

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
MECÂNICA DA ESCOLA POLITÉCNICA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**SOFTWARE PARA CÁLCULO
DO REGIME PERMANENTE
DE REDES HIDRÁULICAS,
ATRAVÉS DO MÉTODO DAS
CARACTERÍSTICAS E COM
INTERFACE GRÁFICA DE
ENTRADA**

PMC 581 - PROJETO MECÂNICO 2

Orientador:

Aluno:

Prof. Douglas Lauria

Alexandre Bourroul

1993

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| AGRADECIMENTOS | 2 |
| 1. OBJETIVOS | 3 |
| 2. ESTUDO DE SOFTWARES | 5 |
| 3. ELEMENTOS HIDRÁULICOS | 7 |
| 4. ÍCONES ADOTADOS | 8 |
| 5. APRESENTAÇÃO DA TELA E FUNCIONAMENTO | 9 |
| 6. CONSIDERAÇÕES E ESCLARECIMENTOS QUANTO A METODOLOGIA DE CÁLCULO..... | 12 |
| 7. CONCLUSÃO | 18 |
| 8. BIBLIOGRAFIA | 19 |

AGRADECIMENTOS

Gostaria de prestar agradecimento a diversas pessoas que direta o indiretamente contribuíram para o sucesso deste trabalho:

- À minha família: pela força dada em todos os momentos.
- À Juliana: pelos dias que não pudemos sair.
- Ao Marcos Wolyneç: pela dica do Visual Basic.
- Ao Alexandre Alvim: que soube entender as minhas "faltas" no estágio.
- Ao Prof. Douglas: que conseguiu fazer com que eu compreendesse o Método das Características.
- Ao meus colegas: Sempre dispostos a dar importantes contribuições.

1. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é criar um programa de computador para calcular o regime permanente em redes hidráulicas, com representação gráfica da rede na tela do monitor para facilitar sua visualização.

O objetivo principal do programa é poder ser uma forma simples e didática de simular redes hidráulicas. Portanto deve ser bastante "user friendly" (através de interface gráfica de entrada de dados), compatível com hardware e sistemas operacionais largamente utilizados e possibilitar futuras inclusões de novos elementos hidráulicos e/ou módulo para simulação de regime transitório.

O programa permite a montagem da rede hidráulica diretamente na tela do computador, sem a necessidade de esboço prévio da mesma em papel. Ícones pre-definidos, representando os diversos elementos hidráulicos da rede sendo montada, aparecem na tela do computador ao formar-se a rede, para que se possa visualizar a rede a ser simulada durante sua montagem. O programa permite a correção imediata e fácil da rede.

Após a montagem da rede são fornecidos os atributos dos diversos componentes hidráulicos da rede. Estes também podem ser alterados facilmente pelo usuário.

Com a rede hidráulica montada e os atributos definidos o programa simula, ao comando do usuário, o regime permanente da rede, através do Método das Características, apresentando os resultados finais no monitor do computador e, opcionalmente, através da impressora.

Ao iniciar o programa o usuário pode tanto criar uma nova rede quanto carregar uma já existente. As redes podem ser armazenadas em arquivos próprios para posterior simulação e/ou alteração.

2. ESTUDO DE SOFTWARES

Após análise das modernas técnicas de programação conclui-se que duas características são fundamentais no compilador a ser utilizado:

- Programação orientada por objetos: objetos com características próprias podem ser criados, sendo que estes objetos têm atributos próprios. Além disso, objetos podem ser compostos de outros objetos. No caso do programa, cada elemento hidráulico pode ser considerado um objeto, tendo com características os seus atributos e seu ícone. A rede hidráulica formada pode também ser considerada um objeto - formado de um conjunto de outros objetos.
- Programação por eventos: Dependendo da ação que ocorra, como por exemplo determinada tecla pressionada, o programa responde de uma forma específica para aquela ação.

Estas características estão presentes nos programas para ambiente WINDOWS, que apresentam também maior facilidade de manipulação gráfica no que os programas para DOS. Inicialmente considerou-se a hipótese da utilização ou do compilador Turbo Pascal for Windows ou MS C/C++ for Windows.

Em meio às pesquisas chegou-se ao compilador MS Visual Basic for Windows, um compilador em Basic estruturado, que além das características acima, oferece facilidade de manipulação gráfica.

Por outro lado, considerando que um dos objetivos principais do programa é que ele possa ser difundido, o fato dele funcionar somente em ambiente Windows poderia ser um sério fator limitante hoje e portanto decidiu-se por um compilador para ambiente DOS, mais difundido que o Windows.

A solução a que se chegou, e que incorpora todas as características mencionadas, é o compilador MS Visual Basic for DOS. Com características semelhantes à versão para ambiente Windows, este compilador em Basic estruturado gera arquivos executáveis para DOS e, se houver necessidade de mudança para ambiente Windows, seu código fonte é compatível com o do MS Visual Basic for Windows.

3. ELEMENTOS HIDRÁULICOS

Como o escopo deste trabalho é fundamentalmente didático pensou-se em adotar elementos hidráulicos usuais e cujos equacionamentos sejam relativamente simples: tubos, conexões e reservatórios.

Além destes, pretende-se poder também, futuramente, simular bombas, válvulas, reservatórios hidro-pneumáticos, tanques alimentadores unidireccionais, etc, tanto é que os ícones para Bomba e Válvula constam do programa apesar de não estarem completamente implementadas suas simulações.

É importante salientar que a estrutura do programa, com pequenas alterações no código fonte, permite inclusões futuras de outros elementos hidráulicos.

4. ÍCONES ADOTADOS

O padrão adotado para representar graficamente os diversos ícones foram caracteres ASCII por limitação do sistema operacional adotado - DOS. Os tubos são representados simplesmente por linhas.

Além disso, para maior facilitar seu uso, foram adotados caracteres usados como cursor pelo compilador adotado.

| Elemento | Código ASCII |
|-----------------|--------------|
| Bomba | 18 |
| Conexão | 197 |
| Reservatório | 219 |
| Tubo Horizontal | 196 |
| Tubo Vertical | 179 |
| Válvula | 15 |

5. APRESENTAÇÃO DA TELA E FUNCIONAMENTO

O Layout da tela principal do programa é semelhante à Fig. 1.

