

# DESENVOLVIMENTO DE UMA ROTINA COMPUTACIONAL PARA DIMENSIONAMENTO DE TUBULAÇÕES DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE

Danielle Hoffert Cruz Souza<sup>1</sup>; Fernando das Graças Braga da Silva<sup>2</sup>; Regina Mambelli Barros<sup>3</sup>;  
Geraldo Lúcio Tiago Filho<sup>4</sup>; *Mateus Ricardo Nogueira Vilanova*<sup>5</sup>, *Augusto Nelson Carvalho  
Viana*<sup>6</sup>

## RESUMO

As instalações prediais de água quente, definidas como conjuntos de tubulações, conexões, peças, aparelhos sanitários e acessórios existentes a partir do ramal predial. Estas estabelecem a ligação entre o usuário final e o sistema de abastecimento público, sendo a “extremidade” última do mesmo. O conhecimento da terminologia e das especificações das Normas quanto ao seu dimensionamento é muito importante para se obter resultados que garantam, ao longo da vida útil das instalações, o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos componentes do sistema. Nesse contexto podem ser inseridas ferramentas de simulação, que aliadas a especificações das Normas, permitem confiabilidade, precisão e facilidade nos cálculos, além de evitar o superdimensionamento do sistema. Foi desenvolvida uma rotina computacional para o dimensionamento de instalações prediais de água quente utilizando a linguagem de programação FORTRAN. A partir de dados do local a ser abastecido, a rotina fornece o dimensionamento dos principais componentes da instalação predial, como bombas, reservatórios, tubulação de recalque e sucção, entre outros. A rotina desenvolvida mostrou-se eficiente, pois os resultados obtidos para o estudo de caso foram bons quando comparados com os resultados obtidos manualmente.

**Palavras chave:** Instalações prediais de água quente, dimensionamento, Norma, rotina computacional, linguagem FORTRAN.

1) Engenheira Hídrica, Universidade Federal de Itajubá., Av. BPS, 1303, Itajubá, MG, CEP:37500-903. e-mail: danihoffert@gmail.com

2) Vice Diretor do Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Coordenador do Núcleo Modelagem em Meio Ambiente e Recursos e Sistemas Hídricos -NUMMARH, e-mail: fernandobraga@unifei.edu.br; tel: (35) 3629- 1485.

2) Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Itajubá., Av. BPS, 1303, Itajubá, MG, CEP:37500-903. e-mail: nani\_lsp@yahoo.com.br

3) Professora Adjunta II, Universidade Federal de Itajubá., Av. BPS, 1303, Itajubá, MG, CEP:37500-903. e-mail: remambeli2001@yahoo.com.br

4) Professor Titular, Universidade Federal de Itajubá., Av. BPS, 1303, Itajubá, MG, CEP:37500-903. e-mail: tiago@unifei.edu.br

5) Pesquisador da UNIFEI, IRN/GEN, av. BPS, 1303, 37500-903, Itajubá-MG. Email: mathidr@yahoo.com.br

6) Professor associado da UNIFEI, IRN/GEN, av. BPS, 1303, 37500-903, Itajubá-MG. Email: augustonelsonviana@yahoo.com.br

## **ABSTRACT**

The systems of hot water in building, defined as sets of pipes, connections, parts, sanitary appliances and accessories available from the branch land. These establish the link between the end user and the system of public supply, are the "end" last of it. The knowledge of terminology and specifications of rules about sizing is very important to obtain results that ensure, over the life of system, water supply continuously, in adequate quantity and with pressures and speeds compatible with the perfect operation of the system's components. In this context may be inserted tools for simulation, which combined with specification of rules, allow reliability, accuracy and ease in the calculations, and avoid the over calculation the system. Through a case study was developed a routine computer for the sizing of system of hot water in building using the programming language FORTRAN. The data from the local to be supplied, the routine provides the sizing of the main components of the system, such as pumps, tanks, pressing down and suction tubing for, among others. The routine developed proved to be efficient, because results for the case study were good when compared with the manually results.

