

ESTUDO DE PROBLEMAS DE PERCOLAÇÃO EM
MACIÇOS PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS
FINITOS COM RECURSO A TÉCNICAS
EFICIENTES DE SOLUÇÃO E DE MODELAÇÃO
DAS CONDIÇÕES DE FRONTEIRA.

Cláudia Tavares



PARECER

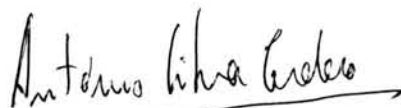
Tendo acompanhado de perto o estágio PRODEP nº 2.15 - FEUP/4.3/7/5/92/93 realizado no IC-Instituto da Construção por CLÁUDIA DOS SANTOS TAVARES DA CONCEIÇÃO, constatei que:

- 1º - O trabalho realizado no domínio do Estudo da Percolação em Maciços usando o Método dos Elementos Finitos é de bom nível, tendo dotado o IC de ferramentas de cálculo úteis e potentes;
- 2º - A estagiária mostrou dedicação ao trabalho e capacidade suficiente para o realizar.

Pode pois concluir-se que a estagiária desenvolveu um trabalho positivo e com interesse para o IC.

Porto e Faculdade de Engenharia. 29 de Novembro de 1993

O ORIENTADOR PELO IC



António Silva Cardoso
(Professor Auxiliar)



UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
GEOTECNIA

PARECER

O presente Parecer diz respeito ao ESTÁGIO PRODEP nº 2.15 - FEUP/4.3/7/5/92/93 realizado por CLÁUDIA MARQUES DOS SANTOS TAVARES DA CONCEIÇÃO no IC-Instituto da Construção.

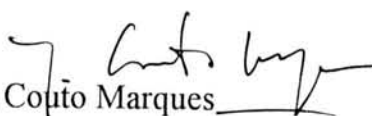
O estágio efectuado teve como tema o Estudo da Percolação em Maciços pelo Método dos Elementos Finitos.

Foi expandido um programa bidimensional de elementos finitos com a inclusão de técnicas eficientes de solução do sistema de equações e de modelação das condições fronteira.

O estagiário cumpriu cabalmente os objectivos propostos, tendo o trabalho atingido bom nível científico.

Porto e Faculdade de Engenharia, 26 de Novembro de 1993

O ORIENTADOR DO ESTÁGIO POR PARTE DA FEUP


José Couto Marques
(Professor Auxiliar)

O Orientador

J. L. L. L.

ESTUDO DE PROBLEMAS DE PERCOLAÇÃO EM
MACIÇOS PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS
FINITOS COM RECURSO A TÉCNICAS
EFICIENTES DE SOLUÇÃO E DE MODELAÇÃO
DAS CONDIÇÕES DE FRONTEIRA.

Cláudia Tavares

Ano lectivo 92/93

INTRODUÇÃO

Neste trabalho são apresentados dois blocos. A primeira parte consiste na resolução de sistemas de equações lineares pelo método de Gauss com recursos a técnicas eficientes de armazenamento da matriz dos coeficientes. A segunda parte consiste na resolução de problemas de percolação em regime permanente pelo método dos elementos finitos com recurso a elementos infinitos.

1ª PARTE

Resolução de sistemas de equações lineares pelo método de Gauss com recurso a técnicas eficientes de armazenamento da matriz dos coeficientes.

Índice:

1. Introdução e objectivo
2. Listagens das subrotinas do programa PORTIC alterado
3. Verificação dos resultados do programa

1. Introdução e objectivo

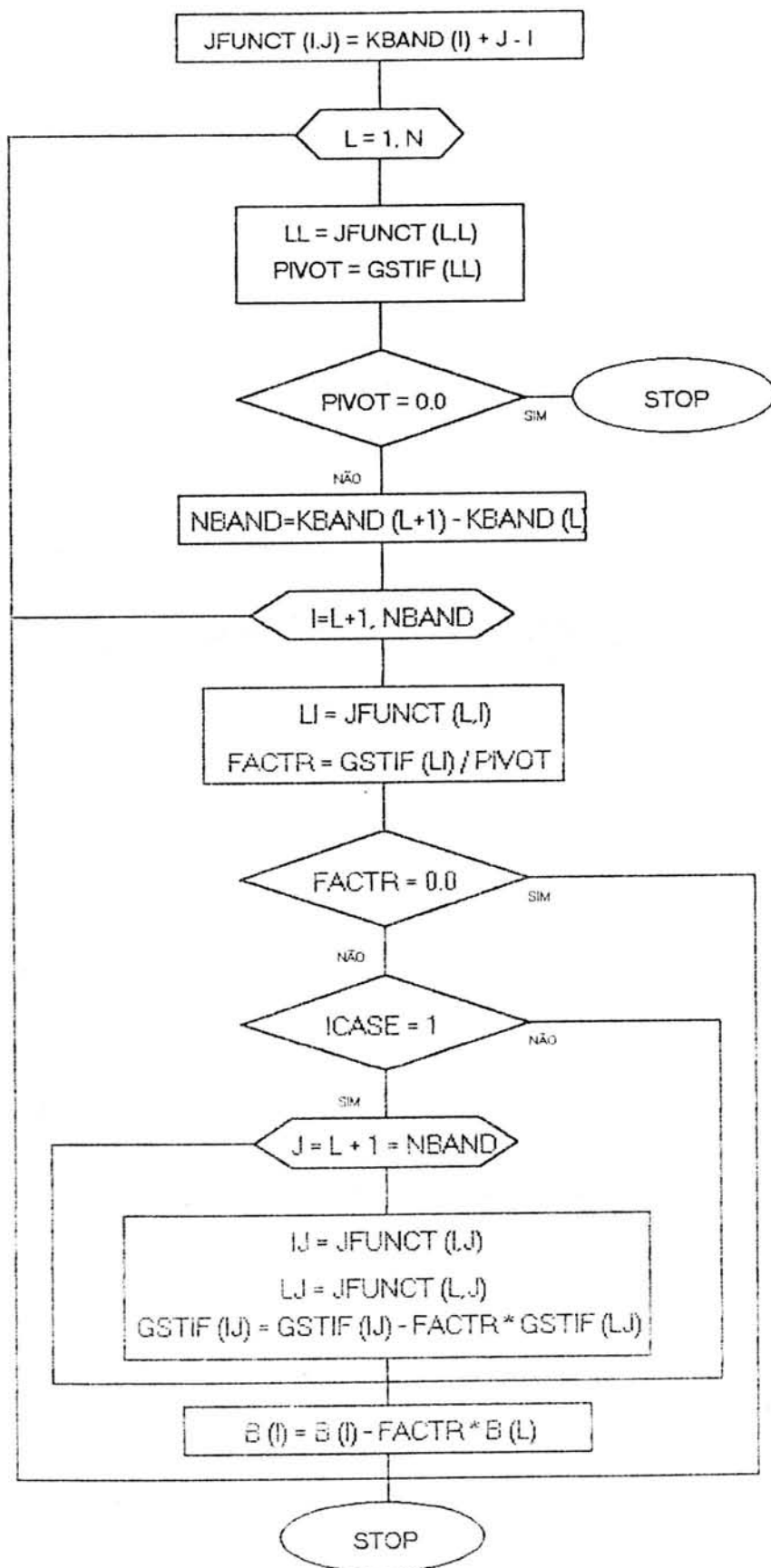
O programa **Portic** é um programa de cálculo de esforços em estruturas porticadas planas, que recorre ao método de Gauss para resolver o sistema de equações formado pela matriz de rigidez das estrutura e pelos vectores de solicitação que lhe correspondem. A subrotina que se encarrega desta resolução, a subrotina **Gauss**, resolve o sistema de equações com base numa matriz de coeficientes não simétrica, e cheia. Ora, a matriz de rigidez de uma qualquer estrutura é, por definição, simétrica. Se, por outro lado, formos cuidadosos na atribuição dos números a que correspondem os vários nós da estrutura, os elementos da matriz de rigidez serão substancialmente reduzidos. Esta redução deve-se ao facto de as posições dos graus de liberdade correspondentes a cada nó estarem relacionados com o numero atribuído ao próprio nó assim como com os vários nós a que ele está ligado. Se considerarmos uma estrutura com 20 nós, e o nó 1 estiver ligado apenas ao nó 2, das 60 posições (no caso plano) da primeira linha da matriz de rigidez, apenas as 6 primeiras estão ocupadas. Assim, ficam 54 posições guardadas em memória desnecessariamente. Como solução armazenamos apenas uma banda da matriz de rigidez que compreende as posições de cada linha desde a diagonal principal (recorde-se que a matriz é simétrica) até ao ultimo elemento não nulo. Como é obvio, esta semi-banda terá uma largura diferente para cada linha da matriz de rigidez. Este processo obriga a que a matriz de rigidez tenha largura igual á maior das larguras das várias linhas que a constituem. Mas, se armazenarmos a semi-banda das várias linhas num "vector de rigidez", acompanhado de um apontador, aumentamos substancialmente a economia de espaço bem como de tempo.

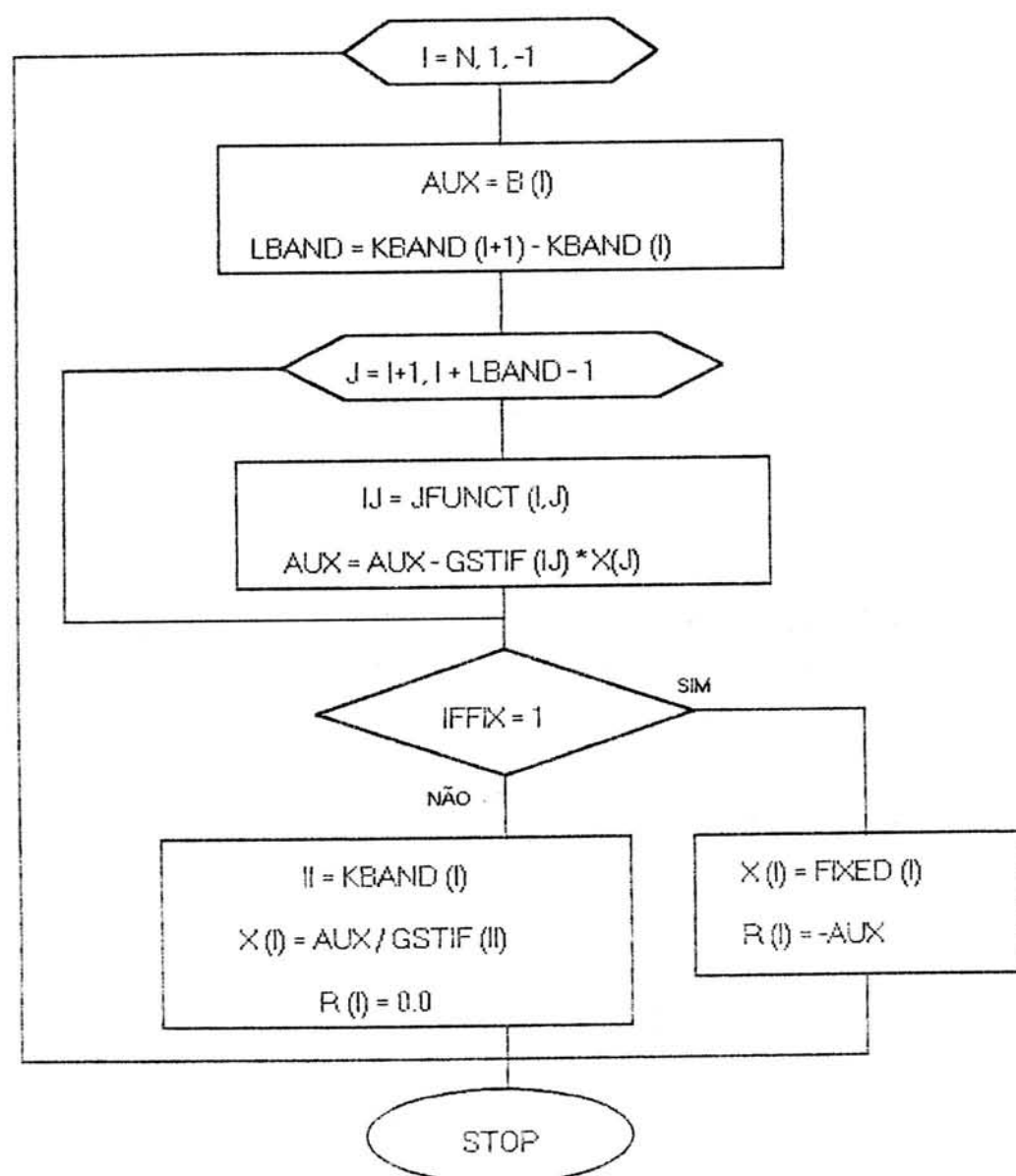
Com este trabalho pretende-se reduzir substancialmente o tempo de execução do programa **Portic**, bem como o espaço necessário de memória RAM para o executar. Pretende-se tirar partido da simetria da matriz de rigidez, bem como da existência de uma semi-banda não nula de largura variável em cada linha da matriz. Assim, os elementos não nulos da matriz de rigidez vão ser armazenados num vector.

A subrotina **Input2** foi alterada de modo a se criar uma subrotina **SBandV**, que calcula, numa primeira fase a largura real e corrigida (a largura da semi-banda deve ser corrigida de modo a que cada linha não tenha uma largura inferior à largura da linha anterior reduzida de uma posição. Isto porque quando se efectua a redução de

Gauss, ao somar ordenadamente duas linhas consecutivas a linha inferior deve ter posições suficientes para guardar os elementos da linha anterior) de cada uma das linhas da matriz de rigidez, e posteriormente armazena num vector a posição de cada elemento da diagonal principal da matriz de rigidez no vector que vai armazenar os seus elementos. A subrotina **Stifpt** foi alterada de modo a endereçar para um vector os elementos de rigidez no espalhamento das várias matrizes de rigidez de cada elemento, e não para uma matriz. Nesta subrotina ficamos com um vector global de rigidez. Finalmente, a subrotina **Gauss** foi transformada de modo a resolver os sistemas de equações com a matriz dos coeficientes simétrica e com armazenamento da semi-banda não nula do triângulo superior da matriz em vector. O método de redução e retrossubstituição de Gauss foi mantido, e foram acrescentadas funções de conversão dos endereços da matriz de rigidez para o vector.

A seguir, apresentam-se os fluxogramas da nova rotina **Gauss**, correspondentes à redução e retrossubstituição de Gauss.





2. Listagens das subrotinas do programa PORTIC alterado

```
C*** INTERFACES PARA ACEDER AOS COMANDOS "DATE" E "TIME" DO MSDOS***
C
      interface to subroutine time (n,str)
      character*10 str [near,reference]
      integer*2 n [value]
      end
C
      interface to subroutine date (n,str)
      character*10 str [near,reference]
      integer*2 n [value]
      end
C
      PROGRAM PORTIC
C*****
C
C**** PROGRAMA PARA A ANALISE DE PORTICOS PLANOS
C
C**** 1990.10.14 * JCM *****
$debug
$large
      IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
      CHARACTER*12 FILEI, FILEO
      character*10 stime, sdate
C
C*** DEFINICAO DE VARIAVEIS ASSOCIADAS COM O DIMENSIONAMENTO DINAMICO
C
      PARAMETER (MPOIN = 70, MELEM = 45, MMATS = 20, MCASE = 10,
      .          NNODE = 2, NDOFN = 3, NDIME = 2, NPROP = 5,
      .          NEVAB = NNODE*NDOFN, MTOTV = MPOIN*NDOFN,
      .          MVECT = MTOTV*MTOTV*2/10)
C
      DIMENSION MATNO(MELEM), TLENG(MELEM), LNODS(NNODE,MELEM),
      .          ANGLE(MELEM), KBAND(MTOTV), ELOAD(NEVAB,MELEM),
      .          CLOAD(NEVAB,MELEM)
C
      DIMENSION COORD(NDIME,MPOIN)
C
      DIMENSION IFFIX(MTOTV), GLOAD(MTOTV), GSTIF(MVECT),
      .          DDISP(MTOTV), REACT(MTOTV), FIXED(MTOTV),
      .          CDISP(MTOTV), CREAC(MTOTV)
C
      DIMENSION PROPS(NPROP,MMATS)
C
      DIMENSION CFACT(MCASE)
C
C*** ABERTURA DE CANAIS DE LEITURA E ESCRITA
C
1000 WRITE (*, '(A)') ' NOME DO FICHEIRO DE DADOS ? '
```

```

C
WRITE (",") ' * Calculo dos esforcos nos extremos das barras'
CALL FORCES (NELEM, NNODE, NEVAB, NDOFN, DDISP, LNODS,
             ELOAD, NTOTV, ICASE, NCOMB, REACT)
C
C*** ESCRITA DOS RESULTADOS FINAIS
C
WRITE (",") ' * Escrita de resultados do caso de carga'
CALL OUTPUT (NELEM, NPOIN, NDOFN, DDISP, NTOTV, NNODE,
             IFFIX, REACT, LNODS, NEVAB, ELOAD)
100 CONTINUE
CLOSE (1)
C
C*** COMBINACAO DE ACCOES
C
IF (NCOMB.NE.0) THEN
  WRITE (",") '*** Calculo das combinacoes'
  CALL COMBIN (NCOMB, NCASE, CFACT, NTOTV, CDISP, CREAC,
              CLOAD, NELEM, NEVAB, DDISP, REACT, ELOAD,
              NPOIN, NDOFN, IFFIX, LNODS, NNODE)
ENDIF
C
C*** FECHO DE CANAIS DE LEITURA E ESCRITA
C
CLOSE (5)
CLOSE (6)
C
STOP ' *** STOP - fim de execucao.'
END

```

NPROP, NNODE, NDOFN, NDIME, NEVAB, NTOTV,
MELEM, MPOIN, MMATS, MCASE)

```

C
C
C*** LÊ OS PARAMETROS DE CONTROLE, VERIFICA AS DIMENSÕES DO PROBLEMA
C
C**** 1989.10.14 * JCM *****
Sdebug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  CHARACTER TITLE(3)*78
C
C*** TITULO DO PROBLEMA
C
  WRITE (6,'(1X,78(" "))')
  READ (5,'(A)') (TITLE(I),I=1,3)
  WRITE (6,'(1X,A)') (TITLE(I),I=1,3)
  WRITE (6,'(1X,78(" "))')
C
C*** PARAMETROS DE CONTROLE
C
  READ (5,*) NPOIN,NELEM,NVFIX,NMATS,NCASE,NCOMB
C
  NTOTV = NPOIN*NDOFN
C
  WRITE (6,901) NPOIN,NELEM,NVFIX,NMATS,NPROP,NNODE,NDOFN,NDIME,
    NEVAB,NTOTV,NCASE,NCOMB
901 FORMAT(/' *** PARAMETROS DE CONTROLE',
  /'  Nº. total de nós              (NPOIN) =',I5,
  /'  Nº. total de barras           (NELEM) =',I5,
  /'  Nº. de nós ligados ao exterior (NVFIX) =',I5,
  /'  Nº. de materiais              (NMATS) =',I5,
  /'  Nº. de propriedades/material  (NPROP) =',I5,
  /'  Nº. de nós/barra              (NNODE) =',I5,
  /'  Nº. de graus de liberdade/nó  (NDOFN) =',I5,
  /'  Nº. de coordenadas/nó         (NDIME) =',I5,
  /'  Nº. de variáveis/barra         (NEVAB) =',I5,
  /'  Nº. total de variáveis         (NTOTV) =',I5,
  /'  Nº. de casos de carga          (NCASE) =',I5,
  /'  Nº. de combinações            (NCOMB) =',I5)
C
C*** VERIFICACAO DOS DADOS
C
  CALL CHECK1 (NPOIN, NELEM, NNODE, NVFIX, NMATS, MELEM,
    MPOIN, MMATS, NCASE, MCASE)
C
  RETURN
END
I

```

```

SUBROUTINE CHECK1 (NPOIN, NELEM, NNODE, NVFIX, NMATS, MELEM,
  MPOIN, MMATS, NCASE, MCASE)
C*****
C
C*** VERIFICA OS PARAMETROS DE CONTROLE
C
C**** 1990.10.14 * JCM *****
$debug
$large
  WRITE (6,800)
800  FORMAT(/' *** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "CHECK1" :')
C
  NERRO = 0
  IF (NPOIN.LE.0)      NERRO = 1
  IF (NELEM.LE.0)      NERRO = 1
  IF (NELEM*NNODE.LT.NPOIN)  NERRO = 1
  IF (NVFIX.LT.1.OR.NVFIX.GT.NPOIN) NERRO = 1
  IF (NMATS.LT.1.OR.NMATS.GT.NELEM) NERRO = 1
  IF (NCASE.LE.0)      NERRO = 1
  IF (NCOMB.LT.0)      NERRO = 1
C
  IF (NERRO.EQ.1) WRITE (6,810)
810  FORMAT(' *** H  erros nos parâmetros de controle !')
C
  JERRO = 0
  IF (NELEM.GT.MELEM) THEN
    WRITE (6,910) NELEM,MELEM
    JERRO = JERRO+1
  ENDIF
910  FORMAT(' *** NELEM (= ',I3,' ) > MELEM (= ',I3,' )')
C
  IF (NPOIN.GT.MPOIN) THEN
    WRITE (6,920) NPOIN,MPOIN
    JERRO = JERRO+1
  ENDIF
920  FORMAT(' *** NPOIN (= ',I3,' ) > MPOIN (= ',I3,' )')
C
  IF (NMATS.GT.MMATS) THEN
    WRITE (6,930) NMATS,MMATS
    JERRO = JERRO+1
  ENDIF
930  FORMAT(' *** NMATS (= ',I3,' ) > MMATS (= ',I3,' )')
C
  IF (NCASE.GT.MCASE) THEN
    WRITE (6,940) NCASE,MCASE
    JERRO = JERRO+1
  ENDIF
940  FORMAT(' *** NCASE (= ',I3,' ) > MCASE (= ',I3,' )')
C
  IF (JERRO.NE.0) WRITE (6,950) JERRO
950  FORMAT(' *** Foram excedidas ',I3,' dimensões máximas !')
C
  IF (NERRO.EQ.0.AND.JERRO.EQ.0) THEN
    WRITE (6,960)
  ELSE

