha da peça analisada.

HARDWARE NECESSÁRIO

O sistema foi desenvolvido para trabalhar em micro-computadores do tipo IBM-PC compatíveis, com configuração mínima, ou seja, 256 Kbytes de memória RAM, CPU mais console, uma unidade de disco flexível e um periférico para saída gráfica (impressora matricial ou traçador gráfico). Nota-se, porém, que uma configuração com 640 Kbytes de memória RAM ou maior é recomendável, uma vez que desenhos maiores e mais complexos não terão problemas de armazenamento neste caso.

Um co-processador aritmético 8087 é uma peça de grande importância na configuração do hardware. Os al-

goritmos geradores de curvas, retas, círculos e todas as transformações envolvem muitas operações matemáticas que consomem muito tempo, tornando o sistema até certo ponto lento. O co-processador aritmético aumenta em muito a velocidade destas operações, fazendo com que o sistema fique mais agradável ao usuário.

Um disco rígido ou winchester também contribui, embora em menor escala, para melhorar o desempenho do sistema. Todas as operações de carga do sistema e de arquivos são mais rápidas. Além disso, não há preocupação com espaço em disco para armazenamento dos arquivos gráficos.

O sistema está configurado para gerar sua saída gráfica em um traçador gráfico (plotter). O plotter foi escolhido em virtude da aplicação do sistema. Para uma aplicação real na indústria, um desenho gerado numa impressora matricial não tem a qualidade necessária, em razão de sua baixa resolução. Além disso, há a limitação do tamanho do desenho e a sua baixa velocidade. Apesar disso, está prevista a implementação de um driver para saída em impressora matricial, pois o custo do equipamento é bem mais baixo em relação ao traçador gráfico, tornando a impressora uma primeira opção como dispositivo de saída.

OPERAÇÃO DO SISTEMA

O EGG-PM trabalha no modo alta resolução do vídeo, que permite o endereçamento de 640 x 200 pontos na tela (pixels). Esta resolução do vídeo fica, entretanto, transparente ao usuário, uma vez que as coordenadas são referidas em relação a um sistema real, ou seja, pode-se fazer o desenho em escala 1:1, e utilizar a escala somente na hora da impressão. A conversão de coordenadas reais para coordenadas de tela é feita pelo sistema. Ao se criar um desenho, a primeira tela apresenta a origem do sistema real de coordenadas (0,0) ao centro, e as extremidades com coordenadas (-14,3,-10) e (14,3,10). Isto, entretanto, não se trata de um limite. Pode-se desenhar fora da tela (da janela de visão) entrando-se diretamente com as coordenadas, e em seguida utilizar as funções de visualização (zoom) para colocar o desenho todo na tela.

Vários comandos do EGG-PM necessitam de entrada de dados, como por exemplo as coordenadas que definem uma linha. Estas entradas de dados podem ser do tipo ponto, identificação, confirmação ou cancelamento, ou do tipo valor (ângulo, texto, distância). O sistema reserva a última linha da tela para entrada de dados. A cada entrada necessária, uma mensagem é enviada indicando o tipo de dado esperado (primeiro ponto, segundo ponto, ângulo, etc).

A entrada de um ponto pode ser feita de duas maneiras: por coordenada ou por posicionamento do cur-

sor. A entrada por coordenadas garante um desenho bastante preciso, além de não ser limitada pela janela de visão (parte do desenho que aparece na tela). Em contra-partida, a entrada pelo cursor é bem mais rápida. A entrada por coordenadas tem ainda as opções de entrar com as coordenadas absolutas do ponto, ou então relativas ao último ponto dado. Digitando um asterisco, o sistema assume que está-se entrando com acréscimos em X e Y relativos ao último ponto dado.