**Key words:** Systems of cold water in building, sizing, rule, routine computer, language FORTRAN.

## 1 – INTRODUÇÃO

As instalações de água quente destinam-se a banhos, higiene utilização em cozinhas (na lavagem e confecção de refeições), lavagem de roupas e a finalidades médicas ou industriais. Paralelamente, houve também uma evolução nas exigências de conforto nas próprias residências. Desta maneira, a instalação de água quente é, hoje, fato corriqueiro na maioria das instalações de padrão médio a alto e praticamente indispensável em qualquer prédio. As exigências técnicas mínimas a serem atendidas pela instalação de água quente estão na norma NBR 7198 – Projeto e execução de instalações prediais de água quente (ABNT, 1993).

Assim, a modelagem matemática de um sistema hídrico (no caso as instalações prediais) e posterior simulações numéricas, são importante no projeto para facilitar o dimensionamento, já que este envolve muitas variáveis hidráulicas, e desenvolver análises quanto ao comportamento dos resultados mediante a variação dos parâmetros envolvidos. Vários softwares, entre eles o FORTRAN, permitem o desenvolvimento de rotinas que propiciam estes benefícios.

A linguagem FORTRAN foi à primeira linguagem de programação de alto nível a ser proposta (surgiu em 1956). Foi sugerida visando à resolução de problemas da área científica através do uso de computadores. É, ainda hoje, uma das linguagens mais difundidas no meio técnico-científico, tendo sido ao longo do tempo aprimorada, constituindo as diversas versões disponíveis (Lopes, 2006).

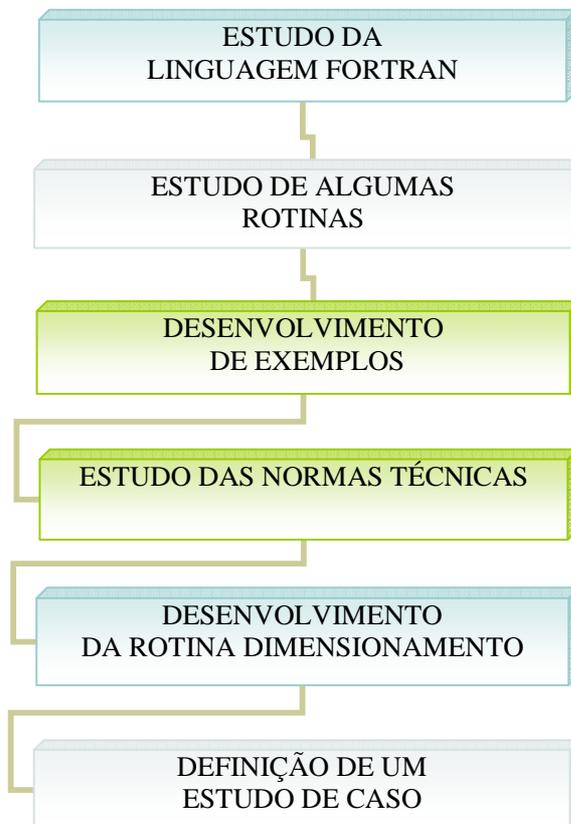
A modelagem matemática e posterior simulação numérica esta sendo cada vez mais utilizada na engenharia. Particularmente o uso do FORTRAN isso se explica pela facilidade de seu aprendizado, pois ele permite aplicação quase direta das fórmulas. No caso de dimensionamento das instalações prediais de água quente o uso dessa ferramenta é bastante recomendável, pois este envolve muitas fórmulas para se determinar as variáveis hidráulicas do sistema assim como tabelas correlacionando-as. Permite também analisar os resultados obtidos ao variar algum

parâmetro característico do sistema. Dadas essas facilidades e a necessidade de rapidez e eficiência nos cálculos explica-se, portanto, o porquê uso cada vez mais intenso de linguagens computacionais, entre elas o FORTRAN, na engenharia. Em muitos países tais como, Estados Unidos e Inglaterra, o uso desta ferramenta é bem mais intenso que no Brasil. Dado este contexto foi desenvolvida uma rotina para o dimensionamento hidráulico de um sistema predial de água quente, conforme detalhado nos objetivos.