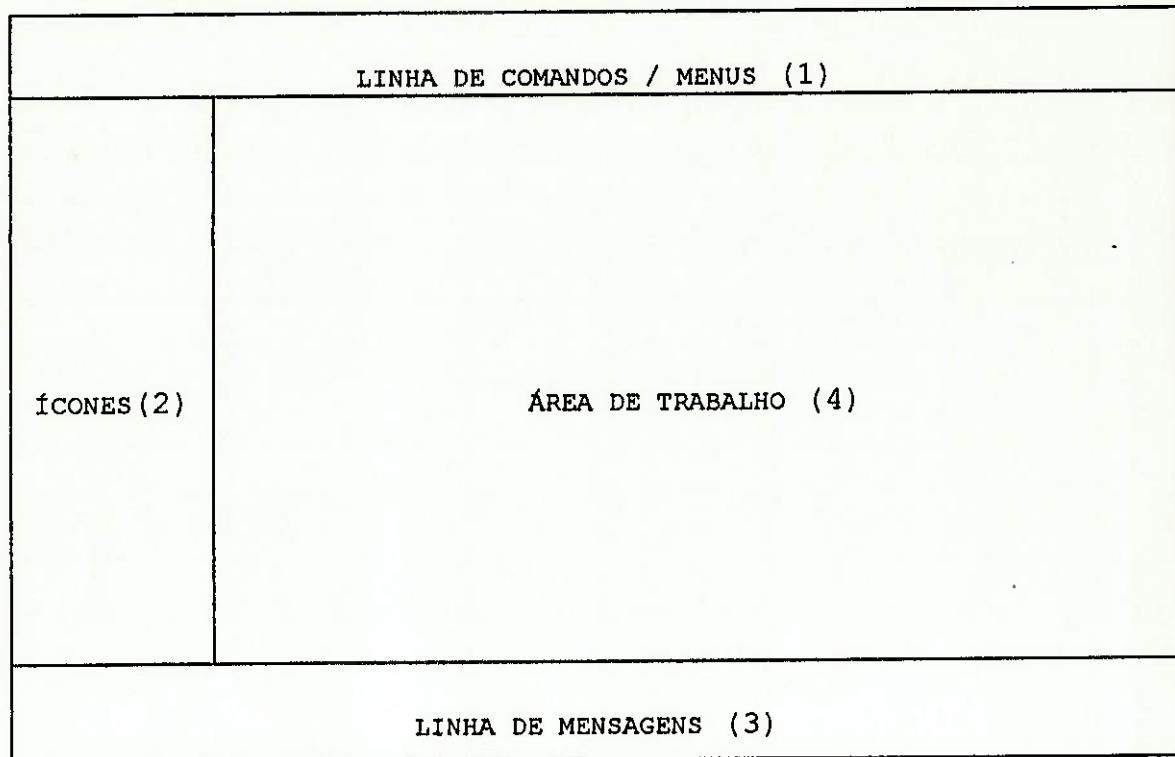


Fig. 1 - Tela do programa

A região 1 contém os comandos / menus para mudar diretório, guardar e carregar arquivos, copiar, mover, apagar, sair do programa, etc.

Na região 2, no canto esquerdo, ficam os ícones que representam os diversos elementos hidráulicos que podem compor a rede.

A região 3, na linha inferior, contém mensagens dirigidas ao usuário, pertinentes a ações tomadas.

A região 4, restante, é a área de trabalho onde é montada a rede.

Para montar a rede é necessariamente usado um "mouse", bastando apertar o botão esquerdo do mouse em cima do ícone que represente o elemento hidráulico desejado (na região 2 da fig. 1), mover o ícone até a posição desejada na área de trabalho (região 4) e apertar novamente o botão do mouse. Este procedimento deve ser repetido para formar o restante da rede. Para fazer correções o procedimento é o mesmo, mas o botão a ser apertado é o da direita.

Para definir os atributos dos elementos hidráulicos da rede, o usuário deve ativar o menu *Opções* e depois o menu *Atributos*, pressionando o botão do mouse em cima do ícone do referido elemento na área de trabalho (região 4). O programa identifica o tipo de elemento e uma janela com os atributos relativos àquele elemento, aparece na área de trabalho para o usuário preencher. Ao terminar de preencher os atributos de determinado elemento, estes devem ser confirmados ou cancelados para que desapareça a referida janela da área de trabalho.

Para simular a rede criada, o usuário deve ativar o menu *Opções* e depois o menu *Determinar Vazões*, sendo que ao atingir o regime permanente surge uma nova janela com os resultados finais. No início do processamento surge na tela uma tecla de comando PARAR que interrompe o processamento imediatamente e apresenta os resultados até aquela iteração na tela, como se o regime permanente tivesse sido atingido. Há uma opção de impressão dos resultados para facilitar a visualização destes em conjunto com a rede e seus atributos.

Quando há qualquer problema surge uma mensagem pertinente na linha de mensagem (região 2).

Para obter maiores informações quanto ao funcionamento do programa basta consultar o Manual de Instruções anexo.

6. CONSIDERAÇÕES E ESCLARECIMENTOS QUANTO A METODOLOGIA DE CÁLCULO

Os elementos hidráulicos não-tubo podem ser colocados em um de 32 posições pré-definidas (reticulado de 4 linhas por 8 colunas). A ligação entre esses elementos é feita através de tubos verticais e horizontais. É nessas 8 por 4 posições que se baseia a lógica do programa. Todos os atributos de quaisquer elementos da rede são vinculados a essas posições, assim como os tubos horizontais à direita e os verticais abaixo dessas posições.

Na fase de criação da rede a lógica do programa é totalmente gráfica, sendo que na fase de atributos o programa sempre verifica se há algum ícone desenhado em determinada posição antes de chamar a janela referente ao elemento hidráulico desenhado para que possam ser fornecidos os atributos. É então que o programa passa a ter uma indexação posicional.