A identificação de um elemento é necessária em várias operações de manipulação. A identificação é feita por meio do retângulo envolvente, que é o menor retângulo de lados horizontais e verticais que envolve completamente o elemento. Para a identificação deve-se identificar um ponto dentro deste retângulo imaginário. Há casos em que um ponto pertence a vários elementos. O sistema vai mostrando elemento a elemento, até que o usuário confirme o elemento desejado.

Sistema de Menus. A operação do sistema é bastante simples, onde o diálogo com o computador é feito por meio de menus. Houve a preocupação de manter a maior área possível da tela para visualização do desenho, e ao mesmo tempo valer-se da facilidade de utilização de menus.

Temos o menu de entrada ou menu principal, como mostrado na figura 1, que é a primeira tela que aparece após a carga do programa. A partir do menu principal pode-se criar um novo desenho, editar um desenho já existente, listar o arquivo gráfico do desenho que está carregado ou sair para o Sistema Operacional (encerrar).

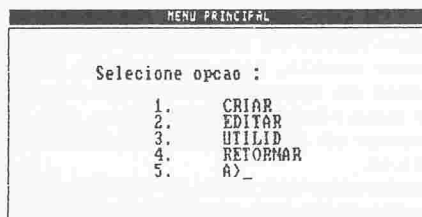
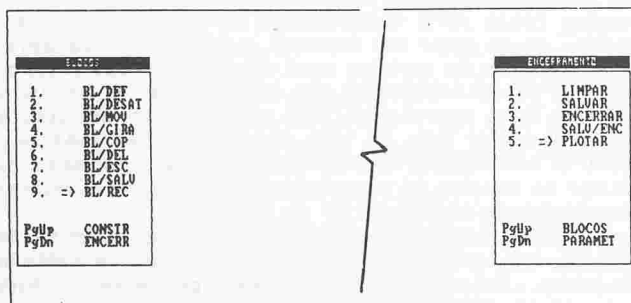


Fig. 1 - O menu principal.

Quando as opções de criação ou edição são escolhidas, passamos para o ambiente do editor gráfico. O que temos então é um retângulo delimitado por uma margem, ocupando a tela toda com exceção da última linha, que tem como função permitir a entrada de dados pelo teclado, bem como mostrar advertências ou mensagens enviadas pelo sistema. O cursor, em forma de uma pequena cruz, aparece ao centro da tela. Para a movimentação do mesmo utilizam-se as setas do teclado numérico. O cursor possui movimento com aceleração automática, isto é, seu passo é inicialmente de um pixel (cada ponto luminoso da tela recebe esta denominação). Pressionando-se uma das teclas de movimentação ininterruptamente, o passo aumenta gradativamente até um valor limite. A qualquer mudança de direção ou um pequeno intervalo de



Use ESPAÇO para sair do modo de MENU

Fig. 2 - A janela de menu nas duas posições.

tempo sem toque, o passo retorna ao valor mínimo (um pixel). Isto facilita o trabalho, uma vez que para grandes deslocamentos basta pressionar ininterrupta-

mente a tecla de movimentação, até a proximidade do ponto desejado. A seguir, basta dar um pequeno intervalo de tempo e continuar a movimentação pixel a pixel.

O acesso às janelas de menu é feito com um simples toque na tecla de espaço. Imediatamente a última janela de menu ativa aparece na tela, sobrepondo-se à parte do desenho. Esta janela pode ser movida para o outro extremo da tela, permitindo que a parte encoberta do desenho seja visualizada. A figura 2 mostra uma janela de menu nas duas posições citadas.

A partir deste ponto pode-se mover para outra janela de menu, acionar um dos comandos ou simplesmente retirar a janela de menu da tela para a visualização completa do desenho, pressionando a tecla de espaço novamente. As cinco janelas de menu, como mostrado na figura 3, são divididas pelo conjunto de funções que possuem. Temos o menu de construção, de manipulação de objetos, de manipulação de blocos, de alteração de parâmetros e de encerramento e gravação de desenho. A partir do menu de encerramento pode-se voltar ao menu principal e, deste, encerrar o programa, retornar ao editor gráfico ou mesmo criar ou editar outro desenho.