## 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da rotina, foi utilizado o Software FORTRAN, uma linguagem de fácil aprendizado, serão estudadas rotinas hidráulicas já desenvolvidas e para testá-la, será definido um estudo de caso, permitindo análise dos resultados obtidos.

A Figura 1 ilustra a metodologia utilizada durante a pesquisa para o desenvolvimento da rotina computacional para dimensionamento hidráulico de instalação predial de água quente.



## **Figura 1 - Metodologia utilizada**

### **Dimensionamento hidráulico**

O dimensionamento hidráulico será realizado utilizando-se e atendendo as especificações da Norma NBR 7198 “Instalações Prediais de Água Quente”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que visa garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade suficiente e qualidade satisfatória, com pressão e velocidades adequadas ao perfeito funcionamento das peças de utilização e dos sistemas de tubulação.

### **CrITÉrios para cálculo da população**

Na determinação da população a ser atendida pelo sistema estima-se que cada quarto social é ocupado por duas pessoas e cada quarto de serviço, por uma. Podem-se considerar, para prédios públicos ou comerciais, taxas de ocupação, conforme a tabela de taxas de ocupação (Creder, 1991).

### **Consumo médio diário**

O consumo diário é determinado através da equação ( 1 ):

$$Cd = P \times C \quad ( 1 )$$

Onde: Cd = consumo diário de água quente (l/dia); C = consumo diário per capita (l/dia)

P = população

### **Dimensionamento dos aquecedores**

A estimativa de consumo de água quente depende do clima e também do tipo de edificação a que se destina.

Com base nas condições climáticas e nos padrões usuais de higiene do Brasil, tem sido usual prever, para o dimensionamento dos aquecedores, os consumos de água quente constantes.

### **Dimensionamento das canalizações**

#### **Vazões das peças utilizadas**

Para o dimensionamento das canalizações é necessário o conhecimento das vazões e dos respectivos pesos relativos de cada peça de utilização, de acordo com Creder (1991)

Segundo a NBR 798:1993, executando-se os casos especiais, deve-se admitir para o dimensionamento das canalizações o funcionamento não simultâneo de todas as peças de utilização por elas alimentadas. Para a estimativa das vazões utiliza-se a Formula 02:

$$Q = C \times \sqrt{\sum P} \quad (2)$$

Onde: Q: Vazão [l/s]; C: Coeficiente de descarga = 0.30 l/s;  $\sqrt{\sum P}$  = Soma dos pesos correspondentes a todas as peças suscetíveis de utilização simultânea, ligadas ao encanamento.

#### **Pressão**

A NBR 7198 recomenda os valores máximos e mínimos da pressão em qualquer ponto da rede:

- a) pressão estática máxima: 400 kPa (40mca);
- b) pressão mínima de serviço:

torneiras - 0,50 mca;

chuveiros - 1,00mca.

Estes valores são os mesmos adotados para o dimensionamento da rede de água fria.

### **Velocidade**

A velocidade nas canalizações não deve ultrapassar o limite superior de 3 m/s estabelecido pela NBR 7193:1993.

### **Diâmetro**

Para o diâmetro das colunas e dos sub ramais adota-se a velocidade máxima 3 m/s.

### **Perda de carga**

Deve ser utilizada a mesma metodologia indicada para o cálculo das perdas em tubulações de água fria, respeitando-se os coeficientes em função dos materiais utilizados.

A perda de carga ao longo de um tubo depende do seu comprimento e diâmetro interno, da rugosidade da sua superfície interna e da vazão. Essa perda de carga é chamada de distribuída. Para calculá-la recomenda-se utilizar a equação universal, obtendo-se os valores das rugosidades junto aos fabricantes dos tubos. Na falta dessa informação calcula-se a perda de carga unitária utilizando as expressões (3 e 4) de Fair-Whipple-Hsiao ou adota-se valores médios para a mesma, em função do material da tubulação.

Para tubos rugosos (tubos de aço-carbono, galvanizado ou não):

$$J = 20,2 \times 106 \times Q \times 1,88 \times d - 4,88 \quad (3)$$

Para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre):

$$J = 8,69 \times 106 \times Q \times 1,75 \times d - 4,75 \quad (4)$$

Onde:

$J$  = perda de carga unitária, [kPa/m];

$Q$  = vazão estimada na seção considerada [l/s];

$d$  = diâmetro interno do tubo [mm].