Já na fase de determinação das vazões o programa parte da indexação posicional para achar a ordenação dos elementos: o que está ligado a que, sendo o sentido do fluxo inicial sempre em direção ao reservatório de menor cota. Para fazer isto o programa começa do reservatório de menor cota dentre todos que compõem a rede e, a partir deste e dos tubos ligados a ele, determina quais elementos estão ligados a

ele, seguindo sempre a seguinte ordem, tubo da direita, tubo inferior, tubo da esquerda e tubo superior. O reservatório passa a identificar a localização dos elementos anteriores a ele na tubulação, assim como os elementos anteriores a ele passam a identificar a sua localização como sendo a do próximo elemento e é cariada uma lista ordenando os elementos na ordem acima indicada. O procedimento se repete para os próximos elementos da lista, até que toda a rede tenha sido identificada e todos os elementos hidráulicos "saibam" quais elementos estão ligados a ele e em que ordem, sendo que elementos já identificados, isto é, que já constam da lista, não entram na mesma novamente para evitar dupla contagem.

Em seguida, se houver válvulas, são calculados os comprimentos equivalentes para as mesmas totalmente abertas e parcialmente abertas (conforme indicado nos atributos da válvula). As aproximações algébricas feitas a partir de gráficos em (1) são:

Globo Se Abertura <= 20 então $K = \text{EXP}(6.9 - (.197 * \text{Abertura}))$
 Se Abertura <= 60 então $K = \text{EXP}(3.7 - (.0404 * \text{Abertura}))$
 Senão $K = 4.2$

Gaveta $K = \text{EXP}(4.95 - (.0697 * \text{Abertura}))$

Borboleta $K = \text{EXP}(5.865 - (.1095 * (\text{Abertura} - 20)))$

```

Esférica  Se Abertura <=20 então K = EXP(5.98 - (.153 * Abertura - 10))

Se Abertura <=75 então K = EXP(3.68 - (.82 * Abertura - 30))

Senão K = EXP(.69 - (.184 * (Abertura - 70)))

```

O programa passa a inicialização da malha para o cálculo. Inicialmente é encontrado dt tal que este satisfaça a condição

$$dt = (dx / a)$$

para todo os tubos. Por limitação de memória do compilador o comprimento máximo de cada tubo é de 10 vezes dx e portanto limita-se o comprimento dos tubos entre 100 metros e 500 metros, em intervalos de 50 metros. Para satisfazer a equação acima varia-se, para cada tubo, dx e N (número de subdivisões), para satisfazer a equação

$$\text{Comprimento do Tubo} = N \cdot dx$$

e adota-se uma celeridade fictícia tal que esta apresente uma variação máxima de 10% em relação ao valor de celeridade fornecido. Se não for possível encontrar dt que satisfaça estas condições o programa apresenta uma mensagem informando que não tem condições de calcular a malha fornecida. A cada elemento e subdivisão dos tubos é atribuído uma vazão inicial de 0 m³/s e carga equivalente a do reservatório de

maior cota. Então são atribuídos os valores reais das cotas dos reservatórios e, através do Método das Características conforme exposto a seguir, e apresenta-se os resultados quando for atingido o regime permanente.

Na aplicação do Método das Características, o programa varre a malha e, para todas as subdivisões internas dos tubos, calcula a carga e a vazão no instante seguinte. Por subdivisões internas entende-se todos com exceção da primeira e da última. As equações adotadas para achar as cargas e vazões no instante seguinte em cada tubo são:

$$A = \pi \cdot d^2 / 4$$

$$B = a / (g \cdot A)$$

$$R = (f \cdot dx) / (2 \cdot g \cdot D \cdot A^2)$$

$$C_P = H_{i-1} + Q_{i-1} \cdot (B - R \cdot \text{ABS}(Q_{i-1}))$$

$$C_M = H_{i+1} - Q_{i+1} \cdot (B - R \cdot \text{ABS}(Q_{i+1}))$$

$$H_{Pi} = (C_P + C_M) / 2$$

$$Q_{Pi} = (H_{Pi} - C_M) / B$$

conforme exposto em (2).

Para calcular as cargas e vazões no extremos dos tubos no instante seguinte, além das equações acima são empregadas as

seguintes condições de contorno, cujos equacionamentos também encontram-se em (2):

- Reservatório: a carga é determinada pela cota do reservatório.
- Conexão: despreza-se a perda de carga, a carga é constante no entroncamento dos tubos e a vazão que entra é igual a que sai da conexão.

Em seguida é verificado se o regime permanente foi atingido, atualiza-se a os valores da malha e caso não tenha sido atingido o regime permanente parte-se para uma nova iteração. O número mínimo de interações é 100, para garantir a estabilidade dos resultados. As condições impostas para determinar se o regime permanente foi atingido são:

- Em cada tubo a diferença máxima de vazão é menor ou igual a 1% da vazão na primeira secção do tubo.
- Em cada conexão a somatória das vazões, positivas as que saem e negativas as que entram, dividido pela média dos valores absolutos deve ser menor ou igual a 1%.

Quando o regime permanente é atingido o programa apresenta um janela com os resultados das cargas em cada elemento e da vazão de determinado elemento para outro elemento

hidráulico. Se a vazão for negativa, o fluxo se dá no sentido inverso ao indicado. Caso a tela de respostas não seja suficiente para abrigar todos os resultados é necessário optar pela impressão dos mesmos para que aí sim possam ser visualizados dos os resultados.

Para maiores detalhes quanto a metodologia adotada recomenda-se analisar a listagem do programa, em anexo.

7. CONCLUSÃO

O programa atingiu os objetivos esperados pois a maior preocupação foi sempre torna-lo o mais simples possível, às vezes em detrimento de uma maior precisão nos resultados. Por ter um caráter eminentemente didático, o aspecto qualitativo torna-se até mais importante que o quantitativo.