PARAMETROS		MANIPULAÇÃO		CONSTRUÇÃO	
1.	GRADE	1.	ELIMINA	1.	LINHA
2.	BLOQGRD	2.	RECUPERA	2.	LIPOLI
3.	EIXOS	3.	COMPRIE	3.	RETANG
4.	FOLHA	4.	MOVE	4.	POLIGONO
5.	FOLHAUIS	5.	GIRA	5.	CIRCULO
6.	=> TIPO/LIN	6.	ESCALAR	6.	CIRC/DI
		7.	COPIA	7.	CIRC/3PT
		8.	ATUALIZA	8.	ARCO
		9.	=> ZOOM	9.	ARCO/3PT
				10.	=> TEXTO
PgUp	ENCERR	PgUp	PARAMET	PgUp	MANIPUL
PgDn	MANIPUL	PgDn	CONSTR	PgDn	BLOCOS

Fig. 3 - As janelas de menu.

Os Elementos. Todos os desenhos feitos no EGG-PM são formados por composição dos elementos básicos, que estão descritos a seguir. Estes elementos possuem três informações que são comuns a todos os elementos: o número de ordem dentro do arquivo, a folha de desenho (nível) ao qual o elemento pertence, e o retângulo envolvente. Há alguns atributos que não são comuns a todos os elementos, como o tipo de linha, por exemplo. Pode-se ver na tabela 2 o formato do arquivo gráfico para cada um dos elementos, com os seus respectivos atributos.

A linha é o elemento mais simples, definida pelos seus dois pontos extremos. A linha tem como atributo o tipo do traço, podendo ser contínuo, tracejado curto, tracejado longo, traço-ponto ou pontilhado.

A linha poligonal é uma sequência de linhas, formando um único elemento. A diferença entre a linha e a linha poligonal está na forma de armazenamento dos parâmetros. A linha poligonal ocupa menos espaço no arquivo, além de ser manipulada como um elemento simples. Uma sequência de linhas gravadas como linhas só pode ser manipulada como bloco ou linha a linha. O tipo de traço também vale para a linha poligonal.

O polígono é um elemento que só difere da linha poligonal por ser fechado, ou seja o último ponto dado é sempre unido ao primeiro, automaticamente. O tipo de traço é válido para o polígono.

O retângulo é apenas um tipo especial de polígono. É definido por apenas dois pontos, pois seus lados são horizontais e verticais. No arquivo gráfico são armazenados quatro pontos para permitir que o retângulo possa ser rotacionado. O tipo de traço vale para o retângulo.

O círculo é definido no arquivo gráfico pelo seu centro e raio. Para desenhar um círculo, o sistema oferece três opções. Pode-se desenhar entrando com o centro e o raio, entrando com três pontos ou entrando com dois pontos (diâmetro). A forma de armazenamento no arquivo é a mesma para os três casos. O tipo de traço é válido.

O arco de círculo é definido no arquivo pelo centro, raio, ângulo inicial e final. O sistema oferece duas maneiras de desenhar um arco. Entrando com o centro e mais dois pontos (o primeiro ponto determina o

ângulo inicial e o raio, e o segundo o ângulo final), e por três pontos (o primeiro e o último ponto definem os extremos do arco). No primeiro caso o arco é sempre traçado no sentido anti-horário. O armazenamento no arquivo é feito da mesma maneira para os dois casos. O tipo de traço é válido para o arco.

O elemento de texto é uma sequência de até 70 caracteres, sendo que o primeiro caracter é posicionado no ponto dado. Os atributos do texto são a altura dos caracteres e a inclinação, dada em graus. A identificação do texto é feita por intermédio de seu retângulo envolvente.