Tendo obtido o valor da perda de carga unitária, a perda de carga distribuída é dada pela expressão 5:

$$hp_D = J \times L \quad (5)$$

Onde:

$hp_D$  = perda de carga distribuída [m];

$L$  = comprimento total da tubulação;

$J$  = perda de carga unitária [m/m];

É necessário também o cálculo das perdas de carga devido aos dispositivos utilizados, como registros, conexões e hidrômetros. Essas perdas são as chamadas perdas localizadas e dependem diretamente do dispositivo utilizado. Podem ser calculadas pela relação entre acessório e comprimento equivalente.. Com isso perda de carga localizada é dada pela expressão 6.

$$hp_L = J \times L \quad (6)$$

Onde:

$H_{pL}$  = perda de carga localizada [m];

$L$  = comprimento equivalente dos acessórios utilizados ao longo do trecho estudado [m];

$J$  = perda de carga unitária [m/m]

Logo, a perda de carga total numa tubulação é dada pela expressão 7.

$$h_p = h_{pL} + h_{pD} \quad (7)$$

Onde:

$h_{pL}$  = perda de carga localizada [m];  $h_{pD}$  = perda de carga distribuída [m];  $h_p$  = perda de carga total [m].

### **Estudo de caso**

Com a rotina desenvolvida foi realizada um estudo de caso, dimensionar a instalação de água quente para os banheiros de um edifício cujos dados de entrada estão apresentados abaixo.

Pressão atmosférica local: 998.9 mmHg

Número de andares: 10

Número de apartamentos por andar: 1

Número de pessoas por apartamento: 4

Número de acessórios:

O prédio a ser atendido é composto por 10 apartamentos sendo 1 apartamentos por andar. Sendo 6m o desnível entre a saída da caixa d'água e o 10º pavimento, o posicionamento do aquecedor acima do piso de aproximadamente 2,6m e o pé direito de 3m, a coluna estática corresponde ao 5º pavimento será 18,4m. Assim sendo, será possível utilizar aquecedores de baixa pressão desse pavimento para cima. Como no 4º pavimento a pressão estática corresponde a 21,4m será utilizado do 1º ao 4º andar aquecedor de alta.

### 3. RESULTADOS

Estrutura básica da rotina desenvolvida em FORTRAN para dimensionamento de instalações prediais de água quente é apresentada abaixo (Figura 2).