```

```

        STOP ' *** STOP na subrotina CHECK1'
    ENDIF
960  FORMAT(' *** Nlo foram detectados erros nos parâmetros de',
        ' controle')
C
    RETURN
END

```

```

SUBROUTINE INPUT2 (NPOIN, NELEM, NVFIX, NMATS, COORD, TLENG,
.      NNODE, NDOFN, LNODS, NTOTV, ANGLE, PROPS,
.      NPROP, NDIME, IFFIX, MATNO, KBAND, NVECT,
.      MVECT)
C-----
C
C*** LE A TOPOLOGIA DA MALHA E AS CARACTERISTICAS DAS SECCOES-TIPO
C
C**** 1989.10.14 * JCM *****
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  DIMENSION MATNO(NELEM), LNODS(NNODE,NELEM),
.    IFFIX(NTOTV), COORD(NDIME,NPOIN),
.    TLENG(NELEM), PROPS(NPROP,NMATS),
.    ANGLE(NELEM), ICODE(3), KBAND(NTOTV)
C
C*** LEITURA DAS LIGACOES NODAIS DAS BARRAS E DO NUMERO DO MATERIAL
C
  WRITE (6,902)
902  FORMAT(/' ***** CARACTERISTICAS DAS BARRAS',
.    /' Barra Material Ext.1 Ext.2 ',
.    ' Barra Material Ext.1 Ext.2',/1X,30('Ä'),8X,30('Ä'))
C
  DO 100 IELEM = 1,NELEM
    READ (5,*) J,MATNO(J),(LNODS(I,J),I=1,NNODE)
100  CONTINUE
    NROWS = (NELEM+1)/2
    DO 110 IROWS = 1,NROWS
      I1 = IROWS
      I2 = MIN(I1+NROWS,NELEM)
      WRITE (6,903)(J,MATNO(J),(LNODS(I,J),I=1,NNODE),J=I1,I2,NROWS)
110  CONTINUE
903  FORMAT(2(I5,I9,5X,2I6,7X))
C
  CALL SBANDV (LNODS, KBAND, NNODE, NELEM, NTOTV, NDOFN, NVECT,
.    MVECT)
C*** LEITURA DAS COORDENADAS DOS NOS
C
  WRITE (6,904)
904  FORMAT(/' *** COORDENADAS NODAIS',
.    /'3X,'Nc',3X,'X(m)',8X,'Y(m)',17X,'Nc',9X,'X(m)',8X,'Y(m)',
.    /1X,29('Ä'),15X,29('Ä'))
C
  DO 200 IPOIN = 1,NPOIN
    READ (5,*) J,(COORD(I,J),I=1,NDIME)
200  CONTINUE
C
  NROWS = (NPOIN+1)/2
  DO 210 IROWS = 1,NROWS
    ICOL1 = IROWS
    ICOL2 = MIN(ICOL1+NROWS,NPOIN)
    WRITE (6,906)(J,(COORD(I,J),I=1,NDIME),J=ICOL1,ICOL2,NROWS)
210  CONTINUE
906  FORMAT(15,2X,F10,2,2X,F10,2,15X,15,2X,F10,2,2X,F10,2)
C

```

```

C*** LEITURA DAS LIGACOES AO EXTERIOR
C
  WRITE (6,907)
907  FORMAT(/' *** LIGAIOES AO EXTERIOR',
.      /' N $\phi$  C $\phi$ d.'/1X,14('Å'))
C
  DO 300 ITOTV = 1,NTOTV
    IFFIX(ITOTV) = 0
300  CONTINUE
C
  DO 320 IVFIX = 1,NVFIX
    READ (5,*) IPOIN,JCODE
    ICODE(1) = JCODE/100
    JCODE = JCODE-ICODE(1)*100
    ICODE(2) = JCODE/10
    ICODE(3) = JCODE-ICODE(2)*10
    WRITE (6,909) IPOIN,(ICODE(I),I=1,3)
909  FORMAT(15,6X,311)
C
    ITOTV = (IPOIN-1)*NDOFN
    DO 315 IDOFN = 1,NDOFN
      ITOTV = ITOTV+1
      IFFIX(ITOTV) = ICODE(IDOFN)
315  CONTINUE
320  CONTINUE
C
C*** LEITURA DAS PROPRIEDADES DAS SECCOES-TIPO
C
  WRITE (6,910)
910  FORMAT(/' ***** PROPRIEDADES DOS MATERIAIS',
.      /' Mat E B H lx A à ',
.      /' GPa cm cm cm4 cm2 /oC ',
.      /1X,51('Å'))
  DO 450 IMATS = 1,NMATS
    READ (5,*) NUMAT
    READ (5,*)(PROPS(I,NUMAT),I=1,NPROP)
C
    YOUNG = PROPS( 1,NUMAT)
    BLENG = PROPS( 2,NUMAT)
    HLENG = PROPS( 3,NUMAT)
    XINER = PROPS( 4,NUMAT)
    SAREA = PROPS( 5,NUMAT)
    ALFAT = PROPS( 6,NUMAT)
C
    IF (XINER.EQ.0.0) THEN
      XINER = BLENG*HLENG*HLENG*HLENG/12.
      PROPS(4,NUMAT) = XINER
    ENDIF
C
    IF (SAREA.EQ.0.0) THEN
      SAREA = BLENG*HLENG
      PROPS(5,NUMAT) = SAREA
    ENDIF
C
    WRITE (6,940) NUMAT,YOUNG*1.E-6,BLENG*1.E2,HLENG*1.E2,
      XINER*1.E8,SAREA*1.E4,ALFAT

```

```

940 FORMAT(I3.3F6.1,F13.1,F9.1,1PE9.2E1)
450 CONTINUE
C
C*** CALCULO DO COMPRIMENTO E INCLINACAO DAS BARRAS
C
DO 220 IELEM = 1,NELEM
  NODE1 = LNODS(1,IELEM)
  NODE2 = LNODS(2,IELEM)
  XLENG = COORD(1,NODE2)-COORD(1,NODE1)
  YLENG = COORD(2,NODE2)-COORD(2,NODE1)
  ELENG = SQRT(XLENG*XLENG+YLENG*YLENG)
  ANGLE(IELEM) = ACOS(XLENG/ELENG)*DSIGN(1.D0,SIN(YLENG/ELENG))
  TLENG(IELEM) = ELENG
220 CONTINUE
C
RETURN
END
I

```

```

SUBROUTINE SBANDV (LNODS, KBAND, NNODE, NELEM, NTOTV, NDOFN,
  NVECT, MVECT)
C*****
C
C*** CALCULA AS LARGURAS REAL E CORRIGIDA E DEFINE APONTADOR
C
C*****
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
C
  DIMENSION LNODS(NNODE, NELEM), KBAND(NTOTV)
C
C*** INICIALIZACAO DO VECTOR KBAND
C
  DO 100 ITOTV=1, NTOTV
    KBAND(ITOTV)=0
100  CONTINUE
C
C*** CALCULO DA LARGURA DAS LINHAS DA MATRIZ DE RIGIDEZ
C
  DO 200 IELEM=1, NELEM
    NO=0
    DO 300 J=1, NNODE
      KAUX0=LNODS(J,IELEM)
      IF (KAUX0.GT.NO) THEN
        NO=KAUX0
      ENDIF
300  CONTINUE
    KOLUNA=NO*NDOFN
    DO 200 L=1, NNODE
      IPOIN=LNODS(L,IELEM)
      ITOTV=(IPOIN-1)*NDOFN
      DO 200 IDOFN=1, NDOFN
        ITOTV=ITOTV+1
        KAUX3=KOLUNA-ITOTV+1
        IF (KAUX3.GT.KBAND(ITOTV)) THEN
          KBAND(ITOTV)=KAUX3
        ENDIF
      CONTINUE
    CONTINUE
200  CONTINUE
C
C*** CONTAGEM DAS LARGURAS INICIAIS PARA TRATAMENTO ESTATISTICO
C
  NBINI=0
  DO 350 ITOTV=1, NTOTV
    NBINI=NBINI+KBAND(ITOTV)
350  CONTINUE
C
C*** CALCULO DA LARGURA MAXIMA DA SEMI-BANDA
C
  MSBAN=0
  DO 380 ITOTV=1, NTOTV
    IF (KBAND(ITOTV).GT.MSBAN) THEN
      MSBAN=KBAND(ITOTV)
    ENDIF
380  CONTINUE

```

```

C
C*** CALCULO DA LARGURA CORRIGIDA DAS LINHAS DA MATRIZ DE RIGIDEZ
C
  DO 400 ITOTV=1, NTOTV-1
    LAUX1=ITOTV+1
    LAUX2=KBAND(ITOTV)-1
    IF (KBAND(LAUX1).LT.LAUX2) THEN
      KBAND(LAUX1)=LAUX2
    ENDIF
400  CONTINUE
C
C*** CONTAGEM DAS LARGURAS CORRIGIDAS PARA TRATAMENTO ESTATISTICO
C
  NBVAR=0
  DO 450 ITOTV=1, NTOTV
    NBVAR=NBVAR+KBAND(ITOTV)
450  CONTINUE
C
C*** FORMACAO DO VECTOR APONTADOR KBAND
C
  MAUX1=1
  DO 500 ITOTV=1,NTOTV
    MAUX2=KBAND(ITOTV)
    KBAND(ITOTV)=MAUX1
    MAUX1=MAUX2+MAUX1
500  CONTINUE
  NVECT=KBAND(NTOTV)
  IF(NVECT.GT.MVECT) THEN
    WRITE (6,1000) NVECT,MVECT
    STOP '*** stop na subrotina SBANDV '
  ENDIF
C
1000  FORMAT (' *** NVECT (= ',I3,' ) > MVECT (= ',I3,' )')
C
C*** ESTATISTICAS
C
  DIFZE = 6*NPOIN + 9*NELEM
  SBINI = NBINI
  SBVAR = NBVAR
  ZEROI = (SBINI-DIFZE)/SBINI*100.
  ZEROE = (SBVAR-DIFZE)/SBVAR*100.
  SBCON = NTOTV*MSBAN
  TRIAN = NTOTV*(NTOTV+1)/2
  SQUAR = NTOTV*NTOTV
  VALU1 = (1.-SBVAR/SBCON)*100.
  VALU2 = (1.-SBVAR/TRIAN)*100.
  VALU3 = (1.-SBVAR/SQUAR)*100.
C
  WRITE (6,900) NTOTV,MSBAN,NBINI,ZEROI,NBVAR,ZEROE,VALU1,VALU2,
    VALU3
900  FORMAT(' +-- SEMIBANDA VARIÁVEL ARMAZENADA EM VECTOR POR LINHAS'
    ,12(' '),'+',
    /' ',22x,'          número de linhas =',i9,' ',
    /' ',22x,'          largura máxima =',i9,' ',
    /' ',22x,' banda inicial + comprimento =',i9,' ',
    /' ',22x,'          + % de zeros =',f9.2,' ')

```

```

. /',22x,'banda efectiva + comprimento ='i9,' '.
. /',22x,'      + % de zeros ='f9.2,' '.
. /' -- Economia de espaço em relação a outras técnicas'.
. ',15('-'),'Á'.
. /',22x,'      banda constante * 'f5.2,' %'.
. ','.
. /',22x,'triângulo superior em vector * 'f5.2,' %'.
. ','.
. /',22x,'      armazenamento completo * 'f5.2,' %'.
. ','.
. /' +'.66('-'),'+'

```

C

```

RETURN
END

```

```

SUBROUTINE STIFPT (MATNO, PROPS, TLENG, ANGLE, LNODS, GSTIF,
NMATS, NPROP, NTOTV, NELEM, NNODE, NDOFN,
KBAND, NVECT)

```

```

C*****
C
C*** CALCULA A MATRIZ DE RIGIDEZ "STIFK" DE CADA BARRA NO REFERENCIAL
C GLOBAL E PROCEDE AO RESPECTIVO ESPALHAMENTO NA MATRIZ DE RIGIDEZ
C GLOBAL "GSTIF"
C
C**** 1990.10.14 * JCM *****
$debug
$large
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
C
DIMENSION MATNO(NELEM), TLENG(NELEM), PROPS(NPROP,NMATS),
ANGLE(NELEM), STIFK( 6, 6), LNODS(NNODE,NELEM),
GSTIF(NVECT), KBAND(NTOTV)
C
C*** INICIALIZACAO
C
DO 110 IBAND=1,NVECT
GSTIF(IBAND)=0.0
110 CONTINUE
C
C*** ABERTURA DE UM FICHEIRO AUXILIAR
C
OPEN (1, FORM='UNFORMATTED', STATUS='NEW')
C
C*** CICLO SOBRE AS BARRAS
C
DO 800 IELEM = 1,NELEM
C
C*** CARACTERISTICAS GEOMETRICAS E MATERIAIS DA BARRA
C
LPROP = MATNO(IELEM)
YOUNG = PROPS(1,LPROP)
XINER = PROPS(4,LPROP)
SAREA = PROPS(5,LPROP)
C
ELENG = TLENG(IELEM)
ALPHA = ANGLE(IELEM)
C
C*** VARIAVEIS AUXILIARES
C
FACT1 = 4.0*YOUNG*XINER/ELENG
FACT2 = 0.5*FACT1
FACT3 = (FACT1+FACT2)/ELENG
FACT4 = 2.0*FACT3/ELENG
FACT5 = YOUNG*SAREAELENG
C

```

C*** COEFICIENTES DA MATRIZ DE RIGIDEZ DA BARRA NO REFERENCIAL LOCAL

C

```
STIFK(1,1) = +FACT1
STIFK(1,2) = +FACT3
STIFK(1,3) = 0.0
STIFK(1,4) = +FACT2
STIFK(1,5) = -FACT3
STIFK(1,6) = 0.0
STIFK(2,1) = +FACT3
STIFK(2,2) = +FACT4
STIFK(2,3) = 0.0
STIFK(2,4) = +FACT3
STIFK(2,5) = -FACT4
STIFK(2,6) = 0.0
STIFK(3,1) = 0.0
STIFK(3,2) = 0.0
STIFK(3,3) = +FACT5
STIFK(3,4) = 0.0
STIFK(3,5) = 0.0
STIFK(3,6) = -FACT5
STIFK(4,1) = +FACT2
STIFK(4,2) = +FACT3
STIFK(4,3) = 0.0
STIFK(4,4) = +FACT1
STIFK(4,5) = -FACT3
STIFK(4,6) = 0.0
STIFK(5,1) = -FACT3
STIFK(5,2) = -FACT4
STIFK(5,3) = 0.0
STIFK(5,4) = -FACT3
STIFK(5,5) = +FACT4
STIFK(5,6) = 0.0
STIFK(6,1) = 0.0
STIFK(6,2) = 0.0
STIFK(6,3) = -FACT5
STIFK(6,4) = 0.0
STIFK(6,5) = 0.0
STIFK(6,6) = +FACT5
```

C

1

C*** CALCULO DE [K][T] E SUA ARMAZENAGEM (PARA USO POSTERIOR NO

C CALCULO DOS ESFORÇOS FINAIS NAS EXTREMIDADES DAS BARRAS)

C

```
IF (ALPHA.NE.0.0) CALL TMRX (ALPHA, STIFK, 6, 2)
WRITE (1) STIFK
```

C

1

C*** CALCULO DE [T][K][T]

C

```
IF (ALPHA.NE.0.0) CALL TMRX (ALPHA, STIFK, 6, 1)
```

C

C*** ESPALHAMENTO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DA BARRA JA NO REFERENCIAL

C GLOBAL E ARMAZENAMENTO EM VECTOR

C

```
IEVAB = 0
DO 200 INODE = 1, NNODE
  IPOIN = LNODS(INODE, IELEM)
  ITOTV = (IPOIN-1)*NDOFN
```

```

DO 200 IDOFN = 1,NDOFN
  ITOTV = ITOTV+1
  IEVAB = IEVAB+1
  JEVAB = 0
DO 200 JNODE = 1,NNODE
  JPOIN = LNODS(JNODE,IELEM)
  JTOTV = (JPOIN-1)*NDOFN
DO 200 JDOFN = 1,NDOFN
  JTOTV = JTOTV+1
  JEVAB = JEVAB+1
  IF (JTOTV.GE.ITOTV) THEN
    KTOTV = KBAND(ITOTV)+JTOTV-ITOTV
    GSTIF(KTOTV) = GSTIF(KTOTV)+STIFK(IEVAB,JEVAB)
  ENDIF
200 CONTINUE
C
800 CONTINUE
C
  RETURN
END

```

SUBROUTINE TMATRX (ALPHA, ELMAT, NCOLS, NTASK)

```

C*****
C
C*** REALIZA OS PRODUTOS MATRICIAIS  $[M] = [T][M]$  (se NTASK = 1)
C
C       $[M] = [M][T]$  (se NTASK = 2)
C onde [M] é (6 x NCOLS)
C
C**** 1989.10.14 * JCM *****
$debug
$large
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION ELMAT(6,NCOLS)
C
SINAL = SIN(ALPHA)
COSAL = COS(ALPHA)
C
IF (NTASK.EQ.1) THEN
  DO 100 ICOLS = 1,NCOLS
    ELEM2 = ELMAT(2,ICOLS)
    ELEM3 = ELMAT(3,ICOLS)
    ELMAT(2,ICOLS) = ELEM2*COSAL-ELEM3*SINAL
    ELMAT(3,ICOLS) = ELEM2*SINAL+ELEM3*COSAL
    ELEM5 = ELMAT(5,ICOLS)
    ELEM6 = ELMAT(6,ICOLS)
    ELMAT(5,ICOLS) = ELEM5*COSAL-ELEM6*SINAL
    ELMAT(6,ICOLS) = ELEM5*SINAL+ELEM6*COSAL
  100 CONTINUE
ELSE
  DO 200 IROWS = 1,6
    ELEM2 = ELMAT(IROWS,2)
    ELEM3 = ELMAT(IROWS,3)
    ELMAT(IROWS,2) = ELEM2*COSAL-ELEM3*SINAL
    ELMAT(IROWS,3) = ELEM2*SINAL+ELEM3*COSAL
    ELEM5 = ELMAT(IROWS,5)
    ELEM6 = ELMAT(IROWS,6)
    ELMAT(IROWS,5) = ELEM5*COSAL-ELEM6*SINAL
    ELMAT(IROWS,6) = ELEM5*SINAL+ELEM6*COSAL
  200 CONTINUE
ENDIF
C
RETURN
END
I

```

```

SUBROUTINE LOADPT (NTOTV, GLOAD, FIXED, NELEM, NEVAB, ICASE,
.      NDOFN, LNODS, TLENG, MATNO, NPROP, PROPS,
.      NMATS, IFFIX, ANGLE, ELOAD, NNODE, REACT)
C*****
C
C*** CALCULA O VECOR DE SOLICITACAO
C
C**** 1990.10.14 * JCM *****
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  CHARACTER TITLE*78
  DIMENSION ANGLE(NELEM), MATNO(NELEM), PROPS(NPROP,NMATS),
.    FVECT( 3), GLOAD(NTOTV), ELOAD(NEVAB,NELEM),
.    PVECT( 6), FIXED(NTOTV), LNODS(NNODE,NELEM),
.    TLENG(NELEM), IFFIX(NTOTV),
.    REACT(NTOTV)
C
C*** INICIALIZACAO
C
  DO 110 ITOTV = 1,NTOTV
    GLOAD(ITOTV) = 0.0
    REACT(ITOTV) = 0.0
    FIXED(ITOTV) = 0.0
110 CONTINUE
C
  DO 120 IELEM = 1,NELEM
    DO 120 IEVAB = 1,NEVAB
      ELOAD(IEVAB,IELEM) = 0.0
120 CONTINUE
C
C*** TITULO DO CASO DE CARGA
C
  READ (5, '(A)') TITLE
  WRITE (6, 1010) ICASE, TITLE
1010 FORMAT(/'1X,78(***),/51X,2(***), ' Caso de carga n$.', I5, 1X, 2(***),
.    /51X, 28(***), /A78, /1X, 78(***))
C
C*** PARAMETROS DEFINIDORES DOS TIPOS DE CARGA
C
  READ (5, *) IPNOD, IPBAR, IDIST, ITERM, ISETL, IWRT
  WRITE (6, 1030) IPNOD, IPBAR, IDIST, ITERM, ISETL, IWRT
1030 FORMAT(/' *** PARAMETROS DE CONTROLE',
.    /' Carga concentrada nodal      (IPNOD)=' , I5,
.    /' Carga concentrada em barras  (IPBAR)=' , I5,
.    /' Carga distribuida trapezoidal (IDIST)=' , I5,
.    /' Carga tlrnica                (ITERM)=' , I5,
.    /' Assentamento de apoio       (ISETL)=' , I5,
.    /' Flag de escrita do vector de carga (IWRT)=' , I5)
C
C*** CARGAS CONCENTRADAS APLICADAS NOS NOS
C
  IF (IPNOD.EQ.0) GO TO 200
  READ (5, *) NPNOD
  WRITE (6, 1100) NPNOD
1100 FORMAT(/' *** CARGAS CONCENTRADAS NODAIS',