A interface gráfica que tornou mais fácil a entrada de dados dificultou os cálculos pois os dados não puderam ser introduzidos de maneira a tornar os cálculo mais simples e portanto os dados tiveram que ser adaptados aos cálculos da melhor maneira possível.

Há inúmeras coisas que devem ser melhoradas e implementadas mas o mais importante é que um primeiro passo já foi dado. Espero que outras pessoas, ou até quem sabe eu mesmo, implementem, futuramente, o cálculo das válvulas, bombas e de outros dispositivos, isto é, continuem a melhorar sempre este programa. É por isso que não só o código executável, mas também o código fonte do programa, está disponível para consultas e modificações.

Quanto à adaptação para o regime transitório basta alterar a entrada de dados, pois a metodologia adotada pode também ser empregada no cálculo de transitórios.

8. BIBLIOGRAFIA

- (1) LAURIA, Douglas; "Apostila do Curso de Linhas de Fluidos", EPUSP, São Paulo.
- (2) KOELLE, Edmundo; "Apostila do Curso Intensivo de Transientes Hidráulicos", 2^a Parte, São Paulo.
- (3) KOELLE, Edmundo; "Malhas Escalonadas Cruzadas", Apostila, EPUSP, São Paulo.
- (4) "Manual de Referência - VBDOS", Microsoft Corp., EUA, 1992.
- (5) "Manual de Usuário - VBDOS", Microsoft Corp., EUA, 1992.

**MANUAL DE INSTRUÇÕES DO SOFTWARE PARA CÁLCULO
DO REGIME PERMANENTE DE REDES HIDRÁULICAS,
ATRAVÉS DO MÉTODO DAS CARACTERÍSTICAS E COM
INTERFACE GRÁFICA DE ENTRADA**

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 2 |
| 2. TELA PRINCIPAL | 4 |
| 3. CRIAÇÃO DA REDE | 7 |
| 4. TELAS DE ENTRADA DE DADOS DE ATRIBUTOS | 10 |
| 5. ATRIBUTOS | 12 |
| 6. DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES | 14 |
| 7. TELA DE RESULTADOS | 16 |
| 8. COMANDOS DO MENU | 18 |

1. INTRODUÇÃO

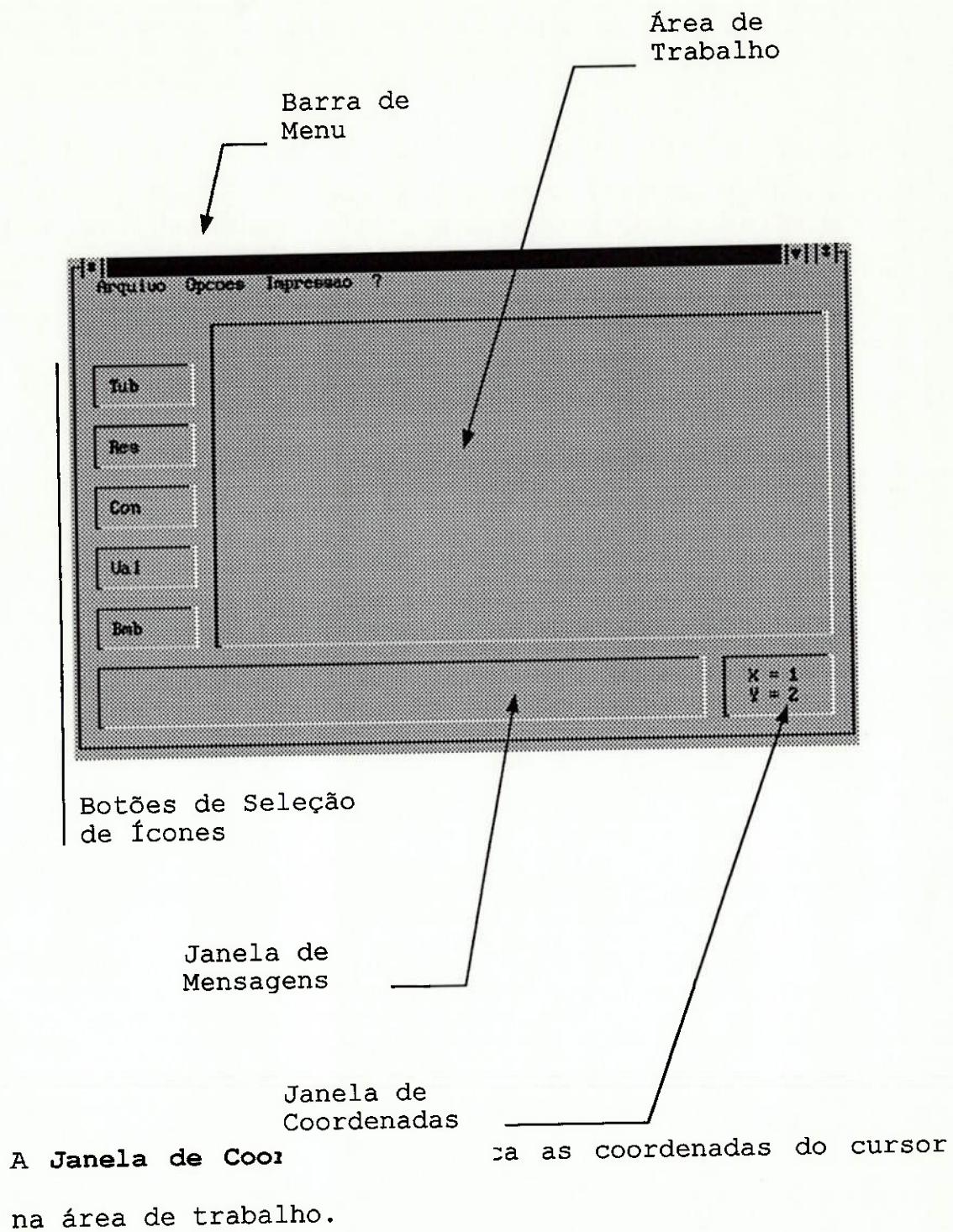
O objetivo principal deste programa é permitir que os usuários, principalmente aqueles que são estudantes de engenharia, tenham uma boa noção qualitativa de como se comportam redes hidráulicas compostas de reservatórios, conexões e tubos.