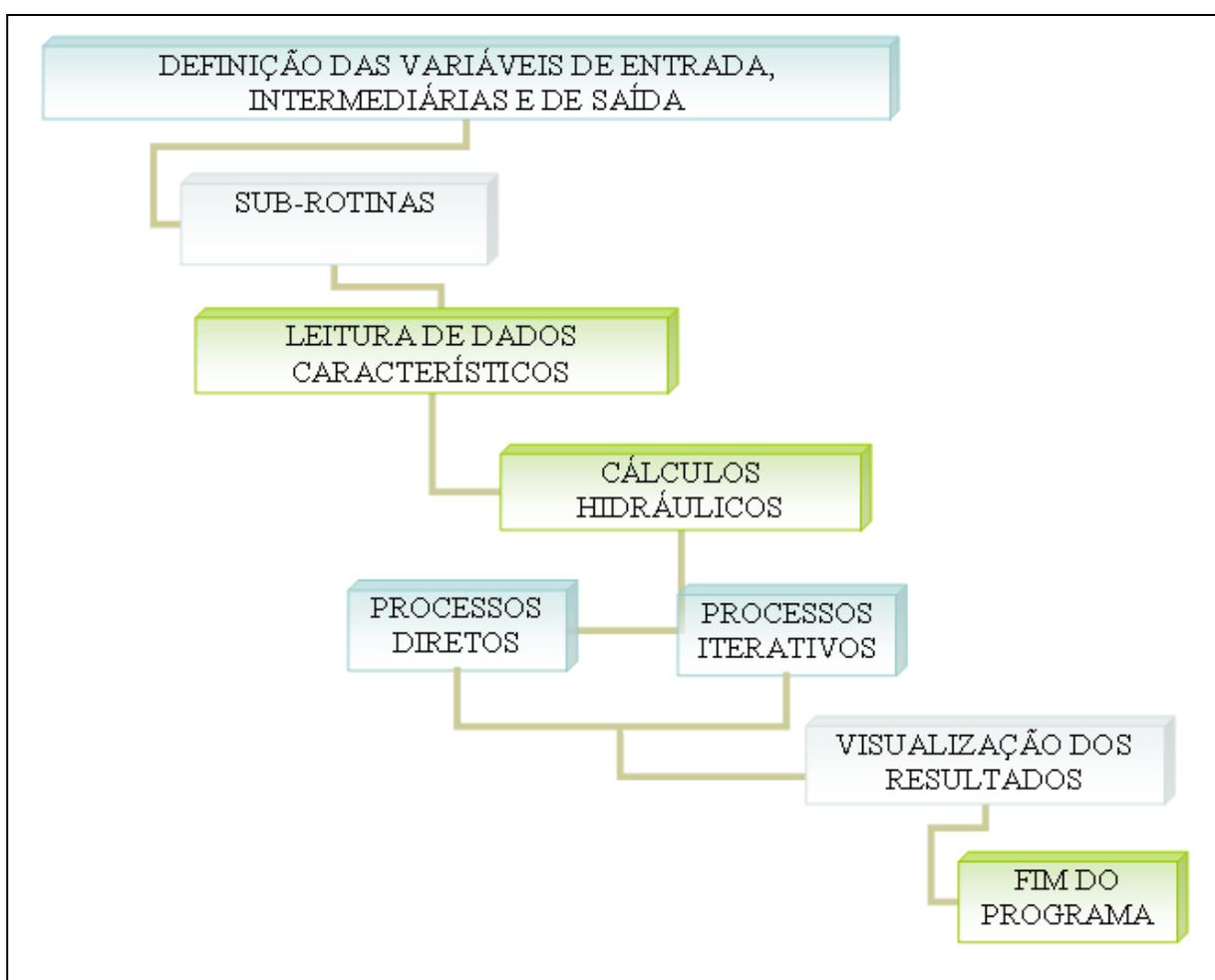


Figura 2 - Estrutura básica da rotina desenvolvida

#### Descrição

A rotina desenvolvida é composta por um programa principal e vários subprogramas. O programa principal pode ser dividido em três partes.

Na primeira parte há a definição das variáveis a serem calculadas (de saída), das variáveis de entrada (dados iniciais necessários) e das variáveis intermediárias (necessárias em leituras de tabela e cálculos iterativos). Como exemplos dessas variáveis têm-se:

- Variáveis de entrada: NA-Número de andares do prédio;  
NAA-Número de apartamentos por andar;  
NP-Número de pessoas por apartamento.
  
- Variáveis intermediárias: N-Número de iterações;  
I-Número de elementos de um vetor;  
NUT-Número da iteração a ser utilizada.
  
- Variáveis de saída: Vol- Volume do reservatório de água quente.  
Qx- Vazões dos trechos  
Dx- Diâmetro dos trechos

Nas Figuras 3 e 4 tem-se os dados de entrada necessários para a execução da rotina, com o número de andares, apartamentos e pessoas por apartamento calcula-se o total de pessoas, com o número de acessórios tem-se a perda de carga e com as peças utilizadas a vazão de água quente necessária esses são os dados utilizados para se obter o diâmetro dos sub ramais.

```
ca "C:\Documents and Settings\Danielle\Desktop\TD\TDANI FORTRAN\PG-DANI.exe"
*****Dimensionamento de Instalacoes Prediais de Agua Quente*****
Entre com o numero de andares o predio:
10
Entre com numero de apartamentos por andar:
1
Entre com o numero pessoas por apartamento:
4
Entre com o numero de acessorios utilizados em cada sub ranal <3-1> <5-3> <6-5> <8-7> <9-8> respectivamente:
Joelho de 90:
0,0,0,0,0
Joelho 45:
0,0,0,0,0
Curva 90:
2,0,2,0,2
Curva 45:
0,0,0,0,0
Te 90 passagem direta:
1,1,1,1,0
Te 90 saida lateral:
0,0,0,0,1
Entrada Normal:
0,0,1,0,0
Entrada Borda:
0,0,0,0,1
Saida canalizacao:
0,0,0,1,0
Valvula pe crivo:
0,0,0,0,0
Valvula retencao leve:
0,0,0,0,0
Registro globo aberto:
1,0,0,0,0
Registro gaveta aberto:
0,0,0,1,1
```