```

```

      /' N$.de nos carregados =',I4,
      /' N$.10X,'Mom(kN.m)',10X,'Fy(kN)',10X,'Fx(kN)',
      /3X,55('Å'))
C
DO 190 JPNOD = 1,NPNOD
  READ (5, *) IPOIN,(FVECT(IDOFN),IDOFN=1,NDOFN)
  WRITE (6,1130) IPOIN,(FVECT(IDOFN),IDOFN=1,NDOFN)
1130 FORMAT(2X,I5,3X,F15.2,1X,F15.2,1X,F15.2)
C
  ITOTV = (IPOIN-1)*NDOFN
  DO 180 IDOFN = 1,NDOFN
    ITOTV = ITOTV+1
    GLOAD(ITOTV) = GLOAD(ITOTV)+FVECT(IDOFN)
180  CONTINUE
190  CONTINUE
C
C*** CARGAS CONCENTRADAS APLICADAS NAS BARRAS
C
200 IF (IPBAR.EQ.0) GO TO 300
  READ (5, *) NPBAR
  WRITE (6,1210) NPBAR
1210 FORMAT(/' *** CARGAS CONCENTRADAS NAS BARRAS',
      /' N$.de cargas concentradas =',I5,
      /' Barra s(m)',10X,'P1(kN.m)',10X,'P2(kN)',
      /10X,'P3(kN)',/5X,65('Å'))
C
DO 230 JPBAR = 1,NPBAR
  READ (5, *) JELEM,SCORD,(FVECT(I),I=1,NDOFN)
  WRITE (6,1230) JELEM,SCORD,(FVECT(I),I=1,NDOFN)
1230 FORMAT(5X,I5,F9.2,8X,F10.2,6X,F10.2,6X,F10.2)
C
  T = TLENG(JELEM)
  A = SCORD
  B = T-A
  AL = A/T
  BL = B/T
  AL2 = AL*AL
  BL2 = BL*BL
  ABL = AL*BL
C
  PVECT(1) = FVECT(1)*(+2.*BL-3.*BL2) + FVECT(2)*(-A*BL2)
  PVECT(2) = FVECT(1)*(+6.*ABL/T) + FVECT(2)*(-BL2-2.*AL*BL2)
  PVECT(3) = FVECT(3)*(-BL)
  PVECT(4) = FVECT(1)*(+2.*AL-3.*AL2) + FVECT(2)*(+B*AL2)
  PVECT(5) = FVECT(1)*(-6.*ABL/T) + FVECT(2)*(-AL2-2.*BL*AL2)
  PVECT(6) = FVECT(3)*(-AL)
C
DO 220 IEVAB = 1,NEVAB
  ELOAD(IEVAB,JELEM) = ELOAD(IEVAB,JELEM) + PVECT(IEVAB)
220  CONTINUE
230  CONTINUE
C
C*** CARGAS DISTRIBUIDAS TRAPEZOIDAIS
C
300 IF (!DIST.EQ.0) GO TO 400
  READ (5, *) NDIST

```

```

WRITE (6,1310) NDIST
1310 FORMAT(/' *** CARGA DISTRIBUIDA TRAPEZOIDAL',
. /' N$.de barras carregadas =',I4,
. // ' Barra a(m) c(m)',7X,'Pn1(kN)',4X,
. 'Pn2(kN)',/5X,49('A'))
C
DO 390 JDIST = 1,NDIST
  READ (5, *) JELEM,A,C,PN1,PN2
  WRITE (6,1320) JELEM,A,C,PN1,PN2
1320 FORMAT(5X,I5,2F9.2,4X,F10.2,1X,F10.2)
C
DO 310 IEVAB = 1,NEVAB
  PVECT(IEVAB) = 0.0
310 CONTINUE
C
T = TLENG(JELEM)
B = T-A-C
IF (B.GT.0.0) THEN
C
  PN3 = (PN1+PN2)*0.5
  IF (PN3.NE.0.0) THEN
    A3 = A*A*A
    A4 = A*A3
    AB = A+B
    AB3 = AB*AB*AB
    AB4 = AB*AB3
    BC = B+C
    BC3 = BC*BC*BC
    BC4 = BC*BC3
    C3 = C*C*C
    C4 = C*C3
C
    PVECT(1) = -PN3*(T*(BC3-C3)/3.-(BC4-C4)/4.)
    PVECT(4) = +PN3*(T*(AB3-A3)/3.-(AB4-A4)/4.)
    PVECT(2) = -PN3*B*(B*0.5+C)
    PVECT(5) = -PN3*B
  ENDIF
C
  PN4 = PN1-PN3
  IF (PN4.NE.0.0) THEN
    B2 = B*B
    PB = PN4*B2/6.
C
    PVECT(1) = PVECT(1)-PB*((C*(A-C)+A*(T-A))+B2*0.1)
    PVECT(4) = PVECT(4)-PB*((A*(C-A)+C*(T-C))+B2*0.1)
    PVECT(2) = PVECT(2)-PB
  ENDIF
C
  T2 = T*T
  PVECT(1) = PVECT(1)/T2
  PVECT(4) = PVECT(4)/T2
  PVECT(2) = (PVECT(2)+PVECT(1)+PVECT(4))/T
  PVECT(5) = PVECT(5)-PVECT(2)
C
ENDIF
C

```

```

DO 380 IEVAB = 1,NEVAB
  ELOAD(IEVAB,JELEM) = ELOAD(IEVAB,JELEM) + PVECT(IEVAB)
380  CONTINUE
390  CONTINUE
C
C*** VARIACOES DE TEMPERATURA
C
400  IF (ITERM.EQ.0) GO TO 500
  READ (5, *) NTERM
  WRITE (6,1400) NTERM
1400  FORMAT(/' *** CARGA TERMICA'.
.      /'  N$.de barras com a clo tlr mica =' ,I4,
.      /'  Barra  It sup (oC)  It inf (oC)'.
.      /5X,39('A'))
C
DO 450 JTERM = 1,NTERM
  READ (5, *) JELEM,DTSUP,DTINF
  WRITE (6,1410) JELEM,DTSUP,DTINF
1410  FORMAT(5X,I5,2X,F12,1,5X,F12,1)
C
  LPROP = MATNO(JELEM)
  YOUNG = PROPS(1,LPROP)
  HLENG = PROPS(3,LPROP)
  XINER = PROPS(4,LPROP)
  SAREA = PROPS(5,LPROP)
  ALFAT = PROPS(6,LPROP)
C
  DTSTI = DTSUP-DTINF
  DELTM = (DTSUP+DTINF)*0.5
C
  IF (DTSTI.NE.0.0) THEN
    FORCE = YOUNG*XINER*ALFAT*DTSTI/HLENG
    JELEM) = ELOAD(1,JELEM) + FORCE
    ELOAD(4,JELEM) = ELOAD(4,JELEM) - FORCE
  ENDIF
C
  IF (DELM.NE.0.0) THEN
    FORCE = YOUNG*SAREA*ALFAT*DELM
    ELOAD(3,JELEM) = ELOAD(3,JELEM) + FORCE
    ELOAD(6,JELEM) = ELOAD(6,JELEM) - FORCE
  ENDIF
450  CONTINUE
C
C*** ASSENTAMENTOS DE APOIOS
C
500  IF (ISETL.EQ.0) GO TO 700
  READ (5, *) NSETL
  WRITE (6,1510) NSETL
1510  FORMAT(/' *** ASSENTAMENTOS DE APOIO'.
.      /'  N$.de nos com deslocamentos prescritos =' ,I4,
.      /'  Ne'.8X,'d1 ( o)'.7X,'d2(cm)'.7X,'d3(cm)'.
.      /5X,42('A'))
C
  GFACT = 57.2957795130833
  DO 520 JSETL = 1,NSETL
    READ (5, *) JPOIN,(FVECT(I),I=1,NDOFN)

```

```

WRITE (6,1520) JPOIN,FVECT(1)*GFACT,FVECT(2)*100.,FVECT(3)*100.
1520 FORMAT(2X,I5,3F13.2)
C
JTOTV = (JPOIN-1)*NDOFN
DO 510 IDOBN = 1,NDOFN
  JTOTV = JTOTV+1
  SETTL = FVECT(IDOBN)
  IF (SETTL.NE.0.0) THEN
    IF (IFFIX(JTOTV).NE.1) THEN
      WRITE (6,1530)
1530 FORMAT(/' *** STOP na subrotina "LOADPT" - assentamento ',
      'prescrito em gdl livre !')
      STOP ' O programa parou....'
    ELSE
      FIXED(JTOTV) = SETTL
    ENDIF
  ENDIF
510 CONTINUE
520 CONTINUE
C
C*** ESPALHAMENTO DA CONTRIBUICAO "ELOAD" DE CADA BARRA NO VECTOR
C DE SOLICITACAO GLOBAL "GLOAD"
C
700 DO 770 IELEM = 1,NELEM
  ALPHA = ANGLE(IELEM)
  DO 710 IEVAB = 1,NEVAB
    PVECT(IEVAB) = ELOAD(IEVAB,IELEM)
710 CONTINUE
C
IF (ALPHA.NE.0.0)
  CALL TMATRX (ALPHA, PVECT, 1, 1)
C
IEVAB = 0
DO 730 INODE = 1,NNODE
  IPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
  ITOTV = (IPOIN-1)*NDOFN
  DO 720 IDOBN = 1,NDOFN
    ITOTV = ITOTV+1
    IEVAB = IEVAB+1
    GLOAD(ITOTV) = GLOAD(ITOTV) - PVECT(IEVAB)
720 CONTINUE
730 CONTINUE
770 CONTINUE
C
C*** ESCRITA DO VECTOR DE SOLICITACAO GLOBAL
C
IF (IWRIT.EQ.1) THEN
  WRITE (6,1800)
1800 FORMAT(/' *** VECTOR DE SOLICITACAO')
  WRITE (6,1802) (ITOTV,GLOAD(ITOTV),ITOTV=1,NTOTV)
1802 FORMAT(5(I4,E11.3))
ENDIF
C
RETURN
END

```

```

C *****
C
C*** EFECTUA A REDUCAO E RETROSUBSTITUICAO DE GAUSS
C *MATRIZ DE COEFICIENTES SIMETRICA
C *ARMAZENAMENTO DA SEMI-BANDA DE LARGURA VARIAVEL EM VECTOR
C *SEM ESCOLHA DE PIVOT
C *VECTOR DAS INCOGNITAS COM COMPONENTES NAO LIVRE
C
C-----
Sdebug
$large
C
  IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
C
  DIMENSION GSTIF(NVECT), B(N), X(N), R(N), IFFIX(N), FIXED(N),
    KBAND(N)
C
C*** DEFINICAO DA FUNCAO DE TRANSFORMACAO DO ENDEREÇO DA MATRIZ PARA
C VECTOR
C
  JFUNCT(I,J)=KBAND(I)+J-I
C
C----- REDUCAO
C*** CICLO SOBRE AS EQUACOES
C
  DO 500 L = 1,N
    IF (L.NE.N) THEN
      NBAND=KBAND(L+1)-KBAND(L)
    ELSE
      NBAND=1
    ENDIF
C
C*** VARIAVEL LIVRE
C
  IF (IFFIX(L).NE.1) THEN
C
C*** VERIFICACAO DO PIVOT
    LL=KBAND(L)
    PIVOT = GSTIF(LL)
    IF (PIVOT.LT.1.E-10) THEN
      WRITE (6,900) PIVOT,L
900  FORMAT(/5X,' *** STOP na subrotina GAUSS : PIVOT =',E12.3,
        ' na equação nº:',I5)
      STOP ' *** STOP na subrotina GAUSS'
    ENDIF
    DO 190 I = L+1,L+NBAND-1
      LI=JFUNCT(L,I)
      FACTR = GSTIF(LI)/PIVOT
      IF (FACTR.NE.0.0) THEN
        IF (ICASE.EQ.1) THEN
          DO 180 J = I,L+NBAND-1
            IJ=JFUNCT(I,J)
            LJ=JFUNCT(L,J)
            GSTIF(IJ) = GSTIF(IJ)-FACTR*GSTIF(LJ)

```

```

180      CONTINUE
      ENDIF
      B(I) = B(I)-FACTR*B(L)
      ENDIF
190      CONTINUE
C
C*** VARIABEL NAO LIVRE
C
      ELSE
      DIFIX = FIXED(L)
      IF (DIFIX.NE.0.0) THEN
        DO 310 I = L,L+NBAND-1
          LI=JFUNCT(L,I)
          B(I) = B(I)-GSTIF(LI)*DIFIX
310      CONTINUE
        ENDIF
      ENDIF
500 CONTINUE
C..... RETROSUBSTITUICAO
C*** CICLO EM ORDEM INVERSA SOBRE AS EQUACOES REDUZIDAS
C
      DO 700 I = N,1,-1
        AUX = B(I)
        LBAND=KBAND(I+1)-KBAND(I)
        DO 600 J = I+1,I+LBAND-1
          IJ=JFUNCT(I,J)
          AUX = AUX-GSTIF(IJ)*X(J)
600      CONTINUE
C
        IF (IFFIX(I).NE.1) THEN
          II=KBAND(I)
          X(I) = AUX/GSTIF(II)
          R(I) = 0.0
        ELSE
          X(I) = FIXED(I)
          R(I) = -AUX
        ENDIF
700 CONTINUE
C
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE FORCES (NELEM, NNODE, NEVAB, NDOFN, DDISP, LNODS,
    ELOAD, NTOTV, ICASE, NCOMB, REACT)
C*****
C
C*** CALCULA OS ESFORÇOS FINAIS NAS EXTREMIDADES DAS BARRAS
C
C**** 1989.10.14 * JCM *****
$debug
$large
    IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
    DIMENSION DDISP(NTOTV), DVECT( 6), LNODS(NNODE,NELEM),
        REACT(NTOTV), STIFT( 6, 6), ELOAD(NEVAB,NELEM)
C
C    REWIND 1
C
C    DO 390 IELEM = 1,NELEM
        IEVAB = 0
        DO 310 INODE = 1,NNODE
            IPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
            ITOTV = (IPOIN-1)*NDOFN
            DO 310 IDOFN = 1,NDOFN
                ITOTV = ITOTV+1
                IEVAB = IEVAB+1
                DVECT(IEVAB) = DDISP(ITOTV)
310      CONTINUE
C
C        READ (1) STIFT
C
C        DO 320 JEVAB = 1,NEVAB
            FORCE = 0.0
            DO 315 JEVAB = 1,NEVAB
                FORCE = FORCE+STIFT(IEVAB,JEVAB)*DVECT(JEVAB)
315      CONTINUE
            ELOAD(IEVAB,IELEM) = ELOAD(IEVAB,IELEM)+FORCE
320      CONTINUE
390      CONTINUE
C
C*** ARMAZENAGEM DOS RESULTADOS DO CASO DE CARGA PARA COMBINAÇÃO
C
C    IF (NCOMB.NE.0) THEN
        IF (ICASE.EQ.1) OPEN (2, FORM='UNFORMATTED', STATUS='NEW')
        WRITE (2) DDISP,REACT,ELOAD
    ENDIF
C
C*** ESCRITA DE CABECALHO
C
C    WRITE (6,900) ICASE
900  FORMAT(/' ***** RESULTADOS FINAIS ',24(' '), ' CASO DE CARGA ',
    'N$',13,1X,6(' '))
C
C    RETURN
END

```

```

      ' Nc Md(kN.m) Vd(kN) Nd(kN)'.
      /5('Ä'),3X,33('Ä'),5X,33('Ä'))
C
DO 300 IELEM = 1,NELEM
  VECTR(1) = +ELOAD(1,IELEM)
  VECTR(2) = -ELOAD(2,IELEM)
  VECTR(3) = -ELOAD(3,IELEM)
  VECTR(4) = -ELOAD(4,IELEM)
  VECTR(5) = +ELOAD(5,IELEM)
  VECTR(6) = +ELOAD(6,IELEM)
  WRITE (6,950) IELEM, LNODS(1,IELEM), (VECTR(I), I=1,3),
    LNODS(2,IELEM), (VECTR(I), I=4,6)
300 CONTINUE
950 FORMAT(2I5,3F10.2,3X,I5,3F10.2)
C
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE OUTPUT (NELEM, NPOIN, NDOFN, DDISP, NTOTV, NNODE,
    IFFIX, REACT, LNODS, NEVAB, ELOAD)
C*****
C
C*** ESCRIBE DESLOCAMENTOS, REACOES E ESFORCOS NAS EXTREMIDADES DAS
C BARRAS
C
C**** 1989.10.14 * JCM *****
$debug
$large
    IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
    DIMENSION DDISP(NTOTV), IFFIX(NTOTV), LNODS(NNODE,NELEM),
        VECTR( 6), REACT(NTOTV), ELOAD(NEVAB,NELEM)
C
C*** DESLOCAMENTOS
C
    WRITE (6,900)
900  FORMAT(/3X,30('*'),' Deslocamentos ',30('*'),
    .      /' N° rot(°) dy(mm) dx(mm) ',
    .      /' N° rot(°) dy(mm) dx(mm)',
    .      /3X,33('Å'),9X,33('Å'))
C
    GFACT = 57.2957795130833
    NROWS = (NPOIN+1)/2
    DO 110 IROWS = 1,NROWS
        I1 = IROWS
        I2 = MIN(I1+NROWS,NPOIN)
        WRITE (6,910)(J,DDISP(J*NDOFN-2)*GFACT,DDISP(J*NDOFN-1)*1000,
            DDISP(J*NDOFN)*1000,J=I1,I2,NROWS)
110  CONTINUE
910  FORMAT(15,3F10.2,7X,15,3F10.2)
C
C*** REACOES
C
    WRITE (6,920)
920  FORMAT(/' ***** Reacões *****'
    .      /' N° M(kN.m) Ry(kN) Rx(kN)',3X,33('Å'))
C
    DO 220 IPOIN = 1,NPOIN
        ITOTV = (IPOIN-1)*NDOFN
        DO 200 IDOFN = 1,NDOFN
            ITOTV = ITOTV+1
            IF (IFFIX(ITOTV).NE.0) GO TO 210
200  CONTINUE
            GO TO 220
210  K1 = ITOTV-IDOFN+1
        K2 = K1+NDOFN-1
        WRITE (6,925) IPOIN,(REACT(I),I=K1,K2)
220  CONTINUE
925  FORMAT(15,3F10.2)
C
C*** ESFORCOS NAS EXTREMIDADES DAS BARRAS
C
    WRITE (6,930)
930  FORMAT(/1,25('*'),' Esforços (convenção de R.M.) ',24('*'),
    .      /' Barra N° Me(kN.m) Ve(kN) Ne(kN)',2X,

```

```

C
DO 220 IELEM = 1,NELEM
DO 220 IEVAB = 1,NEVAB
    CLOAD(IEVAB,IELEM) =
    CLOAD(IEVAB,IELEM) + FACTR*ELOAD(IEVAB,IELEM)
220    CONTINUE
225    CONTINUE
C
C*** ESCRITA DE RESULTADOS
C
    CALL OUTPUT (NELEM, NPOIN, NDOFN, CDISP, NTOTV, NNODE,
    IFFIX, CREAC, LNODS, NEVAB, CLOAD)
500 CONTINUE
C
    CLOSE (2)
C
    RETURN
END
I

```

```

SUBROUTINE COMBIN (NCOMB, NCASE, CFACT, NTOTV, CDISP, CREAC,
.      CLOAD, NELEM, NEVAB, DDISP, REACT, ELOAD,
.      NPOIN, NDOFN, IFFIX, LNODS, NNODE)
C*****
C
C*** COMBINA OS CASOS DE CARGA
C
C**** 1989.10.14 * JCM *****
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  CHARACTER TITLE*78
  DIMENSION CFACT(NCASE), VECTR( 6), ELOAD(NEVAB,NELEM),
.    CDISP(NTOTV), CREAC(NTOTV), CLOAD(NEVAB,NELEM),
.    DDISP(NTOTV), REACT(NTOTV), LNODS(NNODE,NELEM),
.    IFFIX(NTOTV)
C
C*** CICLO SOBRE AS COMBINACOES
C
  DO 500 ICOMB = 1,NCOMB
    READ (5,'(A)') TITLE
    WRITE (6, 1010) ICOMB, TITLE
1010 FORMAT(/1X,78(' '),/44X,2(' '), ' Combinalllo de acl"es n$.',I5,
.    1X, 2(' '),/44X,35(' '),/1X,A78,/1X,78(' '))
C
C*** LEITURA DOS PARAMETROS DE COMBINACAO
C
  READ (5, *) ( CFACT(I),I=1,NCASE)
  WRITE (6,1030)(I,CFACT(I),I=1,NCASE)
1030 FORMAT(/' *** Factores de carga',/7X,(5('(',I2,')='F6.3,4X)))
C
C*** INICIALIZACAO
C
  DO 100 ITOTV = 1,NTOTV
    CDISP(ITOTV) = 0.0
    CREAC(ITOTV) = 0.0
100  CONTINUE
C
  DO 110 IELEM = 1,NELEM
    DO 110 IEVAB = 1,NEVAB
      CLOAD(IEVAB,IELEM) = 0.0
110  CONTINUE
C
C*** CICLO SOBRE OS CASOS DE CARGA
C
  REWIND 2
C
  DO 225 ICASE = 1,NCASE
    READ (2) DDISP,REACT,ELOAD
    FACTR = CFACT(ICASE)
    IF (FACTR.EQ.0.0) GO TO 225
C
    DO 210 ITOTV = 1,NTOTV
      CDISP(ITOTV) = CDISP(ITOTV)+FACTR*DDISP(ITOTV)
      CREAC(ITOTV) = CREAC(ITOTV)+FACTR*REACT(ITOTV)
210  CONTINUE

```

3. VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS DO PROGRAMA

Apresentam-se a seguir os ficheiros de dados e de resultados do programa **Portic** original e alterado. Neste ultimo foi introduzida uma rotina que calcula a economia relativa da nova versão comparando-a com a versão original.

PORTIC - TESTE NO.1 - BARRA SIMPLEMENTE APOIADA

Varios casos de carga

2 1 2 1 5 0

1 1 1 2

1 0. 0.

2 1. 0.

1 011

2 010

1

29000000. .3 6 0 0 .00001

CARGA CONCENTRADA A 1/2 VAO

0 1 0 0 0 1

1

1 0.5 0.0 10. 0.

CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

0 0 1 0 0 1

1

1 0. 0. 10. 10.

VARIACAO UNIFORME DE TEMPERATURA

0 0 0 1 0 1

1

1 10. 10.

VARIACAO DIFERENCIAL DE TEMPERATURA

0 0 0 1 0 1

1

1 10. -10.

