

PROGRAMA PARA O CÁLCULO DE RÊDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM O AUXÍLIO DE COMPUTADOR ELETRÔNICO DIGITAL

VICENTE A. BARBANTI AVELAR *

INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta um programa, em todos os seus detalhes, para o cálculo de rêsdes de abastecimento de água com o auxílio de um computador eletrônico digital de terceira geração, escrito em linguagem FORTRAN IV.

O autor foi levado a preparar êste trabalho para oferecer aos profissionais de engenharia sanitária um programa do qual pudessem lançar mão para calcular rêsdes de abastecimento de água do tipo que ocorre frequentemente na prática, poupando-lhes o esforço de programação, mais árduo para aquêles não especializados em computação.

Dia a dia torna-se mais disseminada a utilização de computadores pelos profissionais de engenharia na solução dos problemas que ocorrem no exercício de sua atividade, seja pelo esforço despendido pelos cientistas e técnicos no sentido de desenvolver processos computacionais que são colocados à disposição dos engenheiros pelas entidades de pesquisas, seja pela acessibilidade à utilização de computadores proporcionadas pelos "bureaux" de serviço mediante taxa horária razoável, o que torna econômica e mesmo vantajosa essa utilização.

Êste programa foi baseado no trabalho "Improved Design of Fluid Networks with Computers", de Marlow, Hardison, Jacobson e Biggs cuja referência é dada por completo na bibliografia.

MÉTODO UTILIZADO

A partir dos dados do problema retirados do esquema da rêsde, o programa monta um sistema de equações lineares, cuja matriz dos coeficientes é simétrica, baseado na fórmula de Hazen-Williams, linearizada pelo processo descrito em (1). O sistema linear é então resolvido pelo método de Gauss-Seidel descrito em (2). O processo é um método iterativo que equilibra pressões, em lugar

de vazões como nos processos usuais de cálculo utilizando o método de Hardy-Cross.

Como todo processo iterativo parte êle de uma solução inicial que, no caso, é uma distribuição de pressões, a qual é assumida à vontade pelo usuário, sendo ajustada no decorrer das iterações.

As vazões ao longo das tubulações somente são determinadas após haverem sido equilibradas as pressões nos nós.

A partir das pressões calculadas são determinadas as linhas piezométricas e as pressões disponíveis, levando em conta as cotas do terreno.

DIRETRIZES DO PROGRAMA

Baseado no diagrama de blocos (fig. 3) foi escrito o programa em linguagem FORTRAN IV do computador IBM 1130 (3) (que é uma variação do FORTRAN IV (ASA) padronizado internacionalmente e aceito pela maior parte dos computadores).

A programação, cuja listagem é apresentada na figura 4, engloba três (3) subrotinas: SEIDL, PERDA e PIEZO e um programa principal e ainda as subrotinas da PLOTTER usadas pela PIEZO (4). Essa subdivisão além de atender a finalidades didáticas para um entendimento do programa, permite um melhor aproveitamento da memória do computador pela possibilidade da sua colocação em LOCAL (5).

A subrotina SEIDL resolve o sistema de equações lineares, cuja matriz dos coeficientes como já foi dito é simétrica, o que nos permitiu um melhor aproveitamento da memória, guardando-a na

(*) Bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, junto ao Departamento de Matemática da Escola de Engenharia de São Carlos. — Estagiário do Centro de Processamento de Dados da E.E.S.C. Aluno do 5.º ano Civil da Escola de Engenharia de São Carlos.

parte superior e na diagonal de u'a matriz em cuja parte inferior armazenamos os fatores de resistência das canalizações. São utilizados fatores auto-correctivos da precisão nas várias iterações de modo a obter a precisão desejada com economia de tempo de processamento.

A subrotina PERDA determina a partir das pressões calculadas, a linha piezométrica, as pressões disponíveis e a cota do reservatório para atender às exigências mínimas de pressão na rede.

A subrotina PIEZO traça, através da PLOTTER, a perspectiva isométrica do gradiente hidráulico da rede; para tanto devemos fornecer ao programa, as coordenadas planimétricas dos nós da rede, sendo que o sistema de coordenadas usado é ortogonal e próprio do PLOTTER (destrogero), e a sua origem o reservatório principal.

DADOS NECESSÁRIOS

Na figura 5 é apresentada uma tabela dos símbolos utilizados para referenciar os dados e seus significados, bem como as suas unidades. Na figura 6 é apresentado o formato em que devem ser perfurados os cartões de dados, bem como a ordem em que devem ser colocados esses cartões no Deck que será levado ao computador.

Na tabela 7 estão dispostos os dados do problema apresentados como exemplo, os quais foram retirados do esquema da rede (fig. 1).

RESULTADOS FORNECIDOS

Na figura 8 são apresentados os resultados fornecidos pelo computador para o problema exemplo; a figura 8 mostra os resultados obtidos através da impressora e a figura 9 mostra os resultados obtidos da plotter. Na figura 2 é apresentado um esquema final da rede da qual constam os elementos dados e os elementos obtidos como resultado.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As pressões assumidas para início do processo iterativo entram como dados a fim de permitir que o programa tire proveito da experiência do profissional que o utiliza, pois quanto melhor avaliadas, menor será o tempo gasto com as iterações.