Comandos de Manipulação. O EGG-PM possui vários comandos de manipulação de elementos e manipulação de blocos. Um bloco é simplesmente um conjunto de elementos, definido pelo usuário, que pode ser manipulado como se fosse um só elemento. Além das operações que serão descritas a seguir, os blocos têm uma particularidade muito importante. Após definido o conjunto de elementos que forma o bloco (por meio de uma janela), pode-se gravar em disco este bloco e recuperá-lo novamente. Cada bloco recebe um nome, dado pelo usuário. Assim, é possível a formação de bibliotecas de blocos de peças ou componentes afins. Por exemplo, pode-se montar bibliotecas de parafusos, porcas, arruelas, rolamentos, etc. A partir destas bibliotecas fica fácil o desenho de um componente qualquer. O mesmo vale, por exemplo, para circuitos pneumáticos, utilizando bibliotecas de válvulas, conexões, reservatórios, etc. Os blocos podem ser gravados em uma escala qualquer (geralmente 1:1, para comodidade do projetista), e ampliados ou reduzidos quando trazidos para um desenho qualquer, dependendo da escala do desenho.

As funções de manipulação funcionam de maneira similar para elementos e para blocos, sendo que no segundo caso é necessário que um bloco tenha sido previamente definido.

O comando "eliminar" retira o elemento ou conjunto de elementos (no caso de blocos) e aloca em outro arquivo. Assim a qualquer momento os elementos apagados podem ser recuperados, sendo que a cada chamada do comando "recuperar" o último elemento é recuperado. Pode-se ir recuperando elementos até que o primeiro apagado tenha voltado ao desenho.

Como os elementos apagados continuam na memória ocupando espaço, existe um comando que retira todos estes elementos da memória, liberando espaço para o desenho. Este comando é útil quando se tem pouca memória disponível, e o desenho é grande. Quando a memória acabar, pode-se usar o comando "comprimir" para eliminar todos os elementos que foram apagados, e adicionar mais elementos ao desenho, utilizando o espaço liberado pelo comando.

O comando "mover" permite que um elemento ou bloco seja trasladado para qualquer posição do desenho. É necessária a identificação do elemento e de um ponto de referência. Em seguida é pedido um outro ponto que, em relação à referência, fornece a translação do elemento. O elemento é apagado e redesenhado na nova posição.

A cópia de elementos ou blocos é semelhante ao comando anterior. São necessários, além da identificação do elemento, de dois pontos que definem a distância do novo elemento ao elemento origem, onde será desenhada a cópia.

Um elemento ou bloco pode também ser ampliado ou reduzido. O comando é o "escalar". Depois de identificado, o sistema pede a escala e um ponto, que será a referência para o escalamento. O elemento é então apagado e redesenhado na nova escala.

A rotação é feita pelo comando "girar". Deve-se indicar um elemento e um ponto, que será o centro de rotação. Em seguida, entra-se com o ângulo de rotação, em graus. Todos os elementos podem ser rotacionados, inclusive o elemento de texto.

Comandos Auxiliares. Durante operações como as de translação, rotação, ou outras, pode ocorrer do desenho ficar sujo, ou seja, linhas de alguns elementos ficam falhadas, ou pontos aparecem no desenho. Para

limpar o desenho utiliza-se o comando "atualize", que refaz todo o desenho. Este comando é acionado automaticamente quando da edição de um desenho, ou quando o zoom é acionado.

Os comandos de visualização estão embutidos no zoom. Este comando tem três opções: selecionar uma janela de zoom, entrar com uma escala ou enquadrar o desenho todo na tela. A primeira opção permite que se escolham dois pontos sobre o desenho, definindo a próxima janela de visão. A segunda opção faz um escalamento do desenho em relação à escala da janela corrente e um ponto dado. A última opção do zoom é um enquadramento do desenho, ou seja, todo o desenho aparece na tela, permitindo a visualização total do conjunto.