ASSENTAMENTO DE APOIO

0 0 0 0 1 1

1

1 0. .001 0.

```

***** Resultados obtidos com o PROGRAMA "PORTIC" [versão 5.10] *****
***** Ficheiro de dados : teste1.dat **** 12-17-92 *****
***** Ficheiro de resultados : teste2.res **** 02:26:31 *****

```

PORTIC - TESTE NO.1 - BARRA SIMPLEMENTE APOIADA

Varios casos de carga

Programa original

*** PARAMETROS DE CONTROLE

```

Nº. total de nós      (NPOIN) =  2
Nº. total de barras   (NELEM) =  1
Nº. de nós ligados ao exterior (NVFIX) =  2
Nº. de materiais     (NMATS) =  1
Nº. de propriedades/material (NPROP) =  6
Nº. de nós/barra     (NNODE) =  2
Nº. de graus de liberdade/nó (NDOFN) =  3
Nº. de coordenadas/nó (NDIME) =  2
Nº. de variáveis/barra (NEVAB) =  6
Nº. total de variáveis (NTOTV) =  6
Nº. de casos de carga (NCASE) =  5
Nº. de combinações   (NCOMB) =  0

```

*** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "CHECK1":

*** Não foram detectados erros nos parâmetros de controle

***** CARACTERISTICAS DAS BARRAS

Barra	Material	Ext.1	Ext.2	Barra	Material	Ext.1	Ext.2
1	1	1	2				

*** COORDENADAS NODAIS

Nó	X(m)	Y(m)	Nó	X(m)	Y(m)
1	.00	.00	2	1.00	.00

*** LIGAÇÕES AO EXTERIOR

Nó	Cód.
1	011
2	010

***** PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Mat	E	B	H	Ix	A	Ó
	GPa	cm	cm	cm4	cm2	/°C

1	29.0	30.0	60.0	540000.0	1800.0	1.00E-5
---	------	------	------	----------	--------	---------

** Caso de carga nº. 1 **

CARGA CONCENTRADA A 1/2 VAO

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
 Carga concentrada em barras (IPBAR)= 1
 Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 0
 Carga térmica (ITERM)= 0
 Assentamento de apoio (ISETL)= 0
 Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** CARGAS CONCENTRADAS NAS BARRAS

Nº.de cargas concentradas = 1

Barra	s(m)	P1(kN.m)	P2(kN)	P3(kN)
-------	------	----------	--------	--------

1	.50	.00	10.00	.00
---	-----	-----	-------	-----

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

1	.125E+01	2	.500E+01	3	.000E+00	4	-.125E+01	5	.500E+01
6	.000E+00								

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 1 *****

***** Deslocamentos *****

Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)	Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)
----	--------	--------	--------	----	--------	--------	--------

1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.00
---	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----

***** Reações *****

Nó	M(kN.m)	Ry(kN)	Rx(kN)
----	---------	--------	--------

1	.00	-5.00	.00
2	.00	-5.00	.00

***** Esforços (convenção de R.M.) *****

Barra	Nó	Me(kN.m)	Ve(kN)	Ne(kN)	Nó	Md(kN.m)	Vd(kN)	Nd(kN)
-------	----	----------	--------	--------	----	----------	--------	--------

1	1	.00	5.00	.00	2	.00	-5.00	.00
---	---	-----	------	-----	---	-----	-------	-----

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
 Carga concentrada em barras (IPBAR)= 0
 Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 1
 Carga térmica (ITERM)= 0
 Assentamento de apoio (ISETL)= 0
 Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** CARGA DISTRIBUIDA TRAPEZOIDAL

Nº.de barras carregadas = 1

Barra	a(m)	c(m)	Pn1(kN)	Pn2(kN)
1	.00	.00	10.00	10.00

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

1 .833E+00 2 .500E+01 3 .000E+00 4 -.833E+00 5 .500E+01
 6 .000E+00

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 2 *****

***** Deslocamentos *****

Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)	Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)
1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.00

***** Reacções *****

Nó	M(kN.m)	Ry(kN)	Rx(kN)
1	.00	-5.00	.00
2	.00	-5.00	.00

***** Esforços (convenção de R.M.) *****

Barra	Nó	Me(kN.m)	Ve(kN)	Ne(kN)	Nó	Md(kN.m)	Vd(kN)	Nd(kN)
1	1	.00	5.00	.00	2	.00	-5.00	.00

** Caso de carga nº. 3 **

VARIACAO UNIFORME DE TEMPERATURA

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
 Carga concentrada em barras (IPBAR)= 0
 Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 0
 Carga térmica (ITERM)= 1
 Assentamento de apoio (ISETL)= 0
 Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** CARGA TERMICA

Nº.de barras com acção térmica = 1

Barra	It sup (°C)	It inf (°C)
1	10.0	10.0

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

1 .000E+00 2 .000E+00 3 -.522E+03 4 .000E+00 5 .000E+00
 6 .522E+03

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 3 *****

***** Deslocamentos *****

Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)	Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)
1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.10

***** Reacções *****

Nó	M(kN.m)	Ry(kN)	Rx(kN)
1	.00	.00	.00
2	.00	.00	.00

***** Esforços (convenção de R.M.) *****

Barra	Nó	Me(kN.m)	Ve(kN)	Ne(kN)	Nó	Md(kN.m)	Vd(kN)	Nd(kN)
1	1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.00

** Caso de carga nº. 4 **

VARIACAO DIFERENCIAL DE TEMPERATURA

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
 Carga concentrada em barras (IPBAR)= 0
 Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 0
 Carga térmica (ITERM)= 1
 Assentamento de apoio (ISETL)= 0
 Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** CARGA TERMICA

Nº.de barras com acção térmica = 1

Barra	It sup (°C)	It inf (°C)
1	10.0	-10.0

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

1 -.522E+02 2 .000E+00 3 .000E+00 4 .522E+02 5 .000E+00
 6 .000E+00

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 4 *****

***** Deslocamentos *****

Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)	Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)
1	-.01	.00	.00	2	.01	.00	.00

***** Reacções *****

Nó	M(kN.m)	Ry(kN)	Rx(kN)
1	.00	.00	.00
2	.00	.00	.00

***** Esforços (convenção de R.M.) *****

Barra	Nó	Me(kN.m)	Ve(kN)	Ne(kN)	Nó	Md(kN.m)	Vd(kN)	Nd(kN)
1	1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.00

*** Caso de carga nº 5 ***

ASSENTAMENTO DE APOIO

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
 Carga concentrada em barras (IPBAR)= 0
 Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 0
 Carga térmica (ITERM)= 0
 Assentamento de apoio (ISETL)= 1
 Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** ASSENTAMENTOS DE APOIO

Nº.de nós com deslocamentos prescritos = 1

Nó	d1(°)	d2(cm)	d3(cm)
1	.00	.10	.00

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

1 .000E+00 2 .000E+00 3 .000E+00 4 .000E+00 5 .000E+00
 6 .000E+00

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 5 *****

***** Deslocamentos *****

Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)	Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)
1	-.06	1.00	.00	2	-.06	.00	.00

***** Reacções *****

Nó	M(kN.m)	Ry(kN)	Rx(kN)
1	.00	.00	.00
2	.00	.00	.00

***** Esforços (convenção de R.M.) *****

Barra	Nó	Me(kN.m)	Ve(kN)	Ne(kN)	Nó	Md(kN.m)	Vd(kN)	Nd(kN)
1	1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.00

```

***** Resultados obtidos com o PROGRAMA "PORTIC" [versão 5.10] *****
***** Ficheiro de dados :  TESTE1.DAT  **** 12-17-92 *****
***** Ficheiro de resultados : TESTE1.RES  **** 01:37:38 *****
*****

```

PORTIC - TESTE NO.1 - BARRA SIMPLEMENTE APOIADA

Varios casos de carga

Programa modificado

*** PARAMETROS DE CONTROLE

```

Nº. total de nós      (NPOIN) =  2
Nº. total de barras   (NELEM) =  1
Nº. de nós ligados ao exterior (NVFIX) =  2
Nº. de materiais      (NMATS) =  1
Nº. de propriedades/material (NPROP) =  6
Nº. de nós/barra      (NNODE) =  2
Nº. de graus de liberdade/nó (NDOFN) =  3
Nº. de coordenadas/nó (NDIME) =  2
Nº. de variáveis/barra (NEVAB) =  6
Nº. total de variáveis (NTOTV) =  6
Nº. de casos de carga (NCASE) =  5
Nº. de combinações    (NCOMB) =  0

```

*** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "CHECK1" :

*** Não foram detectados erros nos parâmetros de controle

***** CARACTERISTICAS DAS BARRAS

Barra Material Ext.1 Ext.2 Barra Material Ext.1 Ext.2

1 1 1 2

+-- SEMIBANDA VARIÁVEL ARMAZENADA EM VECTOR POR LINHAS -----+

```

!          número de linhas =   6 !
!          largura máxima =   6 !
!          banda inicial + comprimento =  21 !
!          + % de zeros =  57.14 !
!          banda efectiva + comprimento =  21 !
!          + % de zeros =  57.14 !

```

Ã-- Economia de espaço em relação a outras técnicas -----Ã

```

!          banda constante * 41.67 % !
!          triângulo superior em vector *  .00 % !
!          armazenamento completo * 41.67 % !

```

*** COORDENADAS NODAIS

Nó X(m) Y(m) Nó X(m) Y(m)

GPa cm cm cm4 cm2 /°C

1 29.0 30.0 60.0 540000.0 1800.0 1.00E-5

** Caso de carga nº. 1 **

CARGA CONCENTRADA A 1/2 VAO

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
Carga concentrada em barras (IPBAR)= 1
Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 0
Carga térmica (ITERM)= 0
Assentamento de apoio (ISETL)= 0
Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** CARGAS CONCENTRADAS NAS BARRAS

Nº.de cargas concentradas = 1

Barra	s(m)	P1(kN.m)	P2(kN)	P3(kN)
1	.50	.00	10.00	.00

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

1 .125E+01 2 .500E+01 3 .000E+00 4 -.125E+01 5 .500E+01
6 .000E+00

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 1 *****

***** Deslocamentos *****

Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)	Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)
1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.00

***** Reacções *****

Nó M(kN.m) Ry(kN) Rx(kN)

1	.00	-5.00	.00
2	.00	-5.00	.00

***** Esforços (convenção de R.M.) *****

Barra Nó Me(kN.m) Ve(kN) Ne(kN) Nó Md(kN.m) Vd(kN) Nd(kN)

1	1	.00	5.00	.00	2	.00	-5.00	.00
---	---	-----	------	-----	---	-----	-------	-----

***** ** Caso de carga nº. 2 ** *****

CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
 Carga concentrada em barras (IPBAR)= 0
 Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 1
 Carga térmica (ITERM)= 0
 Assentamento de apoio (ISETL)= 0
 Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** CARGA DISTRIBUIDA TRAPEZOIDAL

Nº.de barras carregadas = 1

Barra a(m) c(m) Pn1(kN) Pn2(kN)

1	.00	.00	10.00	10.00
---	-----	-----	-------	-------

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

1 .833E+00 2 .500E+01 3 .000E+00 4 -.833E+00 5 .500E+01
 6 .000E+00

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 2 *****

***** Deslocamentos *****

Nó rot(°) dy(mm) dx(mm) Nó rot(°) dy(mm) dx(mm)

1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.00
---	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----

***** Reacções *****

Nó M(kN.m) Ry(kN) Rx(kN)

1	.00	-5.00	.00
2	.00	-5.00	.00

***** Esforços (convenção de R.M.) *****

Barra	Nó	Me(kN.m)	Ve(kN)	Ne(kN)	Nó	Md(kN.m)	Vd(kN)	Nd(kN)
1	1	.00	5.00	.00	2	.00	-5.00	.00

 ** Caso de carga nº. 3 **

VARIACAO UNIFORME DE TEMPERATURA

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
 Carga concentrada em barras (IPBAR)= 0
 Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 0
 Carga térmica (ITERM)= 1
 Assentamento de apoio (ISETL)= 0
 Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** CARGA TERMICA

Nº.de barras com acção térmica = 1

Barra	It sup (°C)	It inf (°C)
1	10.0	10.0

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

1	.000E+00	2	.000E+00	3	-522E+03	4	.000E+00	5	.000E+00
6	.522E+03								

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 3 *****

***** Deslocamentos *****

Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)	Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)
1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.10

***** Reacções *****

Nó	M(kN.m)	Ry(kN)	Rx(kN)
1	.00	.00	.00
2	.00	.00	.00

```

***** Esforços (convenção de R.M.) *****
Barra  Nó  Me(kN.m)  Ve(kN)  Ne(kN)  Nó  Md(kN.m)  Vd(kN)  Nd(kN)
-----
1  1  .00  .00  .00  2  .00  .00  .00

```

 ** Caso de carga nº. 4 **

VARIACAO DIFERENCIAL DE TEMPERATURA

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
 Carga concentrada em barras (IPBAR)= 0
 Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 0
 Carga térmica (ITERM)= 1
 Assentamento de apoio (ISETL)= 0
 Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** CARGA TERMICA

Nº.de barras com acção térmica = 1

```

Barra  It sup (°C)  It inf (°C)
-----
1      10.0      -10.0

```

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

```

1 -.522E+02 2 .000E+00 3 .000E+00 4 .522E+02 5 .000E+00
6 .000E+00

```

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 4 *****

```

***** Deslocamentos *****
Nó  rot(°)  dy(mm)  dx(mm)  Nó  rot(°)  dy(mm)  dx(mm)
-----
1  -.01  .00  .00  2  .01  .00  .00

```

***** Reacções *****

```

Nó  M(kN.m)  Ry(kN)  Rx(kN)
-----
1  .00  .00  .00
2  .00  .00  .00

```

```

***** Esforços (convenção de R.M.) *****
Barra  Nó  Me(kN.m)  Ve(kN)  Ne(kN)  Nó  Md(kN.m)  Vd(kN)  Nd(kN)
-----

```

1 1 .00 .00 .00 2 .00 .00 .00

** Caso de carga nº. 5 **

ASSENTAMENTO DE APOIO

*** PARAMETROS DE CONTROLE

Carga concentrada nodal (IPNOD)= 0
Carga concentrada em barras (IPBAR)= 0
Carga distribuida trapezoidal (IDIST)= 0
Carga térmica (ITERM)= 0
Assentamento de apoio (ISETL)= 1
Flag de escrita do vector de carga (IWRIT)= 1

*** ASSENTAMENTOS DE APOIO

Nº.de nós com deslocamentos prescritos = 1

Nó	d1(°)	d2(cm)	d3(cm)
1	.00	.10	.00

*** VECTOR DE SOLICITAÇÃO

1 .000E+00 2 .000E+00 3 .000E+00 4 .000E+00 5 .000E+00
6 .000E+00

***** RESULTADOS FINAIS ***** CASO DE CARGA Nº 5 *****

***** Deslocamentos *****

Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)	Nó	rot(°)	dy(mm)	dx(mm)
1	-.06	1.00	.00	2	-.06	.00	.00

***** Reacções *****

Nó	M(kN.m)	Ry(kN)	Rx(kN)
1	.00	.00	.00
2	.00	.00	.00

***** Esforços (convenção de R.M.) *****

Barra	Nó	Me(kN.m)	Ve(kN)	Ne(kN)	Nó	Md(kN.m)	Vd(kN)	Nd(kN)
1	1	.00	.00	.00	2	.00	.00	.00

2ª PARTE

Resolução de problemas de Percolação em regime permanente pelo método dos elementos finitos com recurso a elementos infinitos.

INTRODUÇÃO

Neste trabalho, são apresentados dois exemplos de aplicação do programa Quasar. Este programa, destina-se à resolução de problemas planos regidos pela equação quase-harmonica pelo método dos elementos finitos. Dos vários fenómenos regidos por esta equação, interessa-nos para este trabalho, o fenómeno de percolação em maciços subjacentes a obras hidráulicas. Os resultados apresentados por este programa são listados num ficheiro de resultados.

O primeiro exemplo consiste na obtenção do traçado da rede de percolação (linhas de potencial e linhas de fluxo) num maciço homogéneo em torno de uma cortina de estacas prancha. O maciço em causa é simulado por elementos finitos de oito nós e de forma rectangular, agrupados de modo a ter em conta o efeito impermeável das estacas prancha. O programa Quasar fornece-nos o valor do potencial hidráulico nos nós dos elementos. Estes dados serão posteriormente tratados por um utilitário, e apresentados graficamente.

O segundo exemplo deste trabalho tem como objectivo o traçado da rede de percolação no maciço terroso que suporta a barragem de Crestuma, e esta dividido em duas partes. Ambas tratando o mesmo problema, servem-se contudo de versões distintas do programa Quasar.

Na primeira parte deste segundo exemplo, utiliza-se uma técnica em tudo análoga à do primeiro exemplo. A região do maciço subjacente à barragem é simulada por uma malha de elementos finitos também de oito nós e forma rectangular, criteriosamente ordenados de modo a simular a estanqueidade das cortinas e do fundo da barragem.

Os resultados apresentados pelo programa Quasar neste exemplo são contudo, insatisfatórios, pois no maciço adjacente aos elementos fronteira, a percolação (que de facto existe) não é avaliada. Assim, as linhas de corrente e os respectivos potenciais, tanto a montante como a jusante da malha de elementos finitos, não representam a realidade.

É com o objectivo de aperfeiçoar os resultados obtidos na primeira parte deste exemplo que se justifica esta segunda parte deste segundo trabalho. Como já foi dito, pretende-se avaliar toda a percolação sob a barragem através do maciço em causa. Assim, para representarmos as linhas de corrente e os respectivos potenciais, tanto a montante como a jusante da malha, vamos acrescentar à malha de elementos finitos, elementos chamados semi-infinitos, que serão colocados nas extremidades laterais da malha, de modo a conhecermos a percolação não só no maciço subjacente à obra, mas também no que a envolve. Como o próprio nome indica, estes elementos têm uma dimensão infinita, ou seja, os nós extremos desses elementos estão numa posição infinitamente afastada dos outros nós.

Estes elementos, fornecem-nos valores do potencial hidráulico em pontos suficientemente afastados da barragem, o que melhora substancialmente a qualidade dos resultados obtidos, pois permite que se desenhe de uma forma precisa a rede de percolação subjacente à obra em questão.

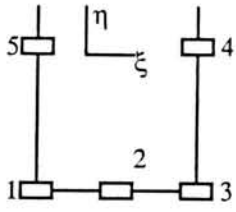
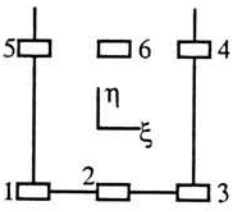
NOTA SOBRE A PROGRAMAÇÃO DE ELEMENTOS SEMI-INFINITOS

Os elementos semi-infinitos utilizados neste trabalho baseiam-se numa técnica simples de "mapping" análoga à utilizada nos elementos isoparamétricos mas recorrendo a dois tipos de funções de interpolação:

- a) a modelação da geometria é realizada com funções especiais de "mapping", M , adaptadas à natureza não finita do domínio do elemento;
- b) a interpolação da variável de campo é efectuada utilizando as funções de forma habituais, N .

Tal estratégia torna extremamente simples a incorporação destes elementos em programas de elementos finitos convencionais.

No quadro I são apresentadas as expressões das funções de "mapping", $M-M(\xi, \eta)$, para os elementos planos infinitos na direcção η positivo, com 5 e 6 nós.

	$M_1 = (1-\xi)(-1-\xi-\eta)/(1-\eta)$ $M_2 = (1-\xi^2)2/(1-\eta)$ $M_3 = (1+\xi)(-1+\xi-\eta)/(1-\eta)$ $M_4 = (1+\xi)(1+\eta)/[2(1-\eta)]$ $M_5 = (1-\xi)(1+\eta)/[2(1-\eta)]$
	$M_1 = (\xi^2-\xi)(-\eta)/(1-\eta)$ $M_2 = (1-\xi^2)-(-2\eta)/(1-\eta)$ $M_3 = (\xi^2+\xi)(-\eta)/(1-\eta)$ $M_4 = (\xi^2+\xi)(1+\eta)/[2(1-\eta)]$ $M_5 = (1-\xi^2)(1+\eta)/(1-\eta)$ $M_6 = (\xi^2-\xi)(1+\eta)/[2(1-\eta)]$

Sendo B a matriz deformação-deslocamento ($\xi=Bd$) e D a matriz das constantes elásticas ($\sigma=De$) a matriz de rigidez elementar é dada por $K^e = \int BDB \, dv$. Este integral, estendido ao volume v_e do elemento, é calculado numericamente pelo método de Gauss-Legendre. No caso do elemento semi-infinito são realizadas as seguintes operações, ao nível do ponto de integração de Gauss:

- calcular a posição $(\zeta_i ; y_j)$ e os pesos w_i, w_j do ponto de integração;
- calcular nesse ponto as funções de "mapping" $M(\zeta_i ; y_j)$ e as suas derivadas $\partial M / \partial \zeta$ e $\partial M / \partial y$;
- formar a matriz Jacobiana J a partir das derivadas $\partial x / \partial \zeta$, $\partial y / \partial \zeta$, $\partial x / \partial y$, $\partial y / \partial y$, onde $x = \sum M_k x_k$ e $y = \sum M_k y_k$, sendo k o número de nós utilizados para a interpolação da geometria;
- calcular o determinante da matriz J , $\det J$, bem como a sua inversa J^{-1} ;
- calcular as funções de interpolação $N(\zeta_i ; y_j)$ e as suas derivadas $\partial N / \partial \zeta$ e $\partial N / \partial y$;

- formar a matriz B utilizando estas derivadas cartesianas;
- formar a matriz D ;
- calcular a contribuição do ponto de Gauss corrente para a matriz de rigidez do elemento, dada por $B^T D B \cdot w_i \cdot w_j \cdot \det J$.