Figura 3 - Programa com os valores de entrada

```
*** INSTALACOES PREDIAIS DE AGUA QUENTE ***
Entre com o numero de pecas utilizadas:
Banheira:
0
Bebedouro:
0
Bide:
1
Chuveiro:
1
Lavatorio:
1
Maquina de lavar prato ou roupa:
0
Pia de despejo:
0
Pia de cozinha:
0
Tanque de lavar roupa:
0
```

Figura 4 - Programa com os valores de entrada

Na segunda parte se tem a definição e a chamada das sub-rotinas (sub-programas) a serem utilizadas no dimensionamento, relacionadas abaixo.

-Sub-rotina de leitura dos dados de entrada: *LeituraDeDados*; são os dados principais para o dimensionamento da instalação.

-Sub-rotina de calculo do numero de habitantes: *NumeroHab*; importante para obter o consumo de água quente.

-Sub-rotina calculo do volume do aquecedor: *VolReservatorio*; pelo processo iterativo relaciona-se o consumo com o volume do aquecedor.

-Sub-rotina de dimensionamento do diâmetro da canalização: *diamcanalizacao*; o diâmetro será obtido a partir da tabela relacionando a vazão máxima e os diâmetros recomendados.

-Sub-rotina de dimensionamento das colunas: *DiametroColunas*;

-Sub-rotina de calculo da perda de carga: *PerdaDeCarga*; calculada a partir da quantidade de acessórios, caso a perda de carga supere o desnível geométrico, aumenta-se o diâmetro afim de reduzir as perdas.

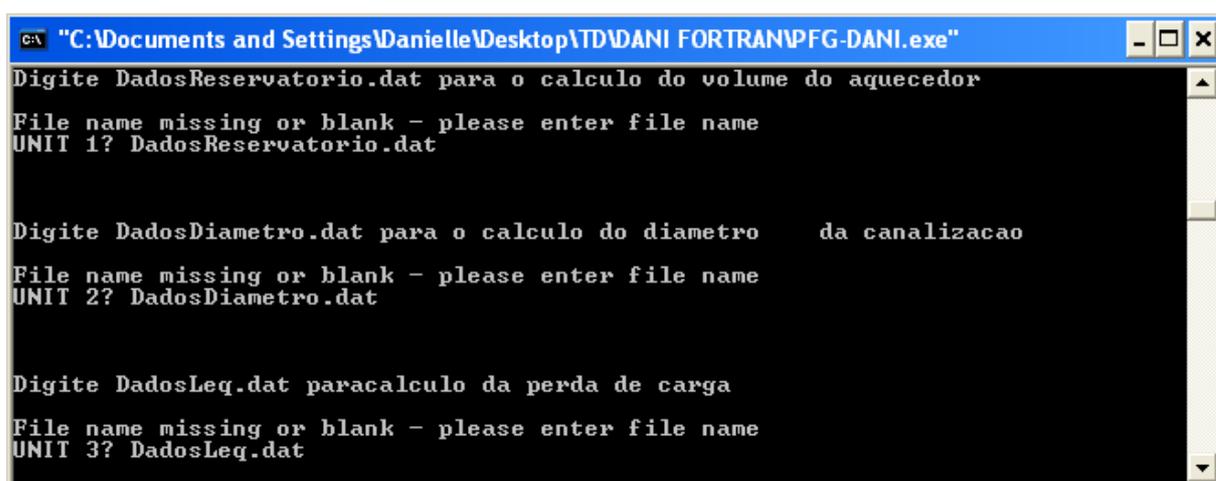
-Sub-rotina de impressão dos resultados: Resultados; imprime os resultados e informa o usuário caso se tenha algum erro.