No menu de encerramento pode ser encontrado o comando "limpar", que zera o arquivo gráfico, abandonando o desenho criado até então, para que novo desenho possa ser criado. A partir deste menu também é possível a gravação do desenho em disco, com o comando "salvar", e/ou voltar ao menu principal.

Também neste menu está o comando "plotar", que permite a saída gráfica do arquivo em um traçador gráfico. São requeridos alguns parâmetros, necessários para a configuração do plotter. São pedidos o centro do desenho no papel, o tamanho do desenho no papel, a necessidade ou não da rotação de 90° do desenho original, e a escala. A escala pode ser a mesma do desenho, ou uma escala definida pelo usuário, ou mesmo uma escala calculada pelo sistema, para que o desenho seja enquadrado no tamanho do papel definido pelo usuário.

No menu de alteração de parâmetros, encontramos algumas ferramentas que trazem um auxílio grande ao usuário. A função "grade" desenha na tela uma malha de pontos com espaçamento definido pelo usuário. Com o "bloqueio de grade" ligado, o cursor se move somente sobre estes pontos da malha, permitindo a fácil localização ou posicionamento sobre o desenho. O comando "eixos" tem basicamente a mesma função, sendo que o mesmo desenha nas bordas da região de desenho pequenas marcas, como as divisões de um eixo cartesiano.

O comando "folha" permite que se selecione a folha (ou nível) de inserção ativa. Somente uma folha pode estar ativa em determinado momento, sendo que a folha ativa sempre está visível. Com o comando "folha visível" podemos selecionar quais as folhas que queremos ver. Um desenho com várias folhas não tem seu arquivo alterado por este comando, que só funciona a nível de visualização. Com estes dois recursos, podemos fazer o desenho principal em uma folha, a cotação em outra, a legenda em outra, e assim por diante. Cada folha pode ser visualizada separadamente, ou mesmo combinações de várias folhas podem ser vistas.

O tipo de traço das linhas que compõe o desenho pode ser setado com o comando "tipo de linha". São disponíveis os cinco tipos de traço já mencionados, que são válidos para todos os elementos com exceção de elemento de texto.

O ARQUIVO GRÁFICO

A forma do arquivo gráfico é um dos aspectos mais importantes dos sistemas gráficos. É por meio dele que o sistema se comunica com outros programas, ou mesmo permite que dois sistemas gráficos sejam compatíveis.

Existem alguns padrões gráficos já bastante conhecidos, como por exemplo o IGES (Initial Graphics Exchange Specification). Como o EGG-PM destina-se a aplicações modestas, e tem finalidades didáticas, optamos por um padrão próprio do arquivo gráfico. Esse padrão tende a ser construído de tal forma a facilitar a comunicação do sistema gráfico com os programas aplicativos que utilizarão os recursos gráficos do sistema.

Desta forma, o arquivo é o mais simples possível, de fácil interpretação e construção, e um programa de conversão deste arquivo para os padrões já existentes também pode ser implementado. Assim há a possibilidade de comunicação do EGG-PM com qualquer outro sistema gráfico, inclusive com sistemas de grande porte.

Foi escolhido o arquivo do tipo sequencial, com os dados gravados em padrão ASCII. A primeira linha do

arquivo informa apenas o nome do arquivo e permite que comentários sejam adicionados. A segunda linha contém as informações que dizem respeito à janela de visão corrente durante a última operação de gravação do arquivo. A partir desta linha estão as informações de cada elemento, que são detalhadas a seguir. Cada entidade geométrica é definida por um código no arquivo gráfico. A tabela 1 mostra os códigos de cada entidade.

Tab. 1 - Representação das entidades geométricas.

código	entidade geométrica
1	linha
2	linha poligonal
3	retângulo
4	polígono
5	círculo
8	arco
9	texto

As definições dos elementos no arquivo gráfico são formadas por quatro partes : a linha de cabeçalho, as informações de localização do elemento, o número de parâmetros e os parâmetros definidores do elemento.