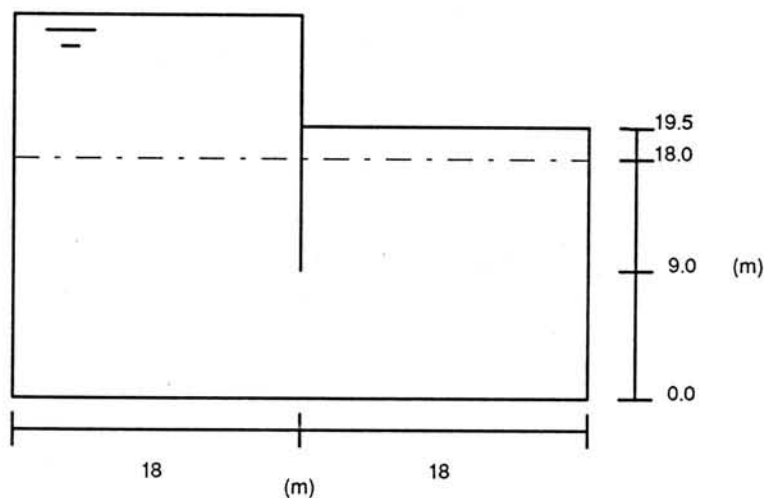
Em resumo, recorre-se às funções de "mapping" M , para relacionar as coordenadas locais do elemento com as globais no calculo da matriz Jacobiana J , cuja inversa J^{-1} é depois utilizada na obtenção das derivadas cartesianas das funções de forma N que vão integrar a matriz B .

ALTERAÇÕES AO PROGRAMA QUASAR

- Criação da variavel *NONOD* que contem informação sobre o numero de nós de cada elemento para distinguir entre elementos finitos e infinitos. Este vector é preenchido do ficheiro de dados juntamente com as outras características dos elementos.
- Nos parametros de controle a variavel *NNODE* que armazenava o numero de nos por elemento foi alterada para a variavel *NNODM* que contem o numero maximo de nos por elemento.
- Criação da sub-rotina *SHAPE3*, que calcula as funções de Mapping para os elementos infinitos.

1º EXEMPLO

- Geometria e dados do problema



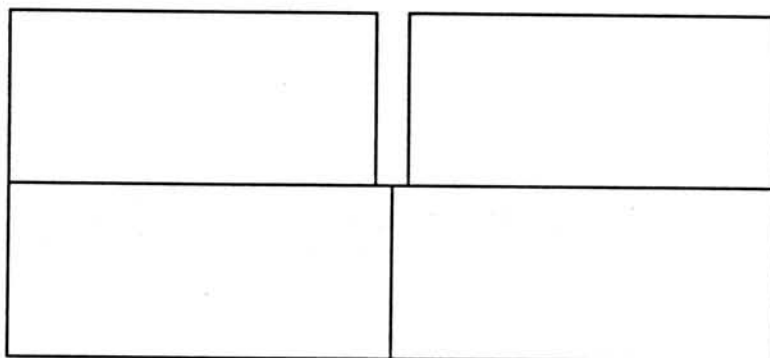
Trata-se, como a figura mostra, de uma cortina de estacas prancha

- Utilização do programa **GEN2D**

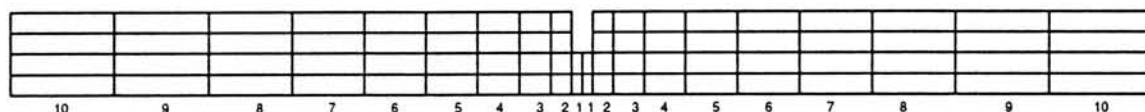
O programa **GEN2D** é um utilitário gerador de malhas que, com base na definição de macro blocos (conjuntos de elementos que formam um polígono regular) e das subdivisões pretendidas (tamanho de cada elemento), gera por interpolações sucessivas as coordenadas dos nós bem como a sua posição relativa nos elementos da malha para posterior tratamento no programa **QUASAR**. O ficheiro de resultados deste programa, necessita de ser cortado e completado para poder ser usado com ficheiro de dados do programa **QUASAR**.

- Definição de macro blocos

Foi adoptada a divisão do maciço em quatro macro blocos de acordo com a figura:



- a) Cada macro bloco foi definido como um elemento de oito nós, e dividido também em elementos de oito nós
- b) A cortina de estacas prancha é considerada como uma fronteira impermeável para o programa **QUASAR**. Daí a separação dos dois macro blocos superiores.
- c) A numeração dos macroblocos foi cuidada de modo a obter coincidência de coordenadas entre os nós dos elementos fronteira pertencentes a dois macro blocos adjacentes.
- d) Os macro blocos foram subdivididos em dez elementos na direcção horizontal e três elementos na direcção vertical. Os pesos atribuídos a cada uma das subdivisões foram os seguintes:



- Utilização do programa **DRAWMESH**

O programa **DRAWMESH** é um utilitário de tratamento gráfico que permite a visualização da malha de elementos finitos obtida pelo programa **GEN2D**, bem como da rede de percolação calculada no programa **QUASAR**.

- Utilização do programa **QUASAR**

O ficheiro de resultados obtido pelo programa **GEN2D** é alterado de modo a corresponder ao ficheiro de dados exigido pelo programa **QUASAR**.

Com o auxílio do desenho da malha obtida pelo programa **DRAWMESH**, está facilitada a obtenção da lista de nós correspondentes às condições de fronteira.

Neste caso só é necessário fornecer os valores da carga a montante e a jusante da cortina. Não fornecendo os valores para os nós adjacentes à cortina, o programa admite a cortina impermeável, como é na realidade.

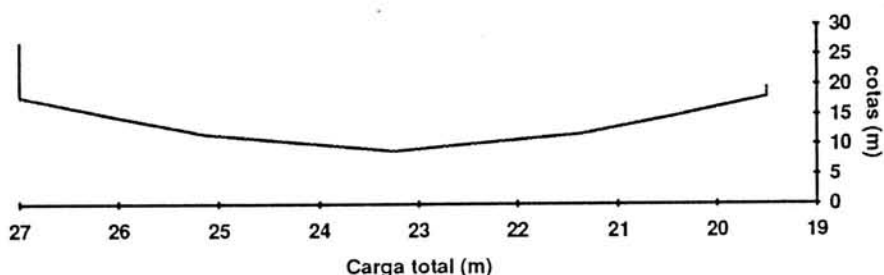
- Resultados obtidos

O ficheiro de resultados fornece uma listagem dos valores do potencial e da velocidade, e o valor do caudal nos nós em que foi fornecida a carga total.

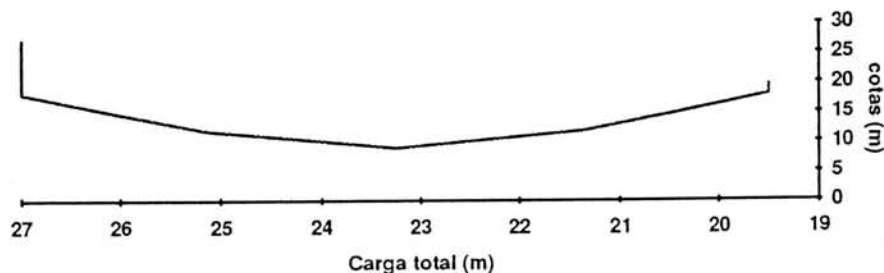
Como confirmação dos resultados foi feita uma comparação com valores da carga total obtida pelo processo analítico para os pontos adjacentes à cortina.

Foram realizados dois gráficos com os valores obtidos pelos dois processos. A sobreposição dos gráficos e a conclusão da sua coincidência provam a exactidão dos resultados fornecidos pelo programa **QUASAR**.

Valores da carga total obtidos pelo processo automático



Valores da carga total obtidos pelo processo analítico

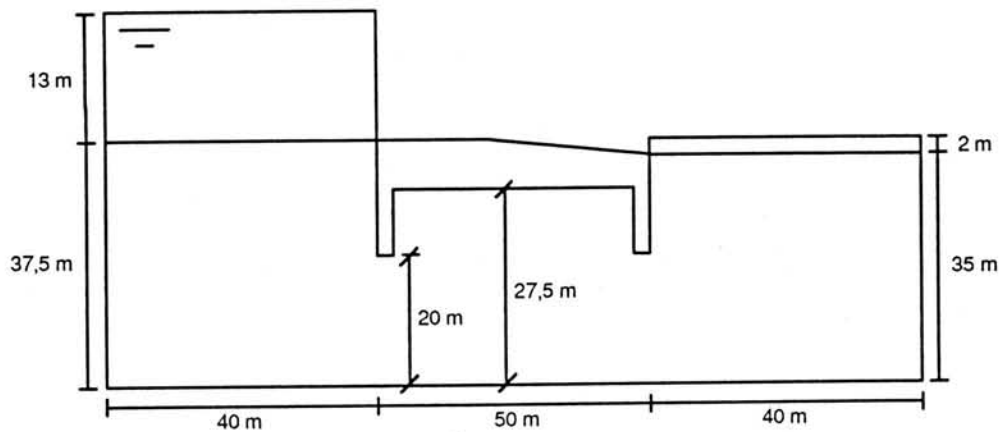


- Comentário final

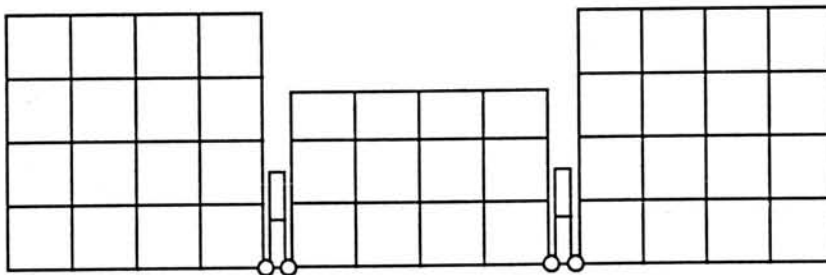
Esta versão do programa QUASAR admite as fronteiras laterais como impermeáveis, o que provoca a distorção das linhas equipotenciais na vizinhança dessas fronteiras. Esta deficiência será corrigida num próximo trabalho.

2º EXEMPLO

- Geometria e dados do problema



O maciço subjacente à barragem é simulado por uma malha de elementos finitos de acordo com a seguinte figura:



Os cinco macroblocos estão apenas ligados entre si pelos quatro nós assinalados.

Apresentam-se em anexo os ficheiros de dados e de resultados.

ANEXO 1:

LISTAGENS DO

PROGRAMA

QUASAR

C*** INTERFACES PARA ACEDER AOS COMANDOS "DATE" E "TIME" DO MS-DOS ***

C
 interface to subroutine time (n,str)
 character*10 str [near,reference]
 integer*2 n [value]
 end

C
 interface to subroutine date (n,str)
 character*10 str [near,reference]
 integer*2 n [value]
 end

C
PROGRAM QUASAR

C*****

C
C*** PROGRAMA PARA A SOLUCAO PELO METODO DOS ELEMENTOS FINITOS DE
C PROBLEMAS BIDIMENSIONAIS GOVERNADOS PELA EQUACAO QUASE-HARMONICA

C
C * MATRIZ DE COEFICIENTES SIMETRICA C/ SEMIBANDA SUPERIOR VARIAVEL
C ARMAZENADA EM VECTOR P/LINHAS
C * RESOLUCAO DO SISTEMA PELO METODO DE GAUSS TIRANDO PARTIDO DA
C SIMETRIA E DA SEMIBANDA VARIAVEL

C
C*** 1990.06.11 * JCM *****

\$debug

\$large
 IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
 CHARACTER*12 FILEI, FILEO
 character*10 stime, sdate

C
C*** DEFINICAO DE VARIAVEIS ASSOCIADAS COM O DIMENSIONAMENTO DINAMICO

C
 PARAMETER (MPOIN = 600, MELEM = 250, MMATS = 20, MGAUS = 3,
 . MNODE = 9, NDOFN = 1, NDIME = 2, NPROP = 4,
 . MEVAB = MNODE*NDOFN, MTOTV = MPOIN*NDOFN,
 . MTOTG = MELEM*MGAUS*MGAUS, MESTI = MEVAB*(MEVAB+1)/2,
 . MGSTI = 20000, MKSBA = MTOTV+1)

C
 DIMENSION MATNO(MELEM), LNODS(MNODE,MELEM), NONOD(MELEM)

C
 DIMENSION ESTIF(MESTI), GSTIF(MGSTI)

C
 DIMENSION COORD(NDIME,MPOIN)

C
 DIMENSION IFFIX(MTOTV), GLOAD(MTOTV), KSBAN(MKSBA),
 . XVECT(MTOTV), REACT(MTOTV), FIXED(MTOTV)

C
 DIMENSION VELOC(NDIME,MTOTG), GPCOD(NDIME,MTOTG)

C
 DIMENSION PROPS(NPROP,MMATS)

C
 DIMENSION POSGP(MGAUS), WEIGP(MGAUS)

C
C*** ABERTURA DE CANAIS DE LEITURA E ESCRITA

C
1000 WRITE (*,'(A)') ' NOME DO FICHEIRO DE DADOS ? '
 READ (*,'(A)') FILEI
 WRITE (*,'(A)') ' NOME DO FICHEIRO DE RESULTADOS ? '

```

READ (*,'(A)') FILEO
C
OPEN (5, FILE= FILEI, STATUS='OLD', ERR=1000)
OPEN (6, FILE= FILEO, STATUS='NEW')
C
C*** ESCRITA DO CABEALHO DO FICHEIRO DE RESULTADOS
C
call date ( 10, sdate)
call time ( 10, stime)
C
WRITE (6,9000) FILEI,sdate,FILEO,stime
9000 FORMAT(1X,78('*'),/1X,15('*'),' Resultados obtidos com o',
. ' PROGRAMA "QUASAR" [vers.,o 4.00] ',4('*'),
. /1X,15('*'),' Ficheiro de dados : ',A12,
. T58,4('*'),3X,A10,1X,4('*'),
. /1X,15('*'),' Ficheiro de resultados : ',A12,
. T58,4('*'),3X,A10,1X,4('*'))
C
C*** INTRODUCAO DA TOPOLOGIA DA MALHA
C
WRITE (*,*) ' *** Leitura dos parametros de controle'
CALL QINPT1 (NPOIN, NELEM, NVFIX, NMATS, NTYPE, NGAUS,
. NPROP, NDOFN, NDIME, NNODM, NESTI, NTOTG,
. MPOIN, MELEM, MMATS)
C
WRITE (*,*) ' *** Leitura da topologia da malha'
CALL QINPT2 (NPOIN, NELEM, NTYPE, NMATS, COORD, NDIME,
. NNODM, NGAUS, LNODS, MATNO, NPROP, PROPS,
. POSGP, WEIGP, NGSTI, MGSTI, KSBAN, NPOIN+1,
. NONOD)
C
C*** INTRODUCAO DAS CONDICAOES FRONTEIRA (DE DIRICHLET)
C
WRITE (*,*) ' *** Leitura das condicoes-fronteira'
CALL QBOUND (NVFIX, IFFIX, FIXED, NPOIN)
C
C*** CALCULO DA MATRIZ DE COEFICIENTES GLOBAL
C
WRITE (*,*) ' *** Formacao da matriz de coeficientes global'
CALL QSTIF2 (MATNO, PROPS, COORD, NDIME, LNODS, GSTIF,
. NMATS, NPROP, NGSTI, NELEM, NNODM, NPOIN,
. POSGP, WEIGP, NGAUS, NTYPE, ESTIF, NESTI,
. KSBAN, NONOD)
C
C*** CALCULO DO TERMO INDEPENDENTE
C
WRITE (*,*) ' *** Formacao do termo independente'
CALL QLOAD2 (COORD, LNODS, MATNO, NELEM, NNODE, NGAUS,
. NPOIN, NTYPE, POSGP, PROPS, NMATS, WEIGP,
. NPROP, NDIME, GLOAD)
C
C*** RESOLUCAO DO SISTEMA DE EQUACOES
C
WRITE (*,*) ' *** Resolucao do sistema de equacoes'
CALL GAUSSB (GSTIF, GLOAD, NPOIN, NGSTI, XVECT, REACT,
. IFFIX, FIXED, 1, KSBAN, NPOIN+1)
C
C*** CALCULO DA VELOCIDADE

```

```
C
WRITE (*,*) ' *** Calculo da velocidade'
CALL QVELOC (MATNO, PROPS, COORD, NDIME, LNODS, XVECT,
.          NMATS, NPROP, NGAUS, NELEM, NONOD, NPOIN,
.          POSGP, VELOC, GPCOD, NTOTG, NNODM)
C
C*** ESCRITA DOS RESULTADOS FINAIS
C
WRITE (*,*) ' *** Escrita dos resultados finais'
CALL QOUTPT (NPOIN, XVECT, IFFIX, REACT, VELOC, GPCOD,
.          NDIME, NTOTG)
C
C*** FECHO DE CANAIS DE LEITURA E ESCRITA
C
CLOSE (5)
CLOSE (6)
C
STOP ' *** STOP - fim de execucao.'
END
```

```

SUBROUTINE QINPT1 (NPOIN, NELEM, NVFIX, NMATS, NTYPE, NGAUS,
.      NPROP, NDOFN, NDIME, NNODM, NESTI, NTOTG,
.      MPOIN, MELEM, MMATS)
C*****
C
C*** LE OS PARAMETROS DE CONTROLE, VERIFICA AS DIMENSOES DO PROBLEMA
C
C**** 1990.06.11 * JCM ***** quasar *
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  CHARACTER TITLE(3)*78
C
C*** TITULO DO PROBLEMA
C
  WRITE (6,'(1X,78("*/"))')
  READ (5,'(A)') (TITLE(I),I=1,3)
  WRITE (6,'(1X,A)') (TITLE(I),I=1,3)
  WRITE (6,'(1X,78("*/"))')
C
C*** PARAMETROS DE CONTROLE
C
  READ (5,*) NPOIN,NELEM,NVFIX,NMATS,NNODM,NTYPE,NGAUS
C
  NEVBM = NNODM*NDOFN
  NTOTV = NPOIN*NDOFN
  NTOTG = NELEM*NGAUS*NGAUS
  NESTI = NEVBM*(NEVBM+1)/2
C
  WRITE (6,901) NPOIN,NELEM,NVFIX,NMATS,NNODM,NTYPE,NGAUS,
.      NDOFN,NDIME,NPROP,NTOTV,NTOTG
901 FORMAT(/' *** PARAMETROS DE CONTROLE',
.  /'  N$. total de nós      (NPOIN) =',I5,
.  /'  N$. total de elementos (NELEM) =',I5,
.  /'  N$. de nós com valores fixos (NVFIX) =',I5,
.  /'  N$. de materiais      (NMATS) =',I5,
.  /'  N$. max.de nós/elemento (NNODM) =',I5,
.  /'  Tipo de problema      (NTYPE) =',I5,
.  /'  N$ de pontos de integração (NGAUS) =',I5,
.  /'  N$. de graus de liberdade/n (NDOFN) =',I5,
.  /'  N$. de coordenadas/n (NDIME) =',I5,
.  /'  N$. de propriedades/material (NPROP) =',I5,
.  /'  N$. total de vari veis (NTOTV) =',I5,
.  /'  N$. total de pontos de Gauss (NTOTG) =',I5)
C
C*** VERIFICACAO DOS DADOS
C
  CALL QCHEK1 (NPOIN, NELEM, NVFIX, NMATS, NNODM, NTYPE,
.      NGAUS, MPOIN, MELEM, MMATS)
C
  RETURN
  END
.