O programa apresenta três fases distintas, sendo geralmente necessário um comando específico para mudar de uma para a outra. Na primeira, na qual o programa se encontra quando é carregado, a rede é criada na tela com o uso de ícones específicos para representar cada elemento hidráulico, com o emprego de um mouse. Criada a rede passa-se à segunda fase onde são determinados os atributos dos elementos da rede, não sendo mais possível alterar a rede sem que se retorne à 1^a fase através de comando específico. A terceira fase é a do cálculo propriamente dito para determinar as vazões e apresentação final dos resultados. Após o início do cálculo não é mais possível criar ou alterar a rede sem sair do programa e começar novamente. Após a apresentação dos resultados das cargas nos elementos não-tubo e vazões nos tubos o programa retorna à 2^a fase para verificação dos atributos (se necessário) e eventual mudança destes

para verificar as consequências nos resultados das cargas
e vazões da rede.

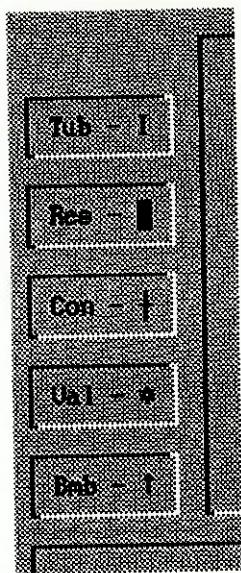
2. TELA PRINCIPAL

Na figura a seguir estão indicadas as diversas regiões que compõem a tela principal do programa.



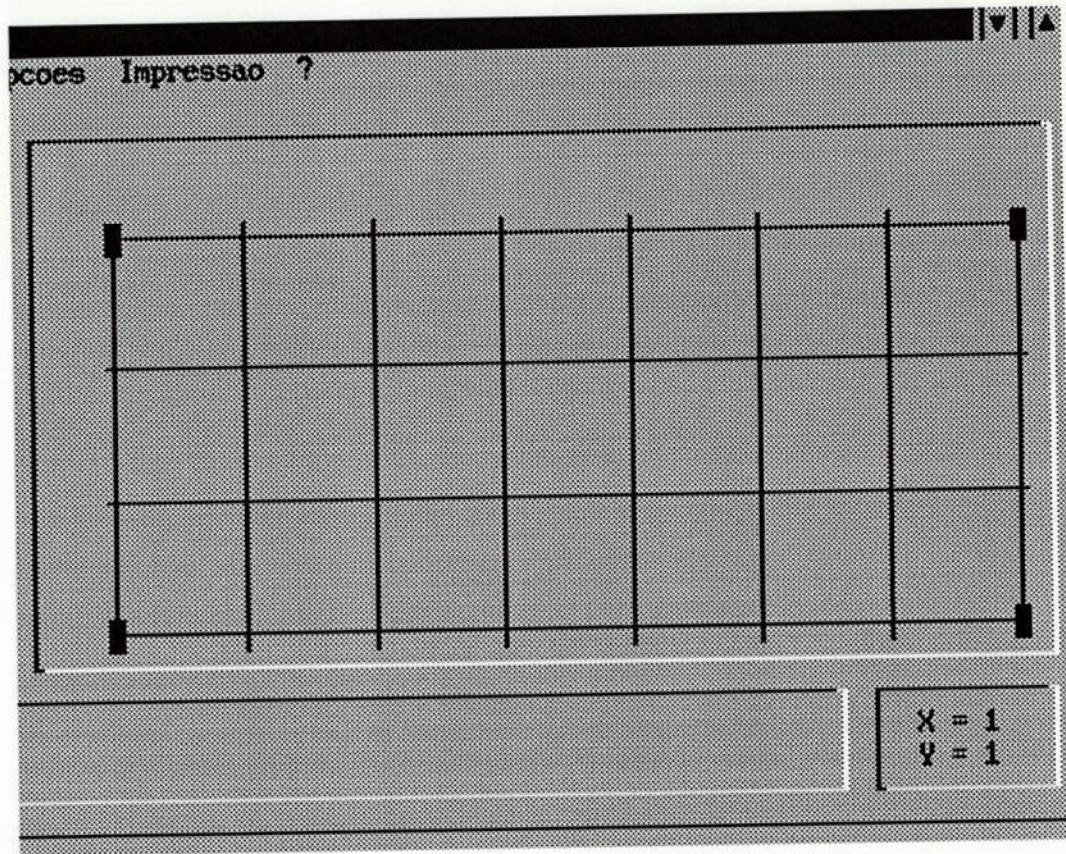
A Janela de Mensagens é a região onde aparecem as mensagens dirigidas ao usuário.

Os Botões de Seleção de Ícones é que determinam qual dos elementos hidráulicos pode ser acrescentado à rede. Os elementos hidráulicos representados são: tubos (TUB), reservatórios (RES), conexões (CON), válvulas (VAL) e bombas (BMB). Da primeira vez que um botão do mouse é pressionado sobre um dos Botões de Seleção de Ícones, este passa a apresentar não só as três primeiras letras do nome do elemento mas também o ícone que o representa, como pode ser visto na figura abaixo. Os Botões de Seleção de Ícones podem ser pressionados quantas vezes for necessário durante a criação da rede.



A Barra de Menu apresenta os diversos comandos de manipulação de arquivos, impressão e controle do andamento do programa.

A Área de Trabalho é onde a rede é montada graficamente. Esta região é subdividida de forma a ter-se uma grade, com 8 posições na direção horizontal (X) e 4 na direção vertical (Y), em cujos vértices podem ser colocados os elementos não-tubo, como mostra a próxima figura. A ligação entre estes elementos é feito através de tubos nas direções vertical e horizontal. O cursor é representado dentro da área de trabalho pelo ícone do elemento hidráulico selecionado.