O trabalho do profissional para efetuar o cálculo de uma rede restringir-se-á, uma vez lançada a sua diretriz, a uma adoção de diâmetros, numeração de nós da rede, com o cuidado de que o nó contíguo ao reservatório receba o número mais alto, zelando por não deixar falhas na numeração, mas sem nenhuma ordem prefixada, fora a ante-

rior e no fornecimento dos dados exigidos pelo programa.

Baseado nos resultados obtidos pelo primeiro processamento, poderão ser revistos os diâmetros, se necessário, feitas as modificações que o projetista achar conveniente e efetuados tantos processamentos quanto necessários em cada qual poderão ser utilizados como valores iniciais os resultados obtidos no processamento anterior. Esse procedimento diminuirá o tempo de processamento, o que poderá ser ainda mais acentuado se esses resultados intermediários forem armazenados em um arquivo no Disco (5); diminuindo-se dessa forma o tempo de entrada de certos dados.

Tendo em vista que o programa cuida também do custo aproximado da rede, de vez que entra com os valores do custo por metro linear de tubulação, os vários processamentos mencionados no parágrafo anterior poderão permitir também um aprimoramento do projeto quanto aos seus aspectos econômicos.

TEMPO DE PROCESSAMENTO

O tempo de processamento de um programa é subdividido em duas partes: uma aproximadamente fixa, correspondente ao tempo de compilação do programa principal e de suas subrotinas, e outro variável, correspondente ao tempo de cálculo. O tempo fixo é de aproximadamente 2 minutos e pode ser abaixado de forma considerável se armazenarmos todo o programa em um disco (5).

O tempo variável no programa é função de dois parâmetros: do número de nós da rede e da precisão desejada pelo usuário. Tal tempo é relativamente baixo. No programa-exemplo é da ordem de 2 minutos ou pouco menos. Testes feitos com uma rede de 14 nós, apontam um tempo de 3 a 4 minutos.

Notamos aqui que o número de malhas não tem a menor influência, mas somente o número de nós.

PRECISÃO DO PROGRAMA

A precisão do programa é fixada pelo usuário, podendo ser aumentada até o nível de precisão do computador. Evidentemente tal precisão para os problemas comuns de engenharia não necessita ser muito alta. Um equilíbrio de pressões até a segunda decimal produz normalmente resultados satisfatórios.

CAPACIDADE DO PROGRAMA

A capacidade desse programa é estimada em uma rede de cerca de 40 nós quando não é usa-

da a subrotina PIEZO. Com o uso de tal subrotina sua capacidade cai para em torno de 30 nós. Tal fato se dá porque a subrotina PIEZO lança mão, como já foi dito, das subrotinas da PLOTTER que são bastante extensas ocupando parte razoável da memória central do computador.

EQUIPAMENTO UTILIZADO

Esse programa lança mão dos seguintes equipamentos:

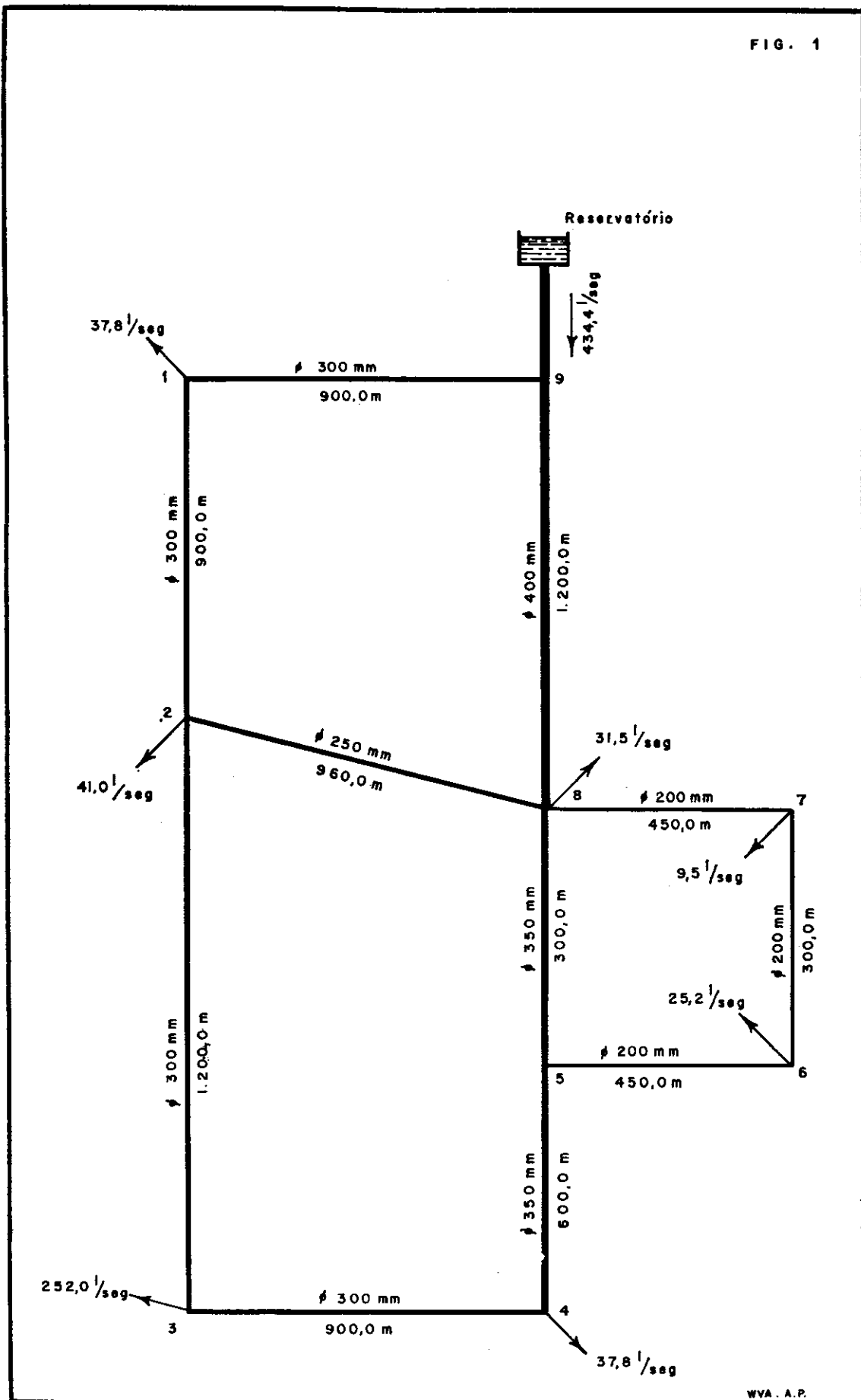
- 1 — Computador IBM 1130 equipado com 8 K de memória.
- 2 — Leitora e perfuradora de cartões 1442.
- 3 — Impressora 1132.
- 4 — Plotter 1827 modelo 2.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — MARLOW THOMAS A. (e outros) — Improved Design of Fluid Networks with Computers. Journal of the Hydraulics Division proceedings of the American Society of Civil Engineers 92 (4): 43 — 61 — Julho 1966.
- 2 — FADDEEVA, V. N — Computational Methods of Linear Algebra. New York, N. Y., Dover Publication, 1959.
- 3 — IBM 1130/1800 Basic FORTRAN IV Language. File 1130/1800 — 25. Form C 26 — 3715 — 3.
- 4 — IBM 1130/1800 PLOTTER Subroutines. File 1130/1800 — 30. Form C 26 — 3755 — 1.
- 5 — IBM 1130 Disk Monitor System, Version 2. Programming and Operator's Guide. File 1130 — 36. Form C 26 — 3717 — Y.