```

```

SUBROUTINE QCHEK1 (NPOIN, NELEM, NVFIX, NMATS, NNODM, NTYPE,
    .      NGAUS, MPOIN, MELEM, MMATS)
C*****
C
C*** VERIFICA OS PARAMETROS DE CONTROLE
C
C**** 1990.04.29 * JCM ***** quasar *
$debug
$large
    WRITE (6,800)
800  FORMAT(/' *** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "QCHEK1" :')
C
    NERRO = 0
    IF (NPOIN.LE.0)      NERRO = 1
    IF (NELEM.LE.0)      NERRO = 1
    IF (NELEM*NNODM.LT.NPOIN)  NERRO = 1
    IF (NVFIX.LT.1.OR.NVFIX.GT.NPOIN) NERRO = 1
    IF (NMATS.LT.1.OR.NMATS.GT.NELEM) NERRO = 1
    IF (NTYPE.LT.1.OR.NTYPE.GT.2)  NERRO = 1
    IF (NGAUS.LT.2.OR.NGAUS.GT.3)  NERRO = 1
C
    IF (NERRO.EQ.1) WRITE (6,810)
810  FORMAT(' *** H erros nos parfmetros de controle !')
C
    JERRO = 0
    IF (NELEM.GT.MELEM) THEN
        WRITE (6,910) NELEM,MELEM
        JERRO = JERRO+1
    ENDIF
910  FORMAT(' *** NELEM (= ,I3,) > MELEM (= ,I3,)')
C
    IF (NPOIN.GT.MPOIN) THEN
        WRITE (6,920) NPOIN,MPOIN
        JERRO = JERRO+1
    ENDIF
920  FORMAT(' *** NPOIN (= ,I3,) > MPOIN (= ,I3,)')
C
    IF (NMATS.GT.MMATS) THEN
        WRITE (6,940) NMATS,MMATS
        JERRO = JERRO+1
    ENDIF
940  FORMAT(' *** NMATS (= ,I3,) > MMATS (= ,I3,)')
C
    IF (JERRO.NE.0) WRITE (6,960) JERRO
960  FORMAT(' *** Foram excedidas ,I3, dimens"es m ximas !')
C
    IF (NERRO.EQ.0.AND.JERRO.EQ.0) THEN
        WRITE (6,970)
    ELSE
        STOP ' *** STOP na subrotina QCHEK1'
    ENDIF
970  FORMAT(' *** N,,o foram detectados erros nos parfmetros de',
    .      ' controle')
C
    RETURN
END

```

```

SUBROUTINE QINPT2 (NPOIN, NELEM, NTYPE, NMATS, COORD, NDIME,
.      NNODM, NGAUS, LNODS, MATNO, NPROP, PROPS,
.      POSGP, WEIGP, NGSTI, MGSTI, KSBAN, NKSBA,
.      NONOD)
C*****
C
C*** LE A TOPOLOGIA DA MALHA E AS CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS
C
C**** 1990.06.11 * JCM ***** quasar *
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  DIMENSION MATNO(NELEM), LNODS(NNODM,NELEM), KSBAN(NKSBA),
.    POSGP(NGAUS), COORD(NDIME,NPOIN),
.    WEIGP(NGAUS), PROPS(NPROP,NMATS), NONOD(NELEM)
C
C*** LEITURA DAS LIGACOES NODAIS DOS ELEMENTOS E DO NUMERO DO MATERIAL
C
  WRITE (6,902)
902  FORMAT(/' ***** CARACTERISTICAS DOS ELEMENTOS',
.    /' Elem. Material      Nçs',
.    /1X,16('Ä'),3X,45('Ä'))
C
  DO 100 IELEM = 1,NELEM
    READ (5,*) J,MATNO(J),NNODE,(LNODS(I,J),I=1,NNODE)
    NONOD(J) = NNODE
    WRITE (6,903) J,MATNO(J),NNODE,(LNODS(I,J),I=1,NNODE)
100  CONTINUE
903  FORMAT(I5,I9,5X,9I5)
C
C*** DETERMINACAO DA SEMIBANDA
C
  CALL SBANDA (NKSBA, KSBAN, NPOIN, LNODS, MGSTI, NELEM,
.    NONOD, 1, NGSTI, NNODM)
C
C*** LEITURA (E INTERPOLACAO) DAS COORDENADAS DOS NOS
C
  DO 150 IPOIN = 1,NPOIN
    DO 150 IDIME = 1,NDIME
      COORD(IDIME,IPOIN) = 1.E+30
150  CONTINUE
C
  IF (NTYPE.NE.2) WRITE (6,904)
  IF (NTYPE.EQ.2) WRITE (6,905)
904  FORMAT(/' *** COORDENADAS NODAIS',
.    /3X,'Nç',9X,'X(m)',8X,'Y(m)',17X,'Nç',9X,'X(m)',8X,'Y(m)',
.    /1X,29('Ä'),15X,29('Ä'))
905  FORMAT(/' *** COORDENADAS NODAIS',
.    /3X,'Nç',9X,'R(m)',8X,'Z(m)',17X,'Nç',9X,'R(m)',8X,'Z(m)',
.    /1X,29('Ä'),15X,29('Ä'))
C
  KOUNT = 0
200  READ(5,*) IPOIN,(COORD(IDIME,IPOIN),IDIME=1,NDIME)
  KOUNT = KOUNT + 1
  IF (IPOIN.NE.NPOIN) GO TO 200
C
  IF (NNODE.NE.4.AND.KOUNT.NE.NPOIN)
.    CALL NODE2D (COORD, LNODS, NDIME, NPOIN, NELEM, NONOD, NNODM)

```

```

NROWS = (NPOIN+1)/2
DO 210 IROWS = 1,NROWS
  ICOL1 = IROWS
  ICOL2 = MIN(ICOL1+NROWS,NPOIN)
  WRITE (6,906)(J,(COORD(I,J),I=1,NDIME),J=ICOL1,ICOL2,NROWS)
210 CONTINUE
906 FORMAT(I5,3X,F10.5,2X,F10.5,14X,I5,3X,F10.5,2X,F10.5)
C
C*** VERIFICACAO DA MALHA
C
  CALL QCHEK2 (COORD, LNODS, MATNO, NELEM, NPOIN, NMATS,
    .          NONOD, NDIME, NNODM)
C
C*** LEITURA DAS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS
C
  WRITE (6,910)
910 FORMAT(/' **** PROPRIEDADES DOS MATERIAIS',
  . /' Mat.      kx"      ky"      é      Q',
  . /'          m/s      m/s      ø      -',
  . /1x,57('Ä'))
C
  DO 450 IMATS = 1,NMATS
    READ (5,*) NUMAT
    READ (5,*)(PROPS(I,NUMAT),I=1,NPROP)
    IF (NTYPE.EQ.2) PROPS(3,NUMAT) = 0.0
    WRITE (6,940) NUMAT,(PROPS(I,NUMAT),I=1,NPROP)
    THETA = PROPS(3,NUMAT)
    IF (THETA.NE.0.0) PROPS(3,NUMAT) = THETA/57.2957795130833
450 CONTINUE
940 FORMAT(I4,1P,2E15.5,0P,F9.2,1PE15.5)
C
C*** DEFINICAO DAS CONSTANTES DE INTEGRACAO NUMERICA
C
  CALL GAUSLG (NGAUS, POSGP, WEIGP)
C
  RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SBANDA (NKSBA, KSBAN, NPOIN, LNODS, MGSTI, NELEM,
.      NONOD, NDOFN, NGSTI, NNODM)
C*****
C
C*** DETERMINA AS LARGURAS DE BANDA INICIAL E EFECTIVA, DEFINE PONTEIRO
C
C*** 1990.06.11 * JCM *****
$debug
$large
      IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
      DIMENSION KSBAN(NKSBA), LNODS(NNODM,NELEM), NONOD(NELEM)
C
C*** DETERMINACAO DA LARGURA DE BANDA INICIAL
C
      NTOTV = NKSBA-1
      DO 100 ITOTV = 1,NTOTV
        KSBAN(ITOTV) = 0
100    CONTINUE
C
      DO 500 IELEM = 1,NELEM
        NNODE = NONOD(IELEM)
        LPOIN = 0
        DO 200 INODE = 1 ,NNODE
          IPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
          IF (IPOIN.GT.LPOIN) LPOIN = IPOIN
200    CONTINUE
        LTOTV = LPOIN*NDOFN
        DO 400 INODE = 1,NNODE
          IPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
          ITOTV = (IPOIN-1)*NDOFN
          DO 300 IDOFN = 1,NDOFN
            ITOTV = ITOTV+1
            LSBAN = LTOTV-ITOTV+1
            IF (LSBAN.GT.KSBAN(ITOTV)) KSBAN(ITOTV) = LSBAN
300    CONTINUE
400    CONTINUE
500    CONTINUE
C
C*** DETERMINACAO DA LARGURA DE BANDA EFECTIVA E DEFINICAO DE PONTEIRO
C
      MSBAN = 0
      NSBDI = 0
      NGSTI = 0
      LMINM = 0
C
      DO 600 ITOTV = 1,NTOTV
        LCURR = KSBAN(ITOTV)
        KSBAN(ITOTV) = NGSTI+1
        NSBDI = NSBDI+LCURR
        IF (LCURR.LT.LMINM) THEN
          LCURR = LMINM
        ELSE
          IF (LCURR.GT.MSBAN) MSBAN = LCURR
        ENDIF
        NGSTI = NGSTI+LCURR
        LMINM = LCURR-1
600    CONTINUE
        KSBAN(NTOTV+1) = NGSTI+1

```

```

C
C*** VERIFICACAO DE DIMENSOES MAXIMAS
C
  IF (NGSTI.GT.MGSTI) THEN
    WRITE (6,800) NGSTI,MGSTI
    STOP
  ENDIF
800 FORMAT(/' *** STOP na subrotina "SBANDA" :',
.      ' *** NGSTI (= 'I9,') > MGSTI (= 'I9,')')
C
C*** ESTATISTICAS
C
  DIFZE = 6*NPOIN + 9*NELEM
  SBINI = NSBDI
  SBVAR = NGSTI
  ZEROI = (SBINI-DIFZE)/SBINI*100.
  ZEROE = (SBVAR-DIFZE)/SBVAR*100.
  SBCON = NTOTV*MSBAN
  TRIAN = NTOTV*(NTOTV+1)/2
  SQUAR = NTOTV*NTOTV
  VALU1 = (1.-SBVAR/SBCON)*100.
  VALU2 = (1.-SBVAR/TRIAN)*100.
  VALU3 = (1.-SBVAR/SQUAR)*100.
C
  WRITE (6,900) NTOTV,MSBAN,NSBDI,ZEROI,NGSTI,ZEROE,VALU1,VALU2,
.      VALU3
900 FORMAT(/' ÉÍ SEMIBANDA VARIÁVEL ARMAZENADA EM VECTOR POR LINHAS',
.      ' ',12('Í'),'»',
.      /' ',22x,'          número de linhas ='I9,' ',
.      /' ',22x,'          largura máxima ='I9,' ',
.      /' ',22x,' banda inicial É comprimento ='I9,' ',
.      /' ',22x,'          È % de zeros ='f9.2,' ',
.      /' ',22x,' banda efectiva É comprimento ='I9,' ',
.      /' ',22x,'          È % de zeros ='f9.2,' ',
.      /' ÇÄÄ Economia de espaço em relação a outras técnicas',
.      ' ',15('Ä'),'¶',
.      /' ',22x,'          banda constante * 'f5.2,' %',
.      ' ',
.      /' ',22x,' triângulo superior em vector * 'f5.2,' %',
.      ' ',
.      /' ',22x,' armazenamento completo * 'f5.2,' %',
.      ' ',
.      /' È'.66('Í'),'¼')
C
  RETURN
  END
.

```

```

SUBROUTINE NODE2D (COORD, LNODS, NDIME, NPOIN, NELEM, NONOD,
      NNODM)
C*****
C
C*** GERA AS COORDENADAS DE:
C * NOS SITUADOS A MEIO DOS LADOS RECTILINEOS DE ELEMENTOS PLANOS
C   DE 8 E 9 NOS
C * NO CENTRAL DE ELEMENTOS DE 9 NOS
C
C*** 1990.04.29 * JCM *****
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  DIMENSION COORD(NDIME,NPOIN), LNODS(NNODM,NELEM)
  DIMENSION NODES(9), NONOD(NELEM)
C
C*** CICLO SOBRE OS ELEMENTOS
C
  DO 190 IELEM = 1,NELEM
    IF (NONOD(IELEM).EQ.NNODM) THEN
      NNODE=NONOD(IELEM)
      DO 100 INODE = 1,NNODE
        NODES(INODE) = LNODS(INODE,IELEM)
100    CONTINUE
      C
      C*** NOS SITUADOS A MEIO DE LADOS RECTILINEOS (elementos de 8 e 9 nos)
      C
        DO 120 INOD2 = 2,8,2
          IPOI2 = NODES(INOD2)
          TOTAL = ABS(COORD(1,IPOI2))+ABS(COORD(2,IPOI2))
          IF (TOTAL.GT.1.E+29) THEN
            INOD1 = INOD2-1
            INOD3 = INOD2+1
            IF (INOD3.EQ.9) INOD3 = 1
            IPOI1 = NODES(INOD1)
            IPOI3 = NODES(INOD3)
            DO 110 I = 1,NDIME
              COORD(I,IPOI2) = (COORD(I,IPOI1)+COORD(I,IPOI3))*0.5
110          CONTINUE
            ENDIF
          120 CONTINUE
        C
        C*** NO CENTRAL (elementos de 9 nos)
        C
          IF (NNODE.EQ.9) THEN
            IPOI9 = NODES(9)
            TOTAL = ABS(COORD(1,IPOI9))+ABS(COORD(2,IPOI9))
            IF (TOTAL.GT.1.E+29) THEN
              DO 140 INODE = 1,7,2
                NCORN = NODES(INODE)
                NMIDS = NODES(INODE+1)
                DO 130 IDIME = 1,NDIME
                  COORD(IDIME,IPOI9) =
                    COORD(IDIME,IPOI9) - COORD(IDIME,NCORN)/4.
                    + COORD(IDIME,NMIDS)/2.
130              CONTINUE
140              CONTINUE
            ENDIF

```

```
    ENDIF  
  ENDIF  
190 CONTINUE  
C  
  RETURN  
END
```

```

SUBROUTINE QCHEK2 (COORD, LNODS, MATNO, NELEM, NPOIN, NMATS,
NONOD, NDIME, NNODM)
C*****
C
C*** VERIFICA A TOPOLOGIA DA MALHA
C
C*** 1990.04.29 * JCM *****
Sdebug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  DIMENSION MATNO(NELEM), COORD(NDIME,NPOIN), LNODS(NNODM,NELEM)
  DIMENSION NONOD(NELEM)
C
  IERRO = 0
  WRITE (6,800)
800  FORMAT(/' *** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "QCHEK2" :')
C
C*** VERIFICA SE HA NOS DIFERENTES COM COORDENADAS IDENTICAS
C
  DO 130 IPOIN = 2,NPOIN
    DO 120 JPOIN = 1,IPOIN-1
      DO 110 IDIME = 1,NDIME
        IF (COORD(IDIME,IPOIN).NE.COORD(IDIME,JPOIN)) GO TO 120
110    CONTINUE
cc    IERRO = 1
      WRITE (6,910) IPOIN,JPOIN
120    CONTINUE
130  CONTINUE
910  FORMAT(' *** Os nós ',I3,' e ',I3,' têm coordenadas idênticas')
C
C*** VERIFICA O NUMERO DO MATERIAL DE CADA ELEMENTO
C
  DO 200 IELEM = 1,NELEM
    NUMAT = MATNO(IELEM)
    IF (NUMAT.LE.0.OR.NUMAT.GT.NMATS) THEN
      IERRO = 1
      WRITE (*,920) IELEM
    ENDIF
200  CONTINUE
920  FORMAT(' *** O nó do material do elemento ',I3,' est incorrecto')
C
C*** VERIFICA OS NUMEROS DAS LIGACOES NODAIS DOS ELEMENTOS
C
  DO 320 IELEM = 1,NELEM
    JERRO = 0
    DO 310 INODE = 1,NNODM(IELEM)
      IPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
      IF (IPOIN.LE.0.OR.IPOIN.GT.NPOIN) JERRO = JERRO+1
310    CONTINUE
    IF (JERRO.NE.0) THEN
      IERRO = 1
      WRITE (6,930) IELEM,JERRO
    ENDIF
320  CONTINUE
930  FORMAT(' *** O elemento ',I3,' tem ',I2,' erros na lista de nós')
C
C*** DETECTA REPETICAO DE NOS NUM ELEMENTO
C

```

```

DO 420 IELEM = 1,NELEM
  DO 410 INODE = 1,NONOD(IELEM)-1
    IPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
    DO 400 JNODE = INODE+1,NONOD(IELEM)
      IF (IPOIN.EQ.LNODS(JNODE,IELEM)) THEN
        IERRO = 1
        WRITE (6,940) IPOIN,IELEM
        GO TO 410
      ENDIF
400    CONTINUE
410    CONTINUE
420  CONTINUE
940  FORMAT(' *** O nº ',I3,' est repetido no elemento ',I3)
C
C*** VERIFICA SE CADA NO APARECE EM PELO MENOS UM ELEMENTO
C
DO 530 IPOIN = 1,NPOIN
  DO 520 IELEM = 1,NELEM
    DO 510 INODE = 1,NONOD(IELEM)
      JPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
      IF (JPOIN.EQ.IPOIN) GO TO 530
510    CONTINUE
520    CONTINUE
      IERRO = 1
      WRITE (6,950) IPOIN
530  CONTINUE
950  FORMAT(' *** O nº ',I3,' n.,o aparece em nenhum elemento')
C
  IF (IERRO.EQ.0) THEN
    WRITE (6,1000)
  ELSE
    STOP ' *** STOP na subrotina QCHEK2'
  ENDIF
1000 FORMAT(' *** N.,o foram detectados erros na topologia da malha')
C
  RETURN
END

```

SUBROUTINE GAUSLG (NGAUS, POSGP, WEIGP)

```
C*****
C
C*** DEFINE AS CONSTANTES DE INTEGRACAO DE GAUSS-LEGENDRE
C
C*** 1990.01.01 * JCM *****
Sdebug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
C
  DIMENSION POSGP(NGAUS), WEIGP(NGAUS)
C
C*** 2 PONTOS DE GAUSS
C
  IF (NGAUS.EQ.2) THEN
    POSGP(1) = -0.577350269189626
    POSGP(2) = +0.577350269189626
    WEIGP(1) = +1.0
    WEIGP(2) = +1.0
C
C*** 3 PONTOS DE GAUSS
C
  ELSEIF (NGAUS.EQ.3) THEN
    POSGP(1) = -0.774596669241483
    POSGP(2) = +0.0
    POSGP(3) = +0.774596669241483
    WEIGP(1) = +0.555555555555556
    WEIGP(2) = +0.888888888888889
    WEIGP(3) = +0.555555555555556
  ENDIF
C
  RETURN
END
.
```

```

SUBROUTINE QBOUND (NVFIX, IFFIX, FIXED, NPOIN)
C*****
C
C*** LE AS CONDICAOES-FRONTEIRA
C
C*** 1990.04.29 * JCM ***** quasar *
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  DIMENSION IFFIX(NPOIN), FIXED(NPOIN)
C
C*** CONDICAOES-FRONTEIRA DE DIRICHLET
C
  WRITE (6,907)
907  FORMAT('// *** CONDICAOES-FRONTEIRA DE DIRICHLET',
.    // 'Nó      Valor',/1X,19('-'))
C
  DO 300 ITOTV = 1,NPOIN
    IFFIX(ITOTV) = 0
300  CONTINUE
  DO 320 IVFIX = 1,NVFIX
    READ (5, *) IPOIN,VALUE
    WRITE (6,909) IPOIN,VALUE
    IFFIX(IPOIN) = 1
    FIXED(IPOIN) = VALUE
320  CONTINUE
909  FORMAT(I5,F15.5)
C
  RETURN
  END
.

```

```

SUBROUTINE QSTIF2 (MATNO, PROPS, COORD, NDIME, LNODS, GSTIF,
.      NMATS, NPROP, NGSTI, NELEM, NNODM, NPOIN,
.      POSGP, WEIGP, NGAUS, NTYPE, ESTIF, NESTI,
.      KSBAN, NONOD)
C*****
C
C*** CALCULA A MATRIZ DE RIGIDEZ "ESTIF" DE CADA ELEMENTO E PROCEDE
C AO RESPECTIVO ESPALHAMENTO NA MATRIZ DE RIGIDEZ GLOBAL "GSTIF"
C * "ESTIF" c/ o triangulo superior armazenado em vector por colunas
C * "GSTIF" c/ semibanda superior de largura variavel armazenada em
C   vector por linhas
C
C**** 1990.06.11 * JCM ***** quasar *
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  DIMENSION MATNO(NELEM), PROPS(NPROP,NMATS), KSBAN(NPOIN),
.    POSGP(NGAUS), LNODS(NNODM,NELEM), GSTIF(NGSTI),
.    WEIGP(NGAUS), COORD(NDIME,NPOIN), ESTIF(NESTI),
.    NONOD(NELEM)
  DIMENSION ELCOD(2,9), CARTD(2,9), DERIV(2,9), NODES(9), SHAPE(9),
.    GPCOD(2)
C
  TWOPI = 6.283185307179586
C
C*** INICIALIZACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ GLOBAL
C
  DO 100 IGSTI = 1,NGSTI
    GSTIF(IGSTI) = 0.0
100  CONTINUE
C
C*** CICLO SOBRE OS ELEMENTOS
C
  DO 500 IELEM = 1,NELEM
    NNODE = NONOD(IELEM)
    NEVAB = NNODE * NDOFN
C
C*** INICIALIZACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO
C
  DO 110 ISTIF = 1,NESTI
    ESTIF(ISTIF) = 0.0
110  CONTINUE
C
C*** CARACTERISTICAS GEOMETRICAS E MATERIAIS DO ELEMENTO
C
  LPROP = MATNO(IELEM)
  VALKX = PROPS(1,LPROP)
  VALKY = PROPS(2,LPROP)
  THETA = PROPS(3,LPROP)
C
C*** DETERMINACAO DA MATRIZ DE PERMEABILIDADE EM RELACAO A XY
C
  IF (VALKX.NE.VALKY.AND.THETA.NE.0.0) THEN
    S = SIN(THETA)
    C = COS(THETA)
    PER11 = C*C*VALKX + S*S*VALKY
    PER22 = S*S*VALKX + C*C*VALKY
    PER12 = C*S*(VALKX-VALKY)

```

```

ELSE
  PER11 = VALKX
  PER22 = VALKY
  PER12 = 0.0
ENDIF
C
C*** No. DOS GDL E COORDENADAS DOS NOS DO ELEMENTO
C
DO 150 INODE = 1,NNODE
  IPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
  NODES(INODE) = IPOIN
  DO 140 IDIME = 1,NDIME
    ELCOD(IDIME,INODE) = COORD(IDIME,IPOIN)
140   CONTINUE
150   CONTINUE
C
C*** CICLOS SOBRE OS PONTOS DE GAUSS
C
KGASP = 0
DO 300 IGAUS = 1,NGAUS
  EXISP = POSGP(IGAUS)
DO 300 JGAUS = 1,NGAUS
  KGASP = KGASP+1
  ETASP = POSGP(JGAUS)
C
C*** DERIVACAO PARA ELEMENTOS FINITOS E SEMI-INFINITOS
C
IF (NNODE.NE.NNODM) THEN
  CALL SHAPE3 (DERIV, ETASP, EXISP, NNODE, SHAPE)
ELSE
C
C*** DETERMINACAO DAS DERIVADAS CARTESIANAS DAS FUNCOES DE FORMA E
C DO ELEMENTO DE VOLUME (PARA ELEMENTOS FINITOS)
C
CALL SHAPE2 (DERIV, ETASP, EXISP, NNODE, SHAPE)
ENDIF
CALL JACOB2 (CARTD, DERIV, DJACB, ELCOD, KGASP, IELEM,
  NNODE, SHAPE, NDIME, GPCOD)
DVOLU = DJACB*WEIGP(IGAUS)*WEIGP(JGAUS)
IF (NTYPE,EQ.2) DVOLU = DVOLU*TWOPI*GPCOD(1)
C
C*** CALCULO DO TRIANGULO SUPERIOR DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO
C
ISTIF = 0
DO 210 JNODE = 1,NNODE
  FACT1 = PER11*CARTD(1,JNODE)
  FACT2 = PER22*CARTD(2,JNODE)
  IF (PER12.NE.0.0) THEN
    FACT1 = FACT1+PER12*CARTD(2,JNODE)
    FACT2 = FACT2+PER12*CARTD(1,JNODE)
  ENDIF
DO 210 INODE = 1,JNODE
  DNIDX = CARTD(1,INODE)
  DNIDY = CARTD(2,INODE)
  ISTIF = ISTIF+1
  ESTIF(ISTIF) =
    ESTIF(ISTIF) +(DNIDX*FACT1 + DNIDY*FACT2)*DVOLU
210   CONTINUE