3. CRIAÇÃO DA REDE

Se o programa já estiver na fase de definição de atributos e for necessário alterar a rede, é preciso voltar à fase de criação da rede através do comando Criar Rede do menu de opções.

Para criar a rede é necessário, inicialmente, pressionar um botão do mouse sobre o botão do elemento hidráulico desejado na janela de seleção de ícones, dirigir-se à posição na área de trabalho em que se quer colocá-lo e pressionar a tecla esquerda do mouse. Dois aspectos devem ser notados: primeiro, para facilitar a visualização dentro da área de trabalho o cursor do mouse apresenta o mesmo símbolo adotado para o ícone do elemento escolhido e, segundo, que imediatamente após a inserção do elemento na posição desejada o cursor muda para aquele que representa um tubo, e portanto, a menos que seja escolhido novo botão da área dos botões de seleção de ícones, o próximo elemento da rede será um tubo e não o elemento escolhido anteriormente.

Se alguma ação não-permitida for procedida pelo usuário, qualquer que seja o instante e desde que não seja uma ação que causa o abandono do programa, aparecerá uma mensagem na janela de mensagens explicando o que houve. Quando o cursor é movido dentro da área de trabalho as mensagens da tela de mensagem desaparecem e portanto, se

a mensagem for mais importante, o programa apresenta uma janela central com a mensagem e há a necessidade de pressionar uma tecla para sumir a janela e prosseguir o processamento.

Se, por qualquer razão, um elemento for colocado em lugar indevido pode-se colocar um outro elemento em seu lugar, bastando proceder da forma já indicada, como se não houvesse lá um elemento, ou, senão, apagar o ícone do elemento pressionando o outro botão do mouse, o da direita, sobre o ícone do elemento a ser apagado, desde que o cursor do mouse apresente este mesmo ícone, isto é se ele for o ícone ativo.

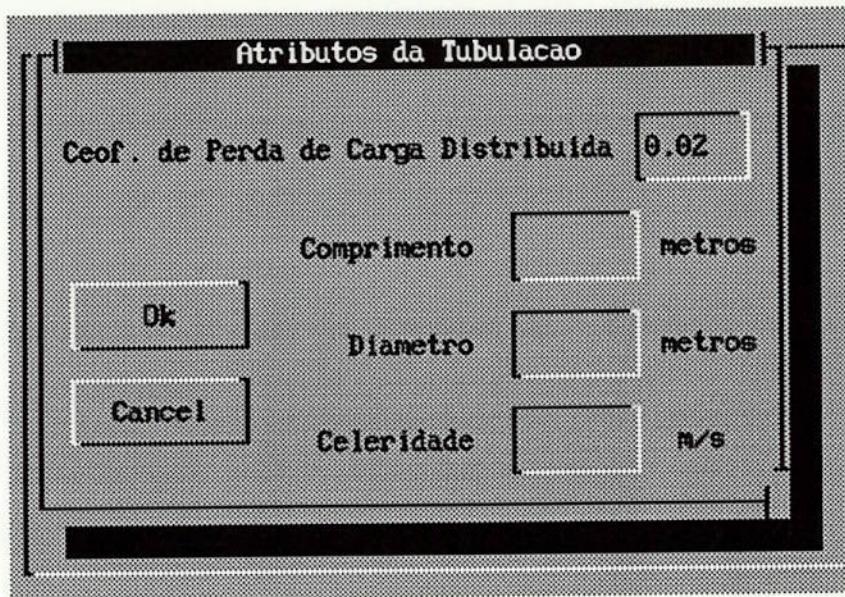
Apesar de existirem, e estarem ativos nesta fase, os ícones para válvula e bomba não devem ser usados porque na fase de cálculo das vazões não é possível calcular a malha pois seus equacionamentos não constam ainda da metodologia de cálculo. Portanto o emprego destes ícones na montagem da rede são inviáveis nesta primeira versão do programa.

Tanto reservatórios quanto conexões comportam até quatro tubos ligados a cada um destes elementos. Já no caso de bombas e válvulas apenas dois tubos podem estar ligados, o de montante e o de jusante, sendo que, para determinar o sentido de fluxo da bomba deve ser colocado apenas um

elemento válvula seguindo o bomba, nunca dois, e esta será necessariamente uma válvula de jusante para que o sentido de fluxo da bomba seja indicado.

Para salvar ou abrir arquivos já existentes basta usar o menu de arquivo seguido da opção desejada: Novo, Abrir ou Salvar. Então é só fornecer os dados pertinentes e a rede será salva / aberta. O formato do arquivo a ser usado tem necessariamente que ser do tipo *.RHD e para salvar uma rede com outro nome o arquivo com o novo nome tem de existir e para tanto é indicado que se salve um arquivo existente com este novo nome (para criar o arquivo) e aí sim salvar a rede desejada. Para isso pode ser interessante usar o comando DOS Shell do menu de arquivo para não perder uma rede que já tenha sido criada ao tentar salvar outro arquivo com o novo nome.

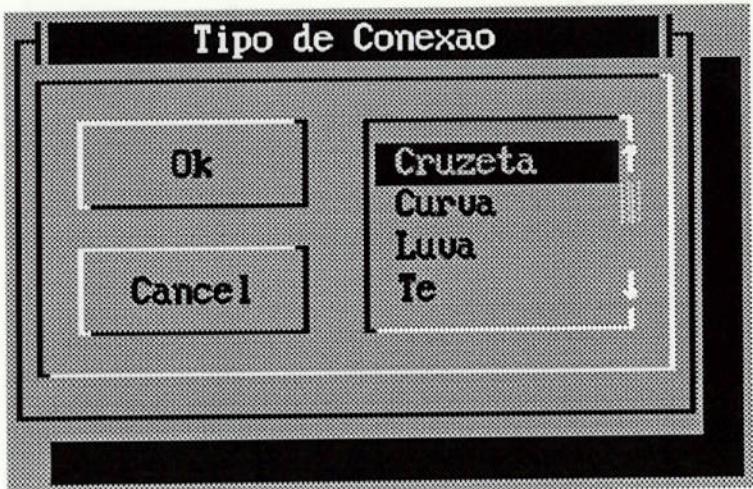
4. TELAS DE ENTRADA DE DADOS DE ATRIBUTOS



Para a entrada de dados de atributos dos **tubos** a tela adotada é mostrada acima. Os dados a serem fornecidos são o comprimento, diâmetro e celeridade de cada tubo. O coeficiente de perda de carga padrão é de 0,02, podendo ser alterada pelo usuário.