A terceira parte compreende a finalização do programa principal.

## Considerações

Os cálculos hidráulicos foram realizados por processos diretos (fórmulas) ou por processos iterativos (tabelas), onde se deu a correlação entre duas ou mais variáveis no método de tentativa e erro.

Além da leitura direta (dados de entrada) teve a leitura de dados a partir de tabelas, como foi o caso das sub-rotinas VolReservatorio, diamcanalizacao, PerdaDeCarga. Nesse caso teve uma condição que quando alcançada fornece o valor desejado. No caso do volume do aquecedor o consumo adotado era imediatamente maior que o obtido por formula, do diâmetro das colunas a vazão foi calculada pelo método dos pesos e relacionada na tabela, já a perda de carga foi obtido o comprimento equivalente e através de processos diretos calculou-se a perda de carga. Para a leitura dessas tabelas foram solicitados os seguintes arquivos pela rotina: DadosReservatorio.dat, DadosDiametro.dat, DadosLeq.dat, como mostra a Figura 4.



```
C:\Documents and Settings\Danielle\Desktop\TDDANI FORTRAN\PFG-DANI.exe
Digite DadosReservatorio.dat para o calculo do volume do aquecedor
File name missing or blank - please enter file name
UNIT 1? DadosReservatorio.dat

Digite DadosDiametro.dat para o calculo do diametro da canalizacao
File name missing or blank - please enter file name
UNIT 2? DadosDiametro.dat

Digite DadosLeq.dat paracalculo da perda de carga
File name missing or blank - please enter file name
UNIT 3? DadosLeq.dat
```

Figura 4 - Tela do Programa requisitando os arquivos

Os resultados obtidos para o estudo de caso são apresentados nas Figuras 6,7,8.

```
##### RESULTADOS #####
Numero de andares:          10
Numero de pessoas por andar:      4
O consumo total de agua quente por andar e':      130.000000[l/dia]
Volume do aquecedor de agua quente e':      100.000000[l]

Diametro de cada sub ramal:

o Diametro e vazao do Sub Ramal <1-3> e':
      5.000000E-01 [Pol]      1.897367E-01[l/s]
o Diametro e vazao do Sub Ramal <3-2> e':
      5.000000E-01 [Pol]      9.486833E-02[l/s]
o Diametro e vazao do Sub Ramal <5-4> e':
      5.000000E-01 [Pol]      1.643168E-01[l/s]
o Diametro e vazao do Sub Ramal <5-6> e':
      7.500000E-01 [Pol]      3.794733E-01[l/s]
o Diametro e vazao do Sub Ramal <7-8> e':
      7.500000E-01 [Pol]      3.794733E-01[l/s]
o Diametro e vazao do Sub Ramal <8-9> e':
      1.000000 [Pol]      8.485281E-01[l/s]

Perda de Carga referente a cada sub ramal:

<1-3>:      2.111848[m]
<3-5>:      3.192196E-02[m]
<5-6>:      3.128664E-01[m]
<7-8>:      8.259492E-02[m]
<8-9>:      9.307065E-01[m]

Perda de carga TOTAL:      3.469938[m]
```

Figura 5 - Tela com os resultados fornecidos pelo programa

```
C:\ "C:\Documents and Settings\Danielle\Desktop\TDDANI FORTRAN\PFG-DANI.exe"
##### ATENCAO #####
Como a perda admissivel e' de 2,9 m. nao ha' pressao suficiente para o seu fu
ncionamento, deve-se aumentar o diametro de algum sub ramal, iniciando essa re
visao pelo ponto conectado diretamente ao crivo do chuveiro
#####

Para a diminuicao da perda de carga os novos          diametros adotados serao
:

o Diametro do Sub Ramal <1-3> e' : 7.500000E-01 [Pol]
o Diametro do Sub Ramal <3-2> e' : 5.000000E-01 [Pol]
o Diametro do Sub Ramal <5-4> e' : 5.000000E-01 [Pol]
o Diametro do Sub Ramal <5-6> e' : 7.500000E-01 [Pol]
o Diametro do Sub Ramal <7-8> e' : 7.500000E-01 [Pol]
o Diametro do Sub Ramal <8-9> e' : 1.000000 [Pol]

Perda de carga TOTAL e' : 1.711727[m]
```