ESQUEMA DA REDE

FIG. 1



ESQUEMA FINAL DA REDE

FIG. 2

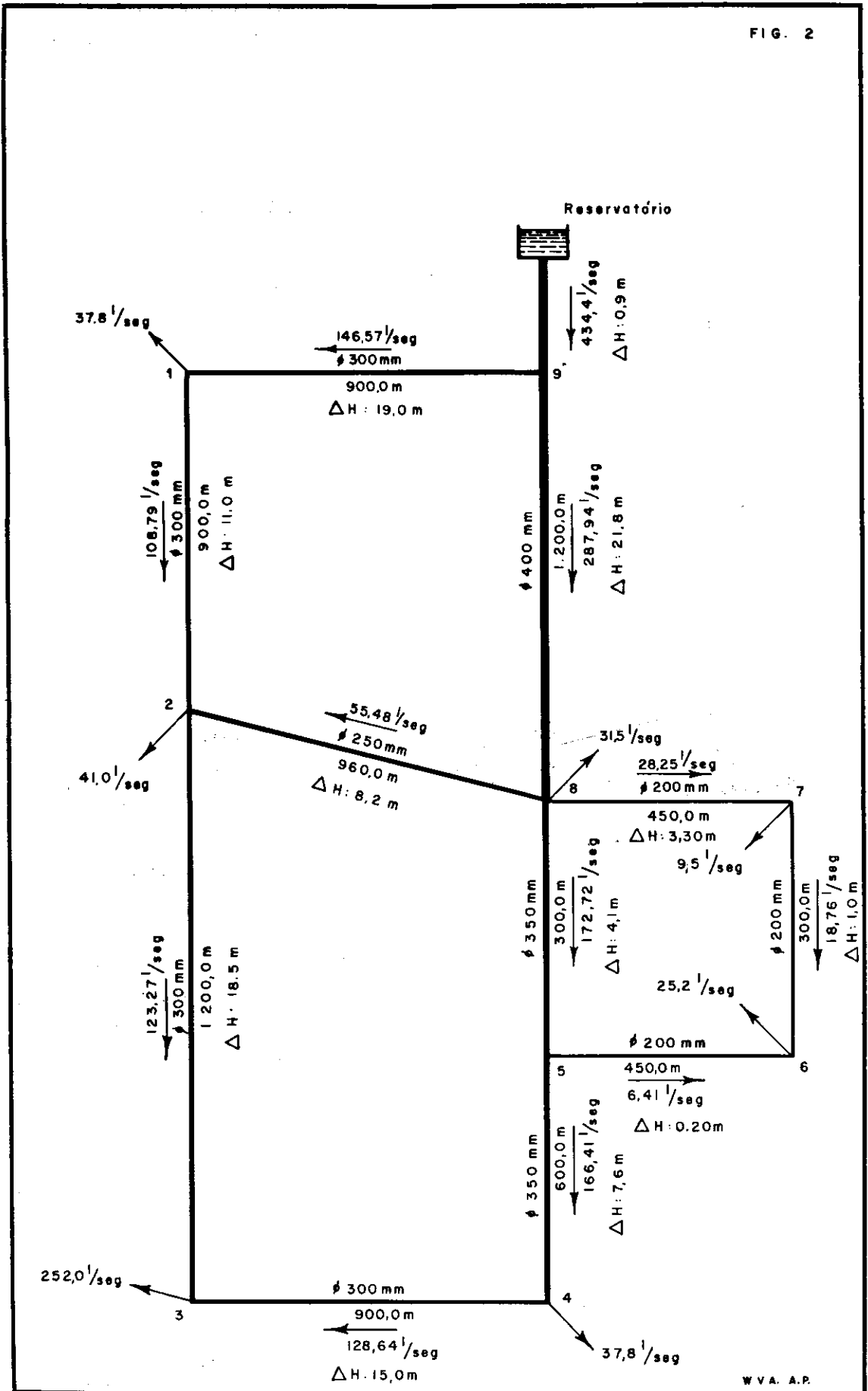
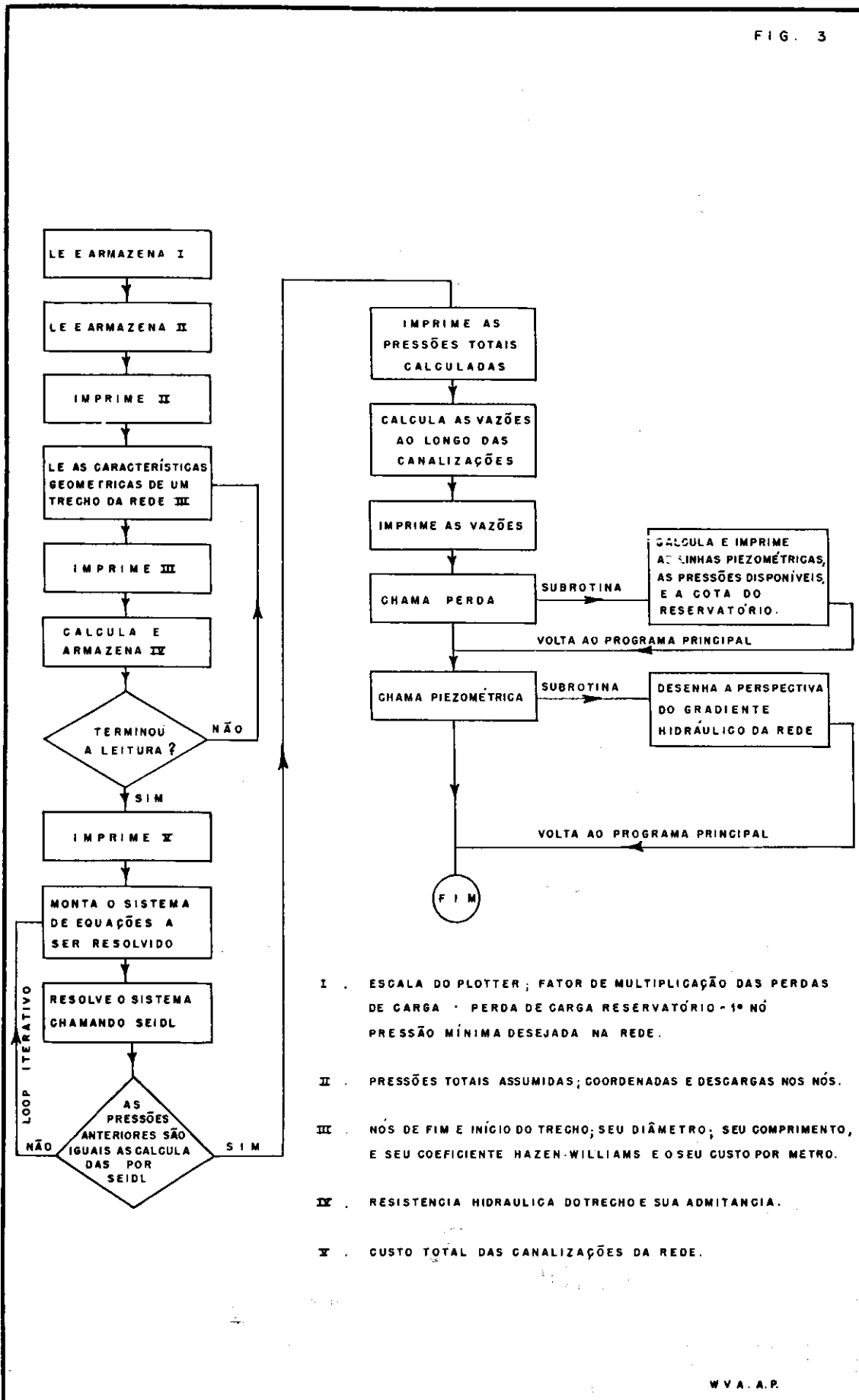


DIAGRAMA DE BLOCOS

FIG. 3



- I . ESCALA DO PLOTTER ; FATOR DE MULTIPLICAÇÃO DAS PERDAS DE CARGA - PERDA DE CARGA RESERVATÓRIO - 1ª NÓ PRESSÃO MÍNIMA DESEJADA NA REDE.
- II . PRESSÕES TOTAIS ASSUMIDAS ; COORDENADAS E DESCARGAS NOS NÓS.
- III . NÓS DE FIM E INÍCIO DO TRECHO ; SEU DIÂMETRO ; SEU COMPRIMENTO, E SEU COEFICIENTE HAZEN-WILLIAMS E O SEU CUSTO POR METRO.
- IV . RESISTENCIA HIDRAULICA DO TRECHO E SUA ADMITANCIA.
- V . CUSTO TOTAL DAS CANALIZAÇÕES DA REDE.