Para a entrada de dados de atributos dos **reservatórios** a tela adotada é mostrada acima, sendo que as cotas da superfície livre e de saída devem ser dadas em relação a um mesmo referencial absoluto para todos os reservatórios da rede.



Para a entrada de dados de atributos das **conexões** a tela adotada é mostrada acima, bastando escolher dentre os elementos da lista qual o tipo de conexão desejada: cotovelo, cruzeta, curva, luva ou tê.

5. ATRIBUTOS

Para passar à fase de determinação de atributos é necessário selecionar a opção Atributos do menu de opções. Não mais será possível criar a rede e, para fornecer os atributos de determinado elemento basta pressionar o botão do mouse sobre este elemento. Surgirá uma janela de entrada de dados referente ao atributo escolhido. Para preencher os campos só é possível usar o teclado. Use o mouse para mudar de campo (ou a tecla TAB) e confirmar / cancelar a escolha (ou a tecla ENTER). Quando determinado elemento ainda não teve seus atributos fornecidos os dados que constam nos campos são os referentes ao último elemento semelhante àquele que tenham sido atribuidos. Quando o elemento cujos atributos já tenham sido fornecido for escolhido, isto é, quando houver uma verificação ou alteração dos dados, os dados fornecidos anteriormente para aquele elemento é que aparecem na janela.

Para o correto funcionamento do programa é importante que os atributos de todos os elementos tenham sido fornecidos antes de se iniciar o cálculo das vazões.

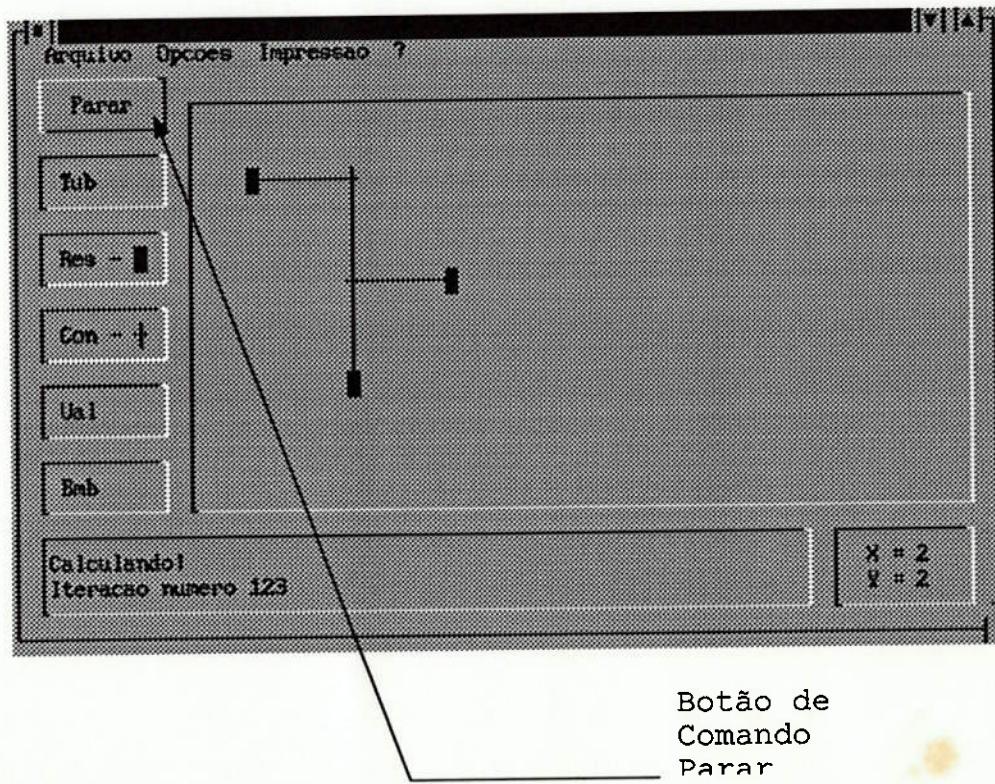
Nesta fase é também possível imprimir a rede, os atributos fornecidos e os resultados (que estaram corretos apenas se a rede já tiver sido calculada).

Vale salientar que o programa volta a esta fase após a apresentação dos resultados, eventualmente, para que a rede e os atributos possam ser consultados e possa haver nova atribuição de valores para os elementos da mesma rede possibilitando uma análise qualitativa do comportamento da rede em diferentes condições.

6. DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES

Para determinar as vazões é necessário selecionar o comando Determinar Vazões no menu de opções. A rede então não pode mais ser mudada (comando Criar Rede do menu de opções passa a não estar ativo) e as ações tomadas pelo programa (montando a rede, inicializando os dados, calculando, etc.) são apresentadas na janela de mensagens.

Quando o programa passa a calcular a rede propriamente dita o nº da iteração em que ele se encontra é mostrada na janela de mensagens e aparece um botão de comando Parar acima da janela de seleção de ícones. Estes aspectos são mostrados na figura a seguir.



O botão de comando **Parar** serve para interromper o cálculo e apresentar os resultados naquela iteração, mesmo que o regime permanente não tenha sido atingido. Esta tecla é muito útil quando percebe-se que algum atributo foi fornecido com valor errado ou não foi fornecido, ou mesmo quando o número de iterações já está bastante alto (de 4000 a 5000) e o regime permanente ainda não tenha sido atingido.