```

```
300  CONTINUE
C
C***  ESPALHAMENTO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO
C
      IESTI = 0
      DO 420 JNODE = 1,NNODE
        JPOIN = NODES(JNODE)
        DO 410 INODE = 1,JNODE
          IPOIN = NODES(INODE)
          IESTI = IESTI+1
          II = MIN(IPOIN,JPOIN)
          JJ = MAX(IPOIN,JPOIN)
          IGSTI = KSBAN(II)+JJ-II
          GSTIF(IGSTI) = GSTIF(IGSTI)+ESTIF(IESTI)
410    CONTINUE
420  CONTINUE
500  CONTINUE
C
      RETURN
      END
.
```

SUBROUTINE JACOB2 (CARTD, DERIV, DJACB, ELCOD, KGASP, IELEM,
 NNODE, SHAPE, NDIME, GPCOD)

C*****

C
 C*** CALCULA E INVERTE A MATRIZ JACOBIANA E AS DERIVADAS CARTESIANAS
 C DAS FUNCOES DE FORMA

C
 C**** 1990.01.01 * JCM *****

Sdebug

Slarge

IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
 DIMENSION CARTD(2,9), SHAPE(9), XJACI(2,2), DERIV(2,9),
 ELCOD(2,9), GPCOD(2), XJACM(2,2)

C
 C*** CALCULO DAS COORDENADAS DO PONTO DE GAUSS

C
 DO 120 IDIME = 1,NDIME
 GCORD = 0.0
 DO 110 INODE = 1,NNODE
 GCORD = GCORD + ELCOD(IDIME,INODE)*SHAPE(INODE)
 110 CONTINUE
 GPCOD(IDIME) = GCORD
 120 CONTINUE

C
 C*** DETERMINACAO DA MATRIZ JACOBIANA

C
 DO 210 IDIME = 1,NDIME
 DO 210 JDIME = 1,NDIME
 XJACO = 0.0
 DO 200 INODE = 1,NNODE
 XJACO = XJACO + DERIV(IDIME,INODE)*ELCOD(JDIME,INODE)
 200 CONTINUE
 XJACM(IDIME,JDIME) = XJACO
 210 CONTINUE

C
 C*** CALCULO DO DETERMINANTE E INVERSA DA MATRIZ JACOBIANA

C
 DJACB = XJACM(1,1)*XJACM(2,2)-XJACM(1,2)*XJACM(2,1)

C
 IF (DJACB.LE.0.0) THEN
 WRITE (6,900) KGASP,IELEM,DJACB
 STOP ' *** STOP na subrotina JACOB2'
 ENDIF

900 FORMAT(/ ' *** STOP na subrotina JACOB2 - o ponto de Gauss n§ ',I2,
 ' do elemento ',I3,' tem rea ',E10.3)

C
 XJACI(1,1) = +XJACM(2,2)/DJACB
 XJACI(2,2) = +XJACM(1,1)/DJACB
 XJACI(1,2) = -XJACM(1,2)/DJACB
 XJACI(2,1) = -XJACM(2,1)/DJACB

C
 IF (NNODE.EQ.5.OR.NNODE.EQ.6) THEN
 CALL SHAPE2 (DERIV, ETASP, EXISP, NNODE, SHAPE)
 ENDIF

C
 C*** CALCULO DAS DERIVADAS CARTESIANAS

C
 DO 310 IDIME = 1,NDIME

```
DO 310 INODE = 1,NNODE
  DCART = 0.0
  DO 300 JDIME = 1,NDIME
    DCART = DCART + XJACI(IDIME,JDIME)*DERIV(JDIME,INODE)
300  CONTINUE
  CARTD(IDIME,INODE) = DCART
310  CONTINUE
C
  RETURN
END
```

```

SUBROUTINE SHAPE2 (DERIV, ETASP, EXISP, NNODE, SHAPE)
C*****
C
C***  CALCULA AS FUNCOES DE FORMA E SUAS DERIVADAS PARA ELEMENTOS
PLANOS
C  DE 4, 8 E 9 NOS
C
C**** 1990.01.01 * JCM *****
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  DIMENSION DERIV(2,9), SHAPE(9)
C
  S = EXISP
  T = ETASP
C
C***  ELEMENTOS DE 4 NOS
C
  IF (NNODE.EQ.4) THEN
C
    SM = (1.-S)/2.
    SP = (1.+S)/2.
    TM = (1.-T)/2.
    TP = (1.+T)/2.
    DM = -0.5
    DP = +0.5
C
    SHAPE( 1) = SM*TM
    DERIV(1, 1) = DM*TM
    DERIV(2, 1) = SM*DM
C
    SHAPE( 2) = SP*TM
    DERIV(1, 2) = DP*TM
    DERIV(2, 2) = SP*DM
C
    SHAPE( 3) = SP*TP
    DERIV(1, 3) = DP*TP
    DERIV(2, 3) = SP*DP
C
    SHAPE( 4) = SM*TP
    DERIV(1, 4) = DM*TP
    DERIV(2, 4) = SM*DP
C
C***  ELEMENTOS DE 5 NOS
C
  ELSEIF (NNODE.EQ.5) THEN
C
    SM = 0.5*(1.-S)
    TM = 0.5*(1.-T)
    SP = 0.5*(1.+S)
    TP = 0.5*(1.+T)
    SS = 0.5*(1.-S*S)
    TT = 0.5*(1.-T*T)
    S2 = -2.*S
    T2 = -2.*T
C
    AA      = +SM+TM- 1.5
    SHAPE( 1) = +SM*TM*(AA+AA)

```

```

DERIV(1, 1) = - TM*(AA+SM)
DERIV(2, 1) = -SM *(AA+TM)
C
SHAPE( 2) = +SS*TM*2.
DERIV(1, 2) = +S2*TM
DERIV(2, 2) = -SS
C
AA      = +SP+TM- 1.5
SHAPE( 3) = +SP*TM*(AA+AA)
DERIV(1, 3) = + TM*(AA+SP)
DERIV(2, 3) = -SP *(AA+TM)
C
SHAPE( 4) = +SP*TT*2.
DERIV(1, 4) = + TT
DERIV(2, 4) = +SP*T2
C
SHAPE( 5) = +SM*TT*2.
DERIV(1, 5) = - TT
DERIV(2, 5) = +SM*T2
C
C*** ELEMENTOS DE 6 NOS
C
ELSEIF (NNODE.EQ.6) THEN
C
SSM = (S*S-S)/2.
SSP = (S*S+S)/2.
SS0 = -S*S+1.
TTM = (T*T-T)/2.
TTP = (T*T+T)/2.
TT0 = -T*T+1.
DSM = -.5+S
DSP = +.5+S
DS0 = -2.*S
DTM = -.5+T
DTP = +.5+T
DT0 = -2.*T
C
SHAPE( 1) = SSM*TTM
DERIV(1, 1) = DSM*TTM
DERIV(2, 1) = SSM*DTM
C
SHAPE( 2) = SS0*TTM
DERIV(1, 2) = DS0*TTM
DERIV(2, 2) = SS0*DTM
C
SHAPE( 3) = SSP*TTM
DERIV(1, 3) = DSP*TTM
DERIV(2, 3) = SSP*DTM
C
SHAPE( 4) = SSP*TT0
DERIV(1, 4) = DSP*TT0
DERIV(2, 4) = SSP*DT0
C
SHAPE( 5) = SS0*TT0
DERIV(1, 5) = DS0*TT0
DERIV(2, 5) = SS0*DT0
C
SHAPE( 6) = SSM*TT0

```

```

DERIV(1, 6) = DSM*TT0
DERIV(2, 6) = SSM*DT0
C
C*** ELEMENTOS DE 8 NOS
C
ELSEIF (NNODE.EQ.8) THEN
C
    SM = 0.5*(1.-S)
    TM = 0.5*(1.-T)
    SP = 0.5*(1.+S)
    TP = 0.5*(1.+T)
    SS = 0.5*(1.-S*S)
    TT = 0.5*(1.-T*T)
    S2 = -2.*S
    T2 = -2.*T
C
C
    AA      = +SM+TM- 1.5
    SHAPE( 1) = +SM*TM*(AA+AA)
    DERIV(1, 1) = - TM*(AA+SM)
    DERIV(2, 1) = -SM *(AA+TM)
C
    SHAPE( 2) = +SS*TM*2.
    DERIV(1, 2) = +S2*TM
    DERIV(2, 2) = -SS
C
    AA      = +SP+TM- 1.5
    SHAPE( 3) = +SP*TM*(AA+AA)
    DERIV(1, 3) = + TM*(AA+SP)
    DERIV(2, 3) = -SP *(AA+TM)
C
    SHAPE( 4) = +SP*TT*2.
    DERIV(1, 4) = + TT
    DERIV(2, 4) = +SP*T2
C
    AA      = +SP+TP- 1.5
    SHAPE( 5) = +SP*TP*(AA+AA)
    DERIV(1, 5) = + TP*(AA+SP)
    DERIV(2, 5) = +SP *(AA+TP)
C
    SHAPE( 6) = +SS*TP*2.
    DERIV(1, 6) = +S2*TP
    DERIV(2, 6) = +SS
C
    AA      = +SM+TP- 1.5
    SHAPE( 7) = +SM*TP*(AA+AA)
    DERIV(1, 7) = - TP*(AA+SM)
    DERIV(2, 7) = +SM *(AA+TP)
C
    SHAPE( 8) = +SM*TT*2.
    DERIV(1, 8) = - TT
    DERIV(2, 8) = +SM*T2
C
C*** ELEMENTOS DE 9 NOS
C
ELSEIF (NNODE.EQ.9) THEN
C
    SSM = (S*S-S)/2.

```

$SSP = (S*S+S)/2.$
 $SS0 = -S*S+1.$
 $TTM = (T*T-T)/2.$
 $TTP = (T*T+T)/2.$
 $TT0 = -T*T+1.$
 $DSM = -.5+S$
 $DSP = +.5+S$
 $DS0 = -2.*S$
 $DTM = -.5+T$
 $DTP = +.5+T$
 $DT0 = -2.*T$

C
 SHAPE(1) = SSM*TTM
 DERIV(1, 1) = DSM*TTM
 DERIV(2, 1) = SSM*DTM

C
 SHAPE(2) = SS0*TTM
 DERIV(1, 2) = DS0*TTM
 DERIV(2, 2) = SS0*DTM

C
 SHAPE(3) = SSP*TTM
 DERIV(1, 3) = DSP*TTM
 DERIV(2, 3) = SSP*DTM

C
 SHAPE(4) = SSP*TT0
 DERIV(1, 4) = DSP*TT0
 DERIV(2, 4) = SSP*DT0

C
 SHAPE(5) = SSP*TTP
 DERIV(1, 5) = DSP*TTP
 DERIV(2, 5) = SSP*DTP

C
 SHAPE(6) = SS0*TTP
 DERIV(1, 6) = DS0*TTP
 DERIV(2, 6) = SS0*DTP

C
 SHAPE(7) = SSM*TTP
 DERIV(1, 7) = DSM*TTP
 DERIV(2, 7) = SSM*DTP

C
 SHAPE(8) = SSM*TT0
 DERIV(1, 8) = DSM*TT0
 DERIV(2, 8) = SSM*DT0

C
 SHAPE(9) = SS0*TT0
 DERIV(1, 9) = DS0*TT0
 DERIV(2, 9) = SS0*DT0

C
 ENDIF

C
 RETURN
 END

.

SUBROUTINE SHAPE3 (DERIV, EXISP, ETASP, NNODE, SHAPE)

```

C*****
C
C***  CALCULA AS FUNCOES DE MAPPING E SUAS DERIVADAS PARA ELEMENTOS
C  PLANOS SEMI-INFINITOS DE 5 E 6 NOS
C
C*** 1993.01.04 *****
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
  DIMENSION DERIV(2,9), SHAPE(9)
C
  S = EXISP
  T = ETASP
C
C***  ELEMENTOS SEMI-INFINITOS DE 5 NOS
C
  IF (NNODE.EQ.5) THEN
C
    SM = (1.-S)
    SP = (1.+S)
    TM = (1.-T)
    TP = (1.+T)
    STM = (-1.-S-T)
    STP = (-1.+S-T)
    SMM = (1.-S*S)
C
    SHAPE( 1) = SM*ST/TM
    DERIV(1, 1) = (2.*S+T)/TM
    DERIV(2, 1) = SM*(STM-TM)/(TM*TM)
C
    SHAPE( 2) = SMM*2./TM
    DERIV(1, 2) = (-4.*S)/TM
    DERIV(2, 2) = 2.*SM*SM/(TM*TM)
C
    SHAPE( 3) = SP*STP/TM
    DERIV(1, 3) = (2.*S-T)/TM
    DERIV(2, 3) = SP*(STP-TM)/(TM*TM)
C
    SHAPE( 4) = SP*TP/(2.*TM)
    DERIV(1, 4) = TP/(2.*TM)
    DERIV(2, 4) = SP*(TM+TP)/(2.*TM*TM)
C
    SHAPE( 5) = SM*TP/(2.*TM)
    DERIV(1, 5) = -TP/(2.*TM)
    DERIV(2, 5) = SM*(TM+TP)/(2.*TM*TM)
C
C***  ELEMENTOS SEMI-INFINITOS DE 6 NOS
C
  ELSEIF (NNODE.EQ.6) THEN
C
    TM = (1.-T)
    TP = (1.+T)
    SSM = (S*S-S)
    SSP = (S*S+S)
    SMM = (1.-S*S)
    SM = (2.*S-1.)
    SP = (2.*S+1.)

```

```

C      SHAPE( 1) = -SSM*T/TM
      DERIV(1, 1) = -T*SM/TM
      DERIV(2, 1) = -SSM*(TM+T)/(TM*TM)
C
      SHAPE( 2) = -SMM*2.*T/TM
      DERIV(1, 2) = 4.*S*T/TM
      DERIV(2, 2) = -2.*SPM*(TM+T)/(TM*TM)
C
      SHAPE( 3) = -SSP*T/TM
      DERIV(1, 3) = -SP*T/TM
      DERIV(2, 3) = -SSP*(TM+T)/(TM*TM)
C
      SHAPE( 4) = SSP*TP/(2.*TM)
      DERIV(1, 4) = SP*TP/(2.*TM)
      DERIV(2, 4) = SSP*(TM+TP)/(2.*TM*TM)
C
      SHAPE( 5) = SMM*TP/TM
      DERIV(1, 5) = -2.*S*TP/TM
      DERIV(2, 5) = SPM*(TM+TP)/(TM*TM)
C
      SHAPE( 6) = SSM*TP/(2.*TM)
      DERIV(1, 6) = SM*TP/(2.*TM)
      DERIV(2, 6) = SSM*(TM+TP)/(2.*TM*TM)
C
ENDIF
C
RETURN
END
.

```

```

SUBROUTINE QLOAD2 (COORD, LNODS, MATNO, NELEM, NNODE, NGAUS,
.      NPOIN, NTYPE, POSGP, PROPS, NMATS, WEIGP,
.      NPROP, NDIME, GLOAD)
C*****
C
C***  CALCULA O VECTOR DE SOLICITACAO
C
C***  1990.04.29 * JCM ***** quasar *
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  DIMENSION MATNO(NELEM), LNODS(NNODE,NELEM),
.    GLOAD(NPOIN), COORD(NDIME,NPOIN),
.    POSGP(NGAUS), PROPS(NPROP,NMATS),
.    WEIGP(NGAUS)
  DIMENSION CARTD(2,9), DERIV(2,9), NODES(9),
.    ELCOD(2,9), GPCOD( 2), SHAPE(9)
C
C***  INICIALIZACAO
C
  TWOPI = 6.283185307179586
  DO 110 IPOIN = 1,NPOIN
    GLOAD(IPOIN) = 0.0
110  CONTINUE
C
C***  CICLO SOBRE OS ELEMENTOS
C
  DO 290 IELEM = 1,NELEM
    LPROP = MATNO(IELEM)
    QVALU = PROPS(4,LPROP)
    IF (QVALU.EQ.0.0) GO TO 290
C
C***  COORDENADAS DOS NOS DO ELEMENTO
C
  DO 210 INODE = 1,NNODE
    IPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
    NODES(INODE) = IPOIN
    DO 205 IDIME = 1,NDIME
      ELCOD(IDIME,INODE) = COORD(IDIME,IPOIN)
205  CONTINUE
210  CONTINUE
C
C***  CICLOS SOBRE OS PONTOS DE GAUSS
C
  KGASP = 0
  DO 270 IGAUS = 1,NGAUS
    EXISP = POSGP(IGAUS)
  DO 270 JGAUS = 1,NGAUS
    ETASP = POSGP(JGAUS)
    KGASP = KGASP+1
    CALL SHAPE2 (DERIV, ETASP, EXISP, NNODE, SHAPE)
    CALL JACOB2 (CARTD, DERIV, DJACB, ELCOD, KGASP, IELEM,
.      NNODE, SHAPE, NDIME, GPCOD)
    DVOLU = DJACB*WEIGP(IGAUS)*WEIGP(JGAUS)
    IF (NTYPE.EQ.2) DVOLU = DVOLU*TWOPI*GPCOD(1)
C
C***  CALCULO E ESPALHAMENTO DAS CARGAS
C

```

```
      DO 260 INODE = 1,NNODE
        IPOIN = NODES(INODE)
        QNIDV = QVALU*SHAPE(INODE)*DVOLU
        GLOAD(IPOIN) = GLOAD(IPOIN)+QNIDV
260    CONTINUE
270  CONTINUE
290 CONTINUE
C
  RETURN
  END
.
```

```

SUBROUTINE GAUSSB (A, B, N, NA, X, R, IFFIX, FIXED, ICASE, KSBAN,
                  NK)
C*****
C
C*** EFECTUA A REDUCAO E RETROSUBSTITUICAO DE GAUSS
C * MATRIZ DOS COEFICIENTES SIMETRICA EM BANDA "VARIABEL" COM
C   ARMazenamento DO TRIANGULO SUPERIOR EM VECTOR POR LINHAS
C * VECTOR DAS INCOGNITAS COM COMPONENTES NAO LIVRES
C * MULTIPLOS TERMOS INDEPENDENTES EM SOLUCAO SEQUENCIAL
C * SEM ESCOLHA DE PIVOT
C
C**** 1990.06.11 * JCM *****
$debug
$large
      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
      DIMENSION A(NA), B(N), X(N), R(N), IFFIX(N), FIXED(N), KSBAN(NK)
C..... REDUCAO
C*** CICLO SOBRE AS EQUACOES
C
      DO 500 L = 1,N
        LL = KSBAN(L)
        NI = L+KSBAN(L+1)-LL-1
C
C*** VARIABEL LIVRE
C
        IF (IFFIX(L).NE.1) THEN
C
C*** VERIFICACAO DO PIVOT
C
          PIVOT = A(LL)
          IF (PIVOT.LT.1.E-10) THEN
            WRITE (6,900) PIVOT,L
900    FORMAT(//5X,' *** STOP na subrotina GAUSSB : PIVOT =',E12.3,
              ' na equa $\frac{1}{2}$ ,o n $\S$ .',I5)
            STOP ' *** STOP na subrotina GAUSSB'
          ENDIF
C
          LI = LL
          DO 200 I = L+1,NI
            LI = LI+1
            FACTR = A(LI)/PIVOT
            IF (FACTR.NE.0.0) THEN
              IF (ICASE.EQ.1) THEN
                IJ = KSBAN(I)
                LJ = LI
                DO 100 J = I,NI
                  A(IJ) = A(IJ)-FACTR*A(LJ)
                  IJ = IJ+1
                  LJ = LJ+1
100          CONTINUE
                ENDIF
                B(I) = B(I)-FACTR*B(L)
              ENDIF
            CONTINUE
200          CONTINUE
C
C*** VARIABEL NAO LIVRE
C
          ELSE

```

```

      DIFIX = FIXED(L)
      IF (DIFIX.NE.0.0) THEN
        LI = LL
        DO 300 I = L,NI
          B(I) = B(I)-DIFIX*A(LI)
          LI = LI+1
300      CONTINUE
        ENDIF
      ENDIF
500 CONTINUE
C..... RETROSUBSTITUICAO
C*** CICLO POR ORDEM INVERSA SOBRE AS EQUACOES REDUZIDAS
C
      DO 700 I = N,1,-1
        II = KSBAN(I)
        AUX = B(I)
        NI = I+KSBAN(I+1)-II-1
        IJ = II
        DO 600 J = I+1,NI
          IJ = IJ+1
          AUX = AUX-A(IJ)*X(J)
600      CONTINUE
C
      IF (IFFIX(I).NE.1) THEN
        X(I) = AUX/A(II)
        R(I) = 0.0
      ELSE
        X(I) = FIXED(I)
        R(I) = -AUX
      ENDIF
700 CONTINUE
C
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE QVELOC (MATNO, PROPS, COORD, NDIME, LNODS, XVECT,
.           NMATS, NPROP, NGAUS, NELEM, NONOD, NPOIN,
.           POSGP, VELOC, GPCOD, NTOTG, NNODM)
C*****
C
C***  CALCULA A VELOCIDADE NOS PONTOS DE GAUSS
C
C**** 1990.06.10 * JCM ***** quasar *
$debug
$large
  IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
  DIMENSION MATNO(NELEM), PROPS(NPROP,NMATS), VELOC(NDIME,NTOTG),
.    POSGP(NGAUS), LNODS(NNODM,NELEM), GPCOD(NDIME,NTOTG),
.    XVECT(NPOIN), COORD(NDIME,NPOIN), NONOD(NELEM)
  DIMENSION ELCOD(2,9), CARTD(2,9), DERIV(2,9), SHAPE(9), VECTX(9)
C
C***  CICLO SOBRE OS ELEMENTOS
C
  KGAUS = 0
  DO 500 IELEM = 1,NELEM
C
C***  CARACTERISTICAS MATERIAIS DO ELEMENTO
C
    LPROP = MATNO(IELEM)
    VALKX = PROPS(1,LPROP)
    VALKY = PROPS(2,LPROP)
    THETA = PROPS(3,LPROP)
C
C***  DETERMINACAO DA MATRIZ DE PERMEABILIDADE EM RELACAO A XY
C
    IF (VALKX.NE.VALKY.AND.THETA.NE.0.0) THEN
      S = SIN(THETA)
      C = COS(THETA)
      PER11 = C*C*VALKX + S*S*VALKY
      PER22 = S*S*VALKX + C*C*VALKY
      PER12 = C*S*(VALKX-VALKY)
    ELSE
      PER11 = VALKX
      PER22 = VALKY
      PER12 = 0.0
    ENDIF
C
C***  VALORES DE FI E COORDENADAS DOS NOS DO ELEMENTO
C
    DO 150 INODE = 1,NONOD(IELEM)
      IPOIN = LNODS(INODE,IELEM)
      VECTX(INODE) = XVECT(IPOIN)
      DO 140 IDIME = 1,NDIME
        ELCOD(IDIME,INODE) = COORD(IDIME,IPOIN)
140    CONTINUE
150    CONTINUE
C
C***  CICLOS SOBRE OS PONTOS DE GAUSS
C
  KGASP = 0
  DO 300 IGAUS = 1,NGAUS
    EXISP = POSGP(IGAUS)
    DO 300 JGAUS = 1,NGAUS