PAGE 1

// JOB T

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	0008	0008	0000

V2 M05 ACTUAL 8K CONFIG 8K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

```

SUBROUTINE PIEZO(N,ESC,X,Y,P,PE,ESCGR,RESRV)
DIMENSION X(20),Y(20),P(20,20),PE(20)
PI=3.1416
N1=N-1
CALL SCALF(ESC,ESC,0.,0.)
Y1=X(1)
DO 15 I=2,N
  IF(Y1-X(I))16,15,15
16 Y1=X(I)
15 CONTINUE
CALL FCHAR (Y1,7.2/ESC,0.2,0.2,-PI/2.)
WRITE(7,17)
17 FORMAT('PERSPECTIVA DO GRADIENTE HIDRAULICO')
CALL FCHAR(0.,0.,0.2,0.2,-PI/2.)
WRITE(7,25)
25 FORMAT(' FONTE')
DO 10 I=1,N
  Y1=Y(I)
  Y(I)=0.7*(Y(I)+X(I))
  X(I)=0.7*(X(I)-Y1)
10 CONTINUE
CALL FPLOT(1,0.,0.)
CALL FPLOT(2,X(N),Y(N))
DO 20 I=1,N1
CALL FCHAR(X(I),Y(I),0.1,0.1,-PI/2.)
WRITE(7,26)I

```

PAGE 2

```

26 FORMAT(I2)
CALL FPLOT(1,X(I),Y(I))
I1=I+1
DO 30 J=I1,N
  IF(P(I,J))5,30,5
5 CALL FPLOT(2,X(J),Y(J))
CALL FPLOT(1,X(I),Y(I))
30 CONTINUE
PE(I)=PE(I)*ESCGR
X(I)=X(I)+PE(I)
CALL FPLOT(2,X(I),Y(I))
20 CONTINUE
CALL FCHAR (X(N),Y(N),0.1,0.1,-PI/2.)
WRITE(7,26)N
CALL FPLOT(1,X(N),Y(N))
X(N)=X(N)+RESRV*ESCGR
CALL FPLOT(2,X(N),Y(N))
CALL FPLOT(2,0.,0.)
DO 40 I=1,N1
CALL FPLOT(1,X(I),Y(I))
I1=I+1
DO 41 J=I1,N
  IF(P(I,J))60,41,60
60 CALL FPLOT(1,X(I),Y(I))
CALL FPLOT(2,X(J),Y(J))
41 CONTINUE
40 CONTINUE
RETURN
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR PIEZO
COMMON 0 VARIABLES

16 PROGRAM

PAGE 3

END OF COMPILATION

// DUP

```
*STORE      WS UA PIEZO
CART ID 0008  DB ADDR 2849  DB CNT  0033
```

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

```
SUBROUTINE PERDA(N,H,P,PE,COT,PRM,RESRV)
DIMENSION H(20),P(20,20),PE(20),COT(20)
N1=N-1
DO 90 I=1,N
P(I,I)=0.
DO 91 J=1,N
IF(I-J)6,91,91
6 P(I,J)=P(J,I)
91 CONTINUE
90 CONTINUE
DO 40 I=1,N
PF(I)=0.
PE(N)=RESRV
DO 41 I=1,N
IE(PE(I))41,42,41
42 DO 43 J=1,N
IF(P(J,I))44,43,44.
44 IF(PE(J))45,43,45
45 PE(I)=PE(J)+(H(J)-H(I))
GO TO 41
43 CONTINUE
41 CONTINUE
DO 70 I=1,N
70 H(I)=PF(I)+PRM+COT(I)
COTAS=H(1)
DO 80 I=2,N
```

PAGE 4

```
IF(H(I)-COTAS)80,80,31
31 COTAS=H(I)
80 CONTINUE
WRITE(3,33)COTAS
33 FORMAT(//10X'COTA DO RESERVATORIO ='F7.1)
WRITE(3,1)
1 FORMAT(//' NO PERDAS(NO-R) LIN PIEZ
1 COT TER PRES DISP
DO 100 I=1,N
AUX1=COTAS-PE(I)
AUX2=AUX1-COT(I)
WRITE(3,2)I,PE(I),AUX1,COT(I),AUX2
2 FORMAT(3X,I2,6X,F6.1,7X,F7.1,5X,F6.1,6X,F6.1)
100 CONTINUE
RETURN
END
```

FEATURES SUPPORTED.
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR PERDA

COMMON	0	VARIABLES	12	PROGRAM	420
--------	---	-----------	----	---------	-----

END OF COMPILATION

// DIIP

```
*STORE      WS UA PERDA
CART ID 0008  DB ADDR 287C  DB CNT  001C
```

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