Por outro lado, para habilitar o botão de comando Parar durante o cálculo o programa é obrigado a habilitar também outros comandos durante a execução dos cálculos e estes podem trazer consequências desastrosas para o cálculo ora sendo efetuado. Portanto, recomenda-se durante a fase de determinação das vazões não executar nenhum outro comando que não seja pressionar com o mouse o botão de comando para Parar (se isso for necessário).

7. TELA DE RESULTADOS

Quando o programa acaba de calcular a malha, com uma precisão de 1%, surge a tela de resultados mostrada na figura a seguir. A apresentação dos resultados na tela fornece a carga em todos os elementos não-tubo e as vazões em todos os tubos, sendo as vazões positivas da esquerda para a direita e de cima para baixo, dependendo da orientação vertical ou horizontal do tubo em questão, e as vazões negativas em sentido contrário. Devido às dimensões da tela, pode não ser possível apresentar todos os resultados nesta janela. Neste caso a opção de saída deve ser via impressora, para se ter acesso a todos os dados.

| Resultados Finais | | | |
|-------------------|-----------|--------------------|--------------|
| Ponto | Carga (m) | Trecho | Vazão (m³/s) |
| (1, 1) | 129 | (1, 1) para (2, 1) | .136 |
| (2, 1) | 119.2 | (2, 1) para (2, 2) | .196 |
| (2, 2) | 91.1 | (2, 2) para (3, 2) | .833 |
| (2, 3) | 89 | (2, 2) para (2, 3) | .164 |
| (3, 2) | 90 | | |

Botão de Volta à Tela

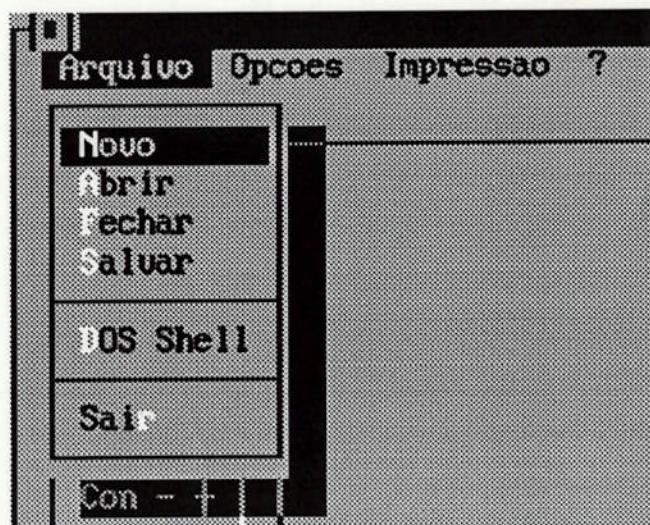
Botão para Impressao dos Resultados e

O botão **Sair** retorna à tela principal na opção Atributos para que possam ser comparados os atributos, a rede e os resultados. Para verificar o valor dos atributos basta pressionar o botão do mouse sobre o elemento hidráulico desejado.

O botão **Impressão** faz a mesma coisa que o botão Sair mas antes envia uma cópia dos resultados para impressão. Isto pode facilitar bastante a comparação da malha, dos atributos e dos resultados.

8. COMANDOS DO MENU

O acesso aos menus pode ser feito pressionando-se o botão do mouse ou teclando Alt + Letra em Destaque. Por exemplo, Alt + A faz com que o menu de arquivo da figura abaixo apareça.



O comando **Novo** prepara a tela para que possa ser criada uma nova rede.

O comando **Abrir** abre um arquivo de rede hidráulica *.RHD existente.

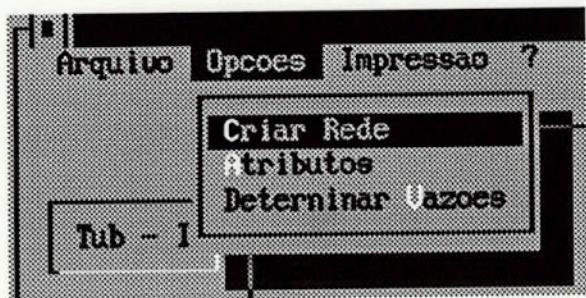
O comando **Fechar** fecha todos os arquivos *.RHD que estejam abertos.

O comando **Salvar** armazena a rede criada em um arquivo *.RHD.

O comando **DOS Shell** deixa o programa residente na memória do computador e permite acesso ao ambiente do DOS. Para retornar basta teclar EXIT e pressionar a tecla ENTER.

O comando **Sair** serve para encerrar o programa e retornar para o DOS.

A figura a seguir apresenta o menu de opções.

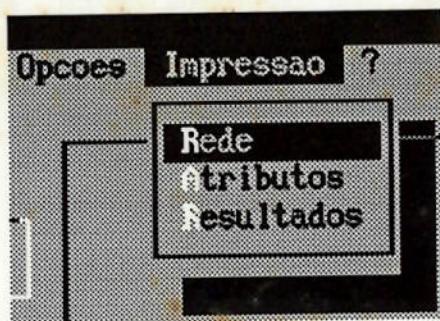


O comando **Criar Rede** permite que se crie a rede hidráulica. Após o início do cálculo este comando é desativo, impedindo que a rede seja modificada.

O comando **Atributos** habilita o fornecimento, alteração e consulta dos dados dos elementos hidráulicos.

O comando **Determinar Vazões** dá início ao cálculo da rede hidráulica, apresentando ao final os dados referentes às cargas e vazões.

A figura seguinte apresenta o menu de impressão.



O comando **Rede** imprime a rede fornecida na impressora ligada á saída LPT1 do computador.

O comando **Atributos** imprime os dados fornecidos referentes a rede, também na impressora ligada á saída LPT1 do computador.

O comando **Resultados** imprime as cargas e vazões referentes a rede, também na impressora ligada á saída LPT1 do computador, da mesma forma como ocorre quando o botão imprimir é pressionado na tela de resultados.

A figura abaixo mostra o menu cujo comando **Ajuda** fornece explicações básicas quanto ao funcionamento do programa e o comando **Sobre** apresenta os créditos referentes ao programa.