O cabeçalho é constituído por apenas um número que contém diversas informações, como mostrado abaixo.

A F F E N N N N

onde : NNNN - é o número de ordem do elemento dentro do arquivo gráfico.

E - é o código do elemento, definindo qual a entidade geométrica ali representada.

FF - define qual a folha (nível de desenho) ao qual o elemento pertence.

A - indica o tipo de linha do elemento.

A segunda parte da definição de um elemento consiste de quatro coordenadas (em referência ao sistema real de coordenadas) que definem o menor retângulo que envolve completamente o elemento. Esses dados são utilizados para tornar mais rápida a identificação do elemento nas diversas funções de manipulação.

Tab. 2 - A forma do arquivo gráfico.

AFF1NNNN	AFF2NNNN	AFF3NNNN	AFF4NNNN
xmin	xmin	xmin	xmin
ymin	ymin	ymin	ymin
xmax	xmax	xmax	xmax
ymax	ymax	ymax	ymax
X1	num-par	X1	num-par
Y1	X1	Y1	X1
X2	Y1	.	Y1
Y2	.	.	.
	Xn	X4	Xn
	Yn	Y4	Yn

AFF5NNNN	AFF6NNNN	AFF9NNNN
xmin	xmin	xmin
ymin	ymin	ymin
xmax	xmax	xmax
ymax	ymax	ymax
Kc	Kc	texto
Yc	Yc	X
raio	raio	Y
	ø1	ângulo
	øf	altura

A informação do número de parâmetros só aparece para os elementos polígono e linha poligonal, que podem ter um número qualquer de parâmetros. Os elementos restantes possuem um número fixo de parâmetros e, portanto, não necessitam de tal informação. O formato do arquivo gráfico para cada um dos elementos é mostrado na tabela 2, sendo que os códigos dos elementos podem ser vistos na tabela 1.

CONCLUSÕES

Esta é a primeira versão do sistema, sendo por este motivo bastante modesta. Como mencionado anteriormente, o sistema estará em constante evolução, visando a implementação de novos comandos e facilidades para o usuário. Atualmente estão em desenvolvimento alguns a-

plcativos que utilizarão o Editor Gráfico, como um módulo para projeto de molas helicoidais e um gerador de malhas para Elementos Finitos. Além destes aplicativos, serão desenvolvidos vários módulos para projeto mecânico. O sistema não tem como objetivo a criação de um sistema geral de projeto, mas sim o de criação de módulos para a solução de problemas específicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Newman, W. M. and Sproull, R. F. , Principles of Interactive Computer Graphics, McGraw-Hill, 1982.

[2] Harrington, S. , Computer Graphics, A Programming Approach, McGraw-Hill, 1983.

[3] Berger, M. , Computer Graphics with Pascal, Benjamin Cummings, 1986.

[4] Hyman, M. I. , Advanced IBM PC Graphics - State of the Art, Brady, 1985.

[5] Turbo Pascal Reference Manual v3.0, Borland, 1985.

[6] Graphix Toolbox Owner's Handbook v1.0, Borland, 1985.

[7] Wood, S. , Using Turbo Pascal, McGraw-Hill, 1986.

[8] Raker, D. and Rice, H. , Inside AutoCad, New Riders, 1986.

[9] Cadtec - Manual do Usuário, Itautec, 1986.

[10] Prodesign II - User's Guide, American Small Business Computers, 1986.

[11] VersaCad Advanced User's Manual, T&W Systems, 1985.

ABSTRACT

The Graphic Editor for Mechanical Design (EGG-PM) developed by GRANTE/UFSC is a system created to be connected to other application programs for mechanical design. The purpose of this work is to use the EGG-PM graphic capabilities to make the design programs more efficient, joining the graphics with the calculation and dimensioning routines. It's possible to design a mechanical component, since the data input till it's output, as a drafting for the manufacturing in a IBM-PC compatible.