```
SUBROUTINE SEIDL (A,F,X,N,AK)
DIMENSION A(20,20),F(20),X(20)
100 Y=1
```


PAGE 5

```

DO 10 I=1,N
AUX=X(I)
X(I)=F(I)/A(I,I)
DO 20 J=1,N
IF(I-J)11,20,12
12 X(I)=X(I)-A(J,I)/A(I,I)*X(J)
GO TO 20
11 X(I)=X(I)-A(I,J)/A(I,I)*X(J)
20 CONTINUE
DIF=ABS(AUX-X(I))
IF(DIF-AK)10,3,3
3 Y=0
10 CONTINUE
IF(Y)8,100,8
8 RETURN
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR SEIDL
COMMON 0 VARIABLES 14 PROGRAM 212

END OF COMPILATION

// DUP

*STORE WS UA SEIDL
CART ID 0008 DB ADDR 2898 DB CNT 000F

// FOR

*IOCS(CARD,1132PRINTER,PLOTTER)
*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

C AK1 E O FATOR DE PRECISAO PARA A RESOLUCAO DO SISTEMA DE EQUACOES
C CQM E O FATOR DE COMPARACAO DAS PRESSOES DESEJADAS

```

DIMENSION AL(20,20),H(20),Q(20),X1(20),QA(20),COT(20),X(20),Y(20)
AN=4.
COM=0.08
AK1=0.005
AK=0.1
C   ESC   E A ESCALA X,Y DO PLOTTER
C   RESRV  E A PERDA DE CARGA DO RESERVATORIO ATE O PRIMEIRO NO
C   PRM    E A PRESSAO MINIMA DESEJADA NA REDE
C   ESCGR  E O FATOR PELO QUAL SE DESEJA MULTIPLICAR AS PERDAS DE CARGA
C                                     DE TODOS OS NOS PARA A PLOTAGEM DAS MESMAS
      READ(2,624)ESC,ESCGR,RESRV,PRM
624  FORMAT(4F10.0)
      READ(2,15)N
15   FORMAT(I3)
C   N     E O NUMERO DE NOS
      N1=N-1
      AD=(AK-AK1)/AN
      DO 10 J=1,N
      DO 10 I=1,N
10   AL(I,J)=0.
C   Q     E DESCARGA EM CADA NO
C   X     Y COORDENADAS DE CADA NO EM RELACAO AO RESERVATORIO
C                                     E COT
C                                     SAO AS COTAS DOS MESMOS
C   O     SISTEMA DE COORDENADAS USADO E PROPIO DO PLOTTER E SUA ORIGEM
C                                     E O RESERVATORIO PRINCIPAL
      WRITE(3,48)
48   FORMAT(///14X,'NO'6X,'DESCARGA'5X,'PRESSAO TOTAL'5X,'COORDENADAS D
      10S NOS EM METROS'23X,'(L/S)'8X,'ASSUMIDA (M)'8X,'Z'8X,'X'8X,'Y')
      DO 310 I=1,N
      READ(2,2)Q(I),COT(I),H(I),X(I),Y(I)
2    FORMAT(10X,5F10.0)
      WRITE(3,49)I,Q(I),H(I),COT(I),X(I),Y(I)
49   FORMAT(14X,I2,6X,F7.2,10X,F6.2,8X,F6.1,3X,F7.1,3X,F7.1)
      Q(I)=Q(I)/(0.3048**3.*1000.)
      H(I)=H(I)/0.3048
      X1(I)=H(I)

```

```

310 CONTINUE
    TOTAL=0.
    WRITE(3,1)
    1 FORMAT(///12X'TRECHO'4X'CARACT  GEOM DO TRECHO'/11X,'INC  FIM'4X,'
    8DIAM(M)'2X'COMP(M)'3X,'C')
C    H E PRESSAO NOS NOS
C    D E O DIAMETRO DOS TUBOS
C    TL  E O COMPRIMENTO DOS TUBOS
C    P  E A RESISTENCIA  EM CADA TRECHO
C    C  E O COEFICIENTE DE HAZEN-WHILHIS
    6 READ(2,3)I,J,D,TL,C,CUSTO
    3 FORMAT(2I5,4F10.0)
    IF(CUSTO)201,200,201
201 CUS=CUSTO
200 WRITE(3,81)I,J,D,TL,C
    81 FORMAT(12X,I2,3X,I2,5X,F5.3,2X,F7.2,3X,F4.0)
    IF(I)4,5,4
    4 IF(I-J)70,71,71
    71 AL(I,J)=(0.19312*TL**0.54)/(C*D**2.63)
    AL(J,I)=-1./(AL(I,J)*(H(I)-H(J))**0.46)
    GO TO 72
    70 AL(J,I)=(0.19312*TL**0.54)/(C*D**2.63)
    AL(I,J)=-1./(AL(J,I)*(H(I)-H(J))**0.46)
    72 TOTAL=TOTAL+TL*CUS
    GO TO 6
    5 WRITE(3,13)TOTAL
    13 FORMAT(//10X'PRECO DAS CANALIZACOES DA REDE EM CRUZEIROS-NOVOS ='
    1F15.2)
1111 DO 7 L=1,N1
    OA(L)=-O(L)-AL(L,N)*H(N)
    AL(L,L)=0.
    DO 8 I=1,N
    IF(L-I)9,8,99
    9 AL(L,L)=AL(L,L)-AL(L,I)
    GO TO 8
    99 AL(L,L)=AL(L,L)-AL(I,L)