Figura 6 - Tela com os resultados fornecidos pelo programa

```
"C:\Documents and Settings\Danielle\Desktop\TDDANI FORTRAN\PFG-DANI.exe"
Diametro e a vazao das colunas de cada andar

0 Diametro e vazao da coluna do primeiro andar e:
5.000000E-01 [Po1] 2.683282E-01[l/s]
0 Diametro e vazao da coluna do segundo andar e:
7.500000E-01 [Po1] 3.794733E-01[l/s]
0 Diametro e vazao da coluna do terceiro andar e:
7.500000E-01 [Po1] 4.647580E-01[l/s]
0 Diametro e vazao da coluna do quarto andar e:
1.000000 [Po1] 5.366563E-01[l/s]
0 Diametro e vazao da coluna do quinto andar e:
1.000000 [Po1] 6.000000E-01[l/s]
0 Diametro e vazao da coluna do sexto andar e:
1.000000 [Po1] 6.572671E-01[l/s]
0 Diametro e vazao da coluna do setimo andar e:
1.000000 [Po1] 7.099296E-01[l/s]
0 Diametro e vazao da coluna do oitavo andar e:
1.000000 [Po1] 7.589467E-01[l/s]
0 Diametro e vazao da coluna do nono andar e:
1.000000 [Po1] 8.049845E-01[l/s]
0 Diametro e vazao da coluna do decimo andar e:
1.000000 [Po1] 8.485281E-01[l/s]
```

Figura 7 - Tela com os resultados fornecidos pelo programa

#### **4.CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O dimensionamento das instalações prediais de água quente consistiu na determinação das vazões das canalizações constituintes do sistema, feita através de dados, tabelas e procedimentos especificados na Norma NBR 7198/93 da ABNT, assim como na determinação das perdas de carga e diâmetros das canalizações. Todo o dimensionamento foi realizado utilizando-se dos fundamentos básicos hidráulicos. E nesse processo se inseriu a ferramenta computacional Fortran, que se mostrou uma ferramenta de fácil entendimento e aplicação.

A rotina desenvolvida forneceu resultados iguais aos resultados oferecidos pelos cálculos manuais indicando que o método utilizado é preciso. Ressalta-se que, além disso, a rotina ofereceu resultados rápidos e pode ainda eliminar possíveis erros humanos.

Futuros trabalhos podem ser feitos para implementar a rotina a fim de torná-la mais abrangente, com mais detalhes em um dimensionamento de instalações prediais de água quente, já que em algumas condições foram adotadas e específicas desse projeto.

#### **AGRADECIMENTOS:**

Os autores agradecem a FAPEMIG - Fundação de amparo a pesquisa do Estado de Minas Gerais por sempre ter me apoiado em participações em eventos científicos.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7198: “Instalações Prediais de água Quente”, Rio de Janeiro, 1993.
- BOTELHO, M. H. C., “Instalações Hidráulicas Prediais”, 2º Edição, 2006.
- CEREDA, R. L. D., “Introdução ao Fortran 77 para Microcomputadores”, McGraw-Hill, São Paulo, SP, 1987.
- CREDER, H., “Instalações Hidráulicas e Sanitárias”, 5º Edição, 1991.
- GONÇALVES, O. M., “Instalações de água quente”, Departamento de Engenharia de Construção Civil.
- LOPES, M.E., “Desenvolvimento de uma rotina básica de otimização para calibração de diâmetros de redes de água com o uso dos Algoritmos Genéticos”, Trabalho de Diploma UNIFEI, 2006
- MACINTYRE, A. J. “Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais”, 3º Edição, 1996.
- RIBEIRO, M. N. “Dimensionamento de rotina computacional para o dimensionamento de tubulações de instalações prediais de água fria”, Pesquisa PROBIC/FAPEMIG,007.
- <http://omnis.if.ufrj.br/~srsouza/mcf1/fortran.html>, visitado 20/05/2008.
- GUGEL, E. C. “Instalações prediais de água quente” Trabalho de Mestrado, UFSC 2005.