```

```

8 CONTINUE
7 CONTINUE
  CALL SEIDL(AL,QA,X1,N1,AK)
  IF(AK-AK1)400,400,410
410 AK=AK-AD
400 DO 12 I=1,N1
  IF(ABS(X1(I))-H(I))-COM)12,11,11
  11 DO 16 J=1,N1
  16 H(J)=X1(J)
  DO 17 J=1,N1
  J1=J+1
  DO 17 K=J1,N
  IF(AL(K,J))21,17,21
  21 AL(J,K)=-1./(AL(K,J)*(ABS(H(J))-H(K)))**0.46)
  17 CONTINUE
117 CONTINUE
  GO TO 1111
  12 CONTINUE
  WRITE(3,85)
  85 FORMAT(/14X,'TRECHO'                                VAZAO',/8X,'MONTANTE  JUZANTE
  1      ( L/S)')
  DO 31 I=1,N1
  I1=I+1
  DO 30 J=I1,N
  IF(AL(J,I))25,30,25
  25 AL(I,J)=((X1(I)-X1(J))**0.54)/AL(J,I)
  AL(I,J)=AL(I,J)*0.3048**3.*1000.
  IF(X1(J)-X1(I))27,28,28
  27 WRITE(3,26)I,J,AL(I,J)
  GO TO 30
  28 WRITE(3,26)J,I,AL(I,J)
  26 FORMAT(10X,I3,7X,I3,10X,F7.2)
  30 CONTINUE
  31 CONTINUE
  DO 50 I=1,N
  50 X1(I)=X1(I)*0.3048

```

Fig. 4-G

PAGE 9

```
CALL PERDA(N,X1,AL,QA,COT,PRM,RESRV)
CALL PIEZO(N,ESC,X,Y,AL,QA,ESCGR,RESRV)
CALL EXIT
END
```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 1126 PROGRAM 1162

END OF COMPILATION

// XEQ 1

*LOCAL,SEIDL,PERDA,PIEZO

SÍMBOLOS — SIGNIFICADOS E FORMATOS

- ESC - Variável Real — ESCALA DA PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DO GRADIENTE HIDRAULICO TRAÇADO PELA PLOTTER.
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- ESGR - Variável Real — FATOR DE MULTIPLICAÇÃO DAS PERDAS DE CARGA, PARA UMA MELHOR REPRESENTAÇÃO NA PLOTTER.
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- PRM - Variável Real — PERDA DE CARGA DO RESERVATÓRIO AO PRIMEIRO NÓ DA REDE EM METROS.
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- N - Variável Inteira — NÚMERO DE NÓS DA REDE.
FORMATO DE LEITURA I 3
- Q - Matriz Real — NELA SÃO ARMazenADAS AS DESCARGAS EM CADA NÓ EM 1/s
DIMENSÃO: NÚMERO DE NÓS
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- GOT - Matriz Real — NELA SÃO GUARDADAS AS GOTAS EM METRO DE TODOS OS NÓS DA REDE.
DIMENSÃO: NÚMERO DE NÓS
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- H - Matriz Real — NELA SÃO ARMazenADAS AS PRESSÕES TOTAIS INICIAIS ASSUMIDAS EM METROS EM CADA NÓ.
DIMENSÃO: NÚMERO DE NÓS
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- X e Y - Matriz Real — NELA SÃO ARMazenADAS AS COORDENADAS DE TODOS OS NÓS DA REDE EM METROS SENDO A ORIGEM DE TAL SISTEMA O RESERVATÓRIO E O SISTEMA DE COORDENADAS E O PROPIO DO PLOTTER.
DIMENSÃO: NÚMERO DE NÓS
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- D - Variável Real — REPRESENTA O DIAMETRO EM METROS DE UM TRECHO DA REDE.
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- TL - Variável Real — COMPRIMENTO DE UM TRECHO DA REDE EM METROS.
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- C - Variável Real — COEFICIENTES DE HAZEN-WILLIAMS EM CADA TRECHO
FORMATO DE LEITURA F 10.0
- CUSTO - Variável Real — REPRESENTA O GUSTO POR METRO LINEAR DE TUBULAÇÃO COM DETERMINADO DIAMETRO.
FORMATO DE LEITURA F 10.0

DISPOSIÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA

FIG. 6

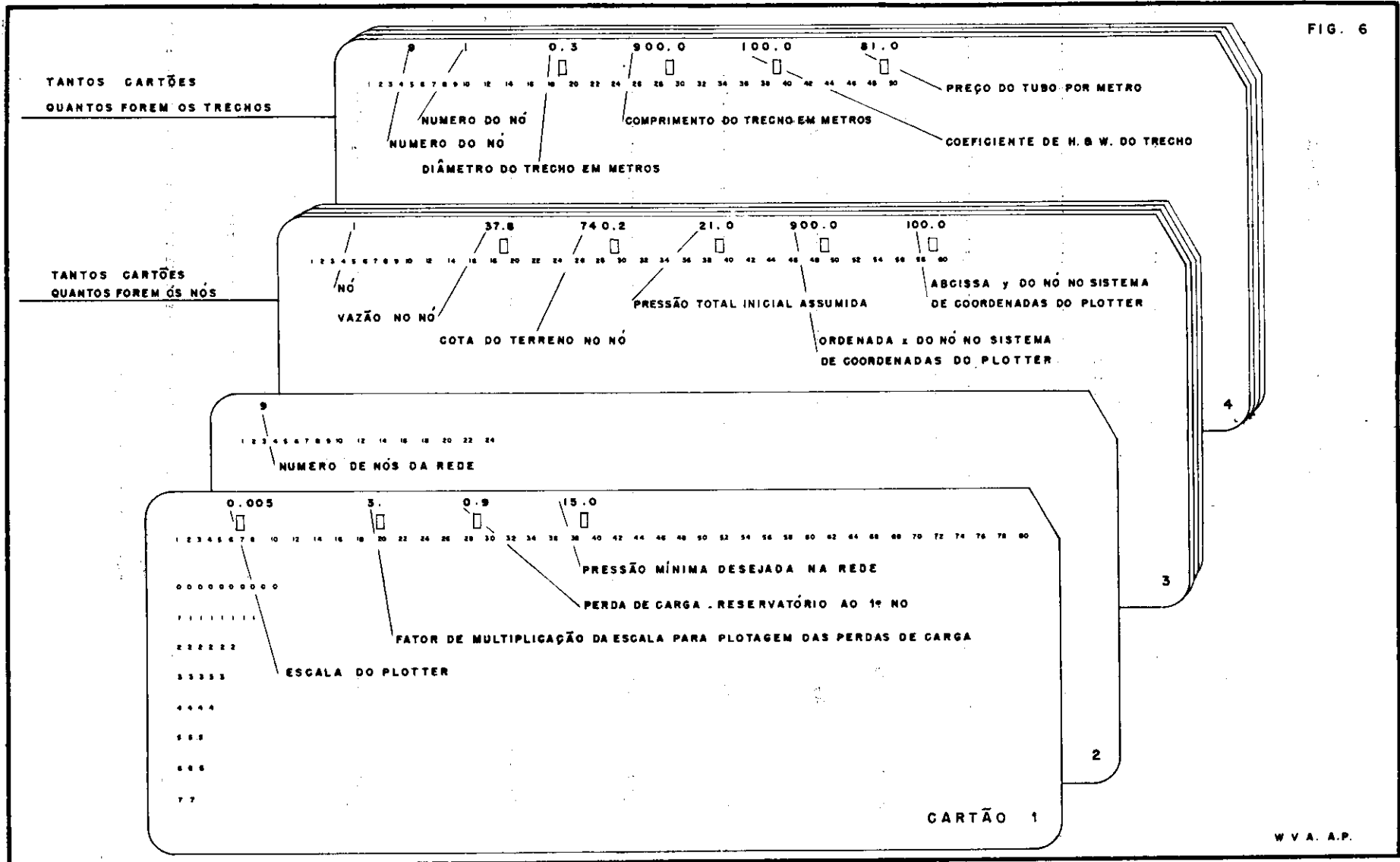


TABELA DE DADOS DO PROBLEMA EXEMPLO

NÚMERO DE NÓS: 9

NÓ	DESCARGA (l/s)	COTA GEOMETR. DO NÓ (m)	PRESSÃO INICIAL ASSUMIDA (m)	COORDENADAS DOS NÓS (m)	
				X	Y
1	37,8	740,2	21,00	900,0	100,0
2	41,0	740,3	25,10	900,0	1.000,0
3	252,0	731,0	24,30	900,0	2.200,0
4	37,0	730,0	22,40	0	2.200,0
5	0	735,0	20,10	0	1.600,0
6	25,2	730,0	21,30	-450,0	1.600,0
7	9,5	735,0	23,70	-450,0	1.300,0
8	31,5	734,2	20,70	0	1.300,0
9	0	750,2	25,10	0	100,0

T R E C H O		DIAMETRO DO TRECHO (mm)	COMPRIMENTO DO TRECHO (m)	COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS	CUSTO EM NCR\$ DE CANALIZAÇÃO*
INÍCIO	FIM				
9	1	0,300	900,0	100,0	81,00
1	2	0,300	900,0	100,0	81,00
2	3	0,300	1.200,0	100,0	81,00
3	4	0,300	900,0	100,0	81,00
2	8	0,250	960,0	100,0	63,00
5	4	0,350	600,0	100,0	101,00
8	5	0,350	300,0	100,0	101,00
6	5	0,200	450,0	100,0	47,00
7	6	0,200	300,0	1.000,0	47,00
8	7	0,200	450,0	100,0	47,00
9	8	0,400	1.200,0	100,0	116,00

* INCLUINDO ASSENTAMENTO

RESULTADOS OBTIDOS COM O PROGRAMA

Fig. 8

PREÇO DAS CANALIZACOES DA REDE EM CRUZEIROS NOVOS = 662880.12

TRECHO		VAZAO
MONTANTE	JUZANTE	(L/S)
1	2	108.79
9	1	146.57
2	3	123.27
8	2	55.48
4	3	128.64
5	4	166.41
5	6	6.41
8	5	172.72
7	6	18.76
8	7	28.25
9	8	287.94

COTA DO RESERVATORIO = 795.4

NO	PERDAS(NO-R)	LIN PIEZ	COT TER	PRES DISP
1	19.9	775.4	740.2	35.2
2	30.9	764.4	740.3	24.1
3	49.4	746.0	731.0	15.0
4	34.4	760.9	730.0	30.9
5	26.8	768.5	735.0	33.5
6	27.0	768.3	730.0	38.3
7	26.0	769.4	735.0	34.4
8	22.7	772.6	734.2	38.4
9	0.9	794.5	750.2	44.3

Fig. 9

PERSPECTIVA DO GRADIENTE HIDRAULICO