```

```

      KGAUS = KGAUS+1
      KGASP = KGASP+1
      ETASP = POSGP(JGAUS)
C
C*** DETERMINACAO DAS DERIVADAS CARTESIANAS DAS FUNCOES DE FORMA E
C  DAS COORDENADAS DO PONTO DE GAUSS
      NNODE=NONOD(IELEM)
      CALL SHAPE2 (DERIV, ETASP, EXISP, NNODE, SHAPE)
      CALL JACOB2 (CARTD, DERIV, DJACB, ELCOD, KGASP, IELEM,
                   NNODE, SHAPE, NDIME, GPCOD(1,KGAUS))
C
C*** CALCULO DE DFI/DX E DFI/DY
C
      DFIDX = 0.0
      DFIDY = 0.0
      DO 200 INODE = 1, NONOD(IELEM)
        DFIDX = DFIDX+CARTD(1,INODE)*VECTX(INODE)
        DFIDY = DFIDY+CARTD(2,INODE)*VECTX(INODE)
200    CONTINUE
C
C*** CALCULO DA VELOCIDADE NO PONTO DE GAUSS
C
      VELOC(1,KGAUS) = -(PER11*DFIDX+PER12*DFIDY)
      VELOC(2,KGAUS) = -(PER12*DFIDX+PER22*DFIDY)
300    CONTINUE
500    CONTINUE
C
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE QOUTPT (NPOIN, XVECT, IFFIX, REACT, VELOC, GPCOD,
NDIME, NTOTG)
C*****
C
C*** ESCREVE OS RESULTADOS FINAIS
C
C*** 1990.06.10 * JCM ***** quasar *
Sdebug
$large
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION XVECT(NPOIN), IFFIX(NPOIN), REACT(NPOIN),
GPCOD(NDIME,NTOTG), VELOC(NDIME,NTOTG)
C
C*** POTENCIAIS
C
WRITE (6,900)
900 FORMAT(/3X,29('*'),'Potenciais ',28('*'),
. /' N $\phi$  i(m) ',
. ' N $\phi$  i(m) ',
. ' N $\phi$  i(m) ',
. /3X,17('Ä'),9X,17('Ä'),9X,17('Ä'))
C
NROWS = (NPOIN+2)/3
DO 110 IROWS = 1,NROWS
I1 = IROWS
I2 = MIN(I1+2*NROWS,NPOIN)
WRITE (6,910)(J,XVECT(J),J=I1,I2,NROWS)
110 CONTINUE
910 FORMAT(3(I5,1X,1P,E14.6,0P,6X))
C
C*** REACCOES
C
WRITE (6,920)
920 FORMAT(/' ***** Reac $\ddagger$ es *****',
. /' N $\phi$  Q(m3/s)' /3X,21('Ä'))
C
DO 220 IPOIN = 1,NPOIN
IF (IFFIX(IPOIN).NE.0)
WRITE (6,925) IPOIN,REACT(IPOIN)
220 CONTINUE
925 FORMAT(I5,5X,1P,E14.6)
C
C*** VELOCIDADES
C
WRITE (6,930)
930 FORMAT(/3X,29('*'),'Velocidade ',28('*'),
. /' p.G. x(m) y(m)',
. ' vx(m/s) vy(m/s)',
. /3X,69('Ä'))
C
DO 300 I = 1,NTOTG
WRITE (6,935) I,GPCOD(1,I),GPCOD(2,I),VELOC(1,I),VELOC(2,I)
300 CONTINUE
935 FORMAT(I6,4X,F10.3,4X,F10.3,5X,1P,E14.6,5X,E14.6)
C
RETURN
END

```

ANEXO 2:

LISTAGENS DOS

FICHEIROS DE

DADOS E

RESULTADOS DOS

EXEMPLOS

CORTINA DE ESTACAS PRANCHA

259 72 26 1 8 1 2

1	1	1	2	3	15	23	22	21	14
2	1	3	4	5	16	25	24	23	15
3	1	5	6	7	17	27	26	25	16
4	1	7	8	9	18	29	28	27	17
5	1	9	10	11	19	31	30	29	18
6	1	11	12	13	20	33	32	31	19
7	1	21	22	23	35	43	42	41	34
8	1	23	24	25	36	45	44	43	35
9	1	25	26	27	37	47	46	45	36
10	1	27	28	29	38	49	48	47	37
11	1	29	30	31	39	51	50	49	38
12	1	31	32	33	40	53	52	51	39
13	1	41	42	43	55	63	62	61	54
14	1	43	44	45	56	65	64	63	55
15	1	45	46	47	57	67	66	65	56
16	1	47	48	49	58	69	68	67	57
17	1	49	50	51	59	71	70	69	58
18	1	51	52	53	60	73	72	71	59
19	1	13	74	75	86	93	92	33	20
20	1	75	76	77	87	95	94	93	86
21	1	77	78	79	88	97	96	95	87
22	1	79	80	81	89	99	98	97	88
23	1	81	82	83	90	101	100	99	89
24	1	83	84	85	91	103	102	101	90
25	1	33	92	93	104	111	110	53	40
26	1	93	94	95	105	113	112	111	104
27	1	95	96	97	106	115	114	113	105
28	1	97	98	99	107	117	116	115	106
29	1	99	100	101	108	119	118	117	107
30	1	101	102	103	109	121	120	119	108
31	1	53	110	111	122	129	128	73	60
32	1	111	112	113	123	131	130	129	122
33	1	113	114	115	124	133	132	131	123
34	1	115	116	117	125	135	134	133	124
35	1	117	118	119	126	137	136	135	125
36	1	119	120	121	127	139	138	137	126
37	1	73	128	129	141	149	148	147	140
38	1	129	130	131	142	151	150	149	141
39	1	131	132	133	143	153	152	151	142
40	1	133	134	135	144	155	154	153	143
41	1	135	136	137	145	157	156	155	144
42	1	137	138	139	146	159	158	157	145
43	1	147	148	149	161	169	168	167	160
44	1	149	150	151	162	171	170	169	161
45	1	151	152	153	163	173	172	171	162
46	1	153	154	155	164	175	174	173	163
47	1	155	156	157	165	177	176	175	164
48	1	157	158	159	166	179	178	177	165
49	1	167	168	169	181	189	188	187	180
50	1	169	170	171	182	191	190	189	181
51	1	171	172	173	183	193	192	191	182
52	1	173	174	175	184	195	194	193	183
53	1	175	176	177	185	197	196	195	184
54	1	177	178</						

55	1	61	62	63	201	209	208	207	200
56	1	63	64	65	202	211	210	209	201
57	1	65	66	67	203	213	212	211	202
58	1	67	68	69	204	215	214	213	203
59	1	69	70	71	205	217	216	215	204
60	1	71	72	73	206	219	218	217	205
61	1	207	208	209	221	229	228	227	220
62	1	209	210	211	222	231	230	229	221
63	1	211	212	213	223	233	232	231	222
64	1	213	214	215	224	235	234	233	223
65	1	215	216	217	225	237	236	235	224
66	1	217	218	219	226	239	238	237	225
67	1	227	228	229	241	249	248	247	240
68	1	229	230	231	242	251	250	249	241
69	1	231	232	233	243	253	252	251	242
70	1	233	234	235	244	255	254	253	243
71	1	235	236	237	245	257	256	255	244
72	1	237	238	239	246	259	258	257	245

1	.00000	.00000
2	1.50000	.00000
3	3.00000	.00000
4	4.50000	.00000
5	6.00000	.00000
6	7.50000	.00000
7	9.00000	.00000
8	10.50000	.00000
9	12.00000	.00000
10	13.50000	.00000
11	15.00000	.00000
12	16.50000	.00000
13	18.00000	.00000
14	.00000	1.50000
15	3.00000	1.50000
16	6.00000	1.50000
17	9.00000	1.50000
18	12.00000	1.50000
19	15.00000	1.50000
20	18.00000	1.50000
21	.00000	3.00000
22	1.50000	3.00000
23	3.00000	3.00000
24	4.50000	3.00000
25	6.00000	3.00000
26	7.50000	3.00000
27	9.00000	3.00000
28	10.50000	3.00000
29	12.00000	3.00000
30	13.50000	3.00000
31	15.00000	3.00000
32	16.50000	3.00000
33	18.00000	3.00000
34	.00000	4.50000
35	3.00000	4.50000
36	6.00000	4.50000
37	9.00000	4.50000
38	12.00000	4.50000
39	15.00000	4.50000
40	18.00000	4.50000

41	.00000	6.00000
42	1.50000	6.00000
43	3.00000	6.00000
44	4.50000	6.00000
45	6.00000	6.00000
46	7.50000	6.00000
47	9.00000	6.00000
48	10.50000	6.00000
49	12.00000	6.00000
50	13.50000	6.00000
51	15.00000	6.00000
52	16.50000	6.00000
53	18.00000	6.00000
54	.00000	7.50000
55	3.00000	7.50000
56	6.00000	7.50000
57	9.00000	7.50000
58	12.00000	7.50000
59	15.00000	7.50000
60	18.00000	7.50000
61	.00000	9.00000
62	1.50000	9.00000
63	3.00000	9.00000
64	4.50000	9.00000
65	6.00000	9.00000
66	7.50000	9.00000
67	9.00000	9.00000
68	10.50000	9.00000
69	12.00000	9.00000
70	13.50000	9.00000
71	15.00000	9.00000
72	16.50000	9.00000
73	18.00000	9.00000
74	19.50000	.00000
75	21.00000	.00000
76	22.50000	.00000
77	24.00000	.00000
78	25.50000	.00000
79	27.00000	.00000
80	28.50000	.00000
81	30.00000	.00000
82	31.50000	.00000
83	33.00000	.00000
84	34.50000	.00000
85	36.00000	.00000
86	21.00000	1.50000
87	24.00000	1.50000
88	27.00000	1.50000
89	30.00000	1.50000
90	33.00000	1.50000
91	36.00000	1.50000
92	19.50000	3.00000
93	21.00000	3.00000
94	22.50000	3.00000
95	24.00000	3.00000
96	25.50000	3.00000
97	27.00000	3.00000
98	28.50000	3.00000

99	30.00000	3.00000
100	31.50000	3.00000
101	33.00000	3.00000
102	34.50000	3.00000
103	36.00000	3.00000
104	21.00000	4.50000
105	24.00000	4.50000
106	27.00000	4.50000
107	30.00000	4.50000
108	33.00000	4.50000
109	36.00000	4.50000
110	19.50000	6.00000
111	21.00000	6.00000
112	22.50000	6.00000
113	24.00000	6.00000
114	25.50000	6.00000
115	27.00000	6.00000
116	28.50000	6.00000
117	30.00000	6.00000
118	31.50000	6.00000
119	33.00000	6.00000
120	34.50000	6.00000
121	36.00000	6.00000
122	21.00000	7.50000
123	24.00000	7.50000
124	27.00000	7.50000
125	30.00000	7.50000
126	33.00000	7.50000
127	36.00000	7.50000
128	19.50000	9.00000
129	21.00000	9.00000
130	22.50000	9.00000
131	24.00000	9.00000
132	25.50000	9.00000
133	27.00000	9.00000
134	28.50000	9.00000
135	30.00000	9.00000
136	31.50000	9.00000
137	33.00000	9.00000
138	34.50000	9.00000
139	36.00000	9.00000
140	18.01667	10.50000
141	21.01389	10.50000
142	24.01111	10.50000
143	27.00833	10.50000
144	30.00556	10.50000
145	33.00278	10.50000
146	36.00000	10.50000
147	18.03333	12.00000
148	19.53056	12.00000
149	21.02778	12.00000
150	22.52500	12.00000
151	24.02222	12.00000
152	25.51944	12.00000
153	27.01667	12.00000
154	28.51389	12.00000
155	30.01111	12.00000
156	31.50833	12.00000

157	33.00556	12.00000
158	34.50278	12.00000
159	36.00000	12.00000
160	18.05000	13.50000
161	21.04167	13.50000
162	24.03333	13.50000
163	27.02500	13.50000
164	30.01667	13.50000
165	33.00833	13.50000
166	36.00000	13.50000
167	18.06667	15.00000
168	19.56111	15.00000
169	21.05556	15.00000
170	22.55000	15.00000
171	24.04444	15.00000
172	25.53889	15.00000
173	27.03333	15.00000
174	28.52778	15.00000
175	30.02222	15.00000
176	31.51667	15.00000
177	33.01111	15.00000
178	34.50556	15.00000
179	36.00000	15.00000
180	18.08333	16.50000
181	21.06944	16.50000
182	24.05556	16.50000
183	27.04167	16.50000
184	30.02778	16.50000
185	33.01389	16.50000
186	36.00000	16.50000
187	18.10000	18.00000
188	19.59167	18.00000
189	21.08333	18.00000
190	22.57500	18.00000
191	24.06667	18.00000
192	25.55833	18.00000
193	27.05000	18.00000
194	28.54167	18.00000
195	30.03333	18.00000
196	31.52500	18.00000
197	33.01667	18.00000
198	34.50833	18.00000
199	36.00000	18.00000
200	.00000	10.50000
201	3.00000	10.50000
202	6.00000	10.50000
203	9.00000	10.50000
204	12.00000	10.50000
205	15.00000	10.50000
206	18.00000	10.50000
207	.00000	12.00000
208	1.50000	12.00000
209	3.00000	12.00000
210	4.50000	12.00000
211	6.00000	12.00000
212	7.50000	12.00000
213	9.00000	12.00000
214	10.50000	12.00000

215	12.00000	12.00000
216	13.50000	12.00000
217	15.00000	12.00000
218	16.50000	12.00000
219	18.00000	12.00000
220	.00000	13.50000
221	3.00000	13.50000
222	6.00000	13.50000
223	9.00000	13.50000
224	12.00000	13.50000
225	15.00000	13.50000
226	18.00000	13.50000
227	.00000	15.00000
228	1.50000	15.00000
229	3.00000	15.00000
230	4.50000	15.00000
231	6.00000	15.00000
232	7.50000	15.00000
233	9.00000	15.00000
234	10.50000	15.00000
235	12.00000	15.00000
236	13.50000	15.00000
237	15.00000	15.00000
238	16.50000	15.00000
239	18.00000	15.00000
240	.00000	16.50000
241	3.00000	16.50000
242	6.00000	16.50000
243	9.00000	16.50000
244	12.00000	16.50000
245	15.00000	16.50000
246	18.00000	16.50000
247	.00000	18.00000
248	1.50000	18.00000
249	3.00000	18.00000
250	4.50000	18.00000
251	6.00000	18.00000
252	7.50000	18.00000
253	9.00000	18.00000
254	10.50000	18.00000
255	12.00000	18.00000
256	13.50000	18.00000
257	15.00000	18.00000
258	16.50000	18.00000
259	18.00000	18.00000

1
5.e-9 5.e-9 0. 0.

187	19.5
188	19.5
189	19.5
190	19.5
191	19.5
192	19.5
193	19.5
194	19.5
195	19.5
196	19.5
197	19.5

198	19.5
199	19.5
247	27
248	27
249	27
250	27
251	27
252	27
253	27
254	27
255	27
256	27
257	27
258	27
259	27

•

24	1	83 84 85 91 103 102 101 90 25
1	33	92 93 104 111 110 53 40 26 1
93	94	95 105 113 112 111 104 27 1 95
96	97	106 115 114 113 105 28 1 97 98
99	107	117 116 115 106 29 1 99 100 101
108	119	118 117 107 30 1 101 102 103 109
121	120	119 108 31 1 53 110 111 122 129
128	73	60 32 1 111 112 113 123
33	1	113 114 115 124 133 132 131 123 34
1	115	116 117 125 135 134 133 124 35 1
117	118	119 126 137 136 135 125 36 1 119
120	121	127 139 138 137 126 37 1 73 128
129	141	149 148 147 140 38 1 129 130 131
142	151	150 149 141 39 1 131 132 133 143
153	152	151 142 40 1 133 134 135 144 155
154	153	143 41 1 135 136 137 145 157 156
155	144	42 1 137 138 139 146 159 158 157
145	43	1 147 148 149 161 169 168 167 160
44	1	149 150 151 162
45	1	151 152 153 163 173 172 171 162 46
1	153	154 155 164 175 174 173 163 47 1
155	156	157 165 177 176 175 164 48 1 157
158	159	166 179 178 177 165 49 1 167 168
169	181	189 188 187 180 50 1 169 170 171
182	191	190 189 181 51 1 171 172 173 183
193	192	191 182 52 1 173 174 175 184 195
194	193	183 53 1 175 176 177 185 197 196
195	184	54 1 177 178 179 186 199 198 197
185	55	1 61 62 63 201 209 208 207 200
56	1	63 64 65 202 211 210 209 201 57
1	65	66 67 203 213 212 211 202 58 1
67	68	69 204 215 214 213 203 59 1 69
70	71	205 217 216 215 204 60 1 71 72

"BARRAGEM DE CRESTUMA": UMA ABORDAGEM INOVADORA

203 48 18 1 8 1 2

1	1	1	2	3	11	17	16	15	10
2	1	3	4	5	12	19	18	17	11
3	1	5	6	7	13	21	20	19	12
4	1	7	8	9	14	23	22	21	13
5	1	15	16	17	25	31	30	29	24
6	1	17	18	19	26	33	32	31	25
7	1	19	20	21	27	35	34	33	26
8	1	21	22	23	28	37	36	35	27
9	1	29	30	31	39	45	44	43	38
10	1	31	32	33	40	47	46	45	39
11	1	33	34	35	41	49	48	47	40
12	1	35	36	37	42	51	50	49	41
13	1	43	44	45	53	59	58	57	52
14	1	45	46	47	54	61	60	59	53
15	1	47	48	49	55	63	62	61	54
16	1	49	50	51	56	65	64	63	55
17	1	9	66	67	69	72	71	70	68
18	1	70	71	72	74	77	76	75	73
19	1	67	78	79	87	93	92	91	86
20	1	79	80	81	88	95	94	93	87
21	1	81	82	83	89	97	96	95	88
22	1	83	84	85	90	99	98	97	89
23	1	91	92	93	101	107	106	105	100
24	1	93	94	95	102	109	108	107	101
25	1	95	96	97	103	111	110	109	102
26	1	97	98	99	104	113	112	111	103
27	1	105	106	107	115	121	120	119	114
28	1	107	108	109	116	123	122	121	115
29	1	109	110	111	117	125	124	123	116
30	1	111	112	113	118	127	126	125	117
31	1	85	128	129	131	134	133	132	130
32	1	132	133	134	136	139	138	137	135
33	1	129	140	141	149	155	154	153	148
34	1	141	142	143	150	157	156	155	149
35	1	143	144	145	151	159	158	157	150
36	1	145	146	147	152	161	160	159	151
37	1	153	154	155	163	169	168	167	162
38	1	155	156	157	164	171	170	169	163
39	1	157	158	159	165	173	172	171	164
40	1	159	160	161	166	175	174	173	165
41	1	167	168	169	177	183	182	181	176
42	1	169	170	171	178	185	184	183	177
43	1	171	172	173	179	187	186	185	178
44	1	173	174	175	180	189	188	187	179
45	1	181	182	183	191	197	196	195	190
46	1	183	184	185	192	199	198	197	191
47	1	185	186	187	193	201	200	199	192
48	1	187	188	189	194	203	202	201	193

1	.00000	.00000
2	5.00000	.00000
3	10.00000	.00000
4	15.00000	.00000
5	20.00000	.00000
6	25.00000	.00000

7	30.00000	.00000
8	35.00000	.00000
9	40.00000	.00000
10	.00000	5.00625
11	10.00000	5.00625
12	20.00000	5.00625
13	30.00000	5.00625
14	40.00000	5.00625
15	.00000	10.01250
16	5.00000	10.01250
17	10.00000	10.01250
18	15.00000	10.01250
19	20.00000	10.01250
20	25.00000	10.01250
21	30.00000	10.01250
22	35.00000	10.01250
23	40.00000	10.01250
24	.00000	15.01875
25	10.00000	15.01875
26	20.00000	15.01875
27	30.00000	15.01875
28	40.00000	15.01875
29	.00000	20.02500
30	5.00000	20.02500
31	10.00000	20.02500
32	15.00000	20.02500
33	20.00000	20.02500
34	25.00000	20.02500
35	30.00000	20.02500
36	35.00000	20.02500
37	40.00000	20.02500
38	.00000	25.03125
39	10.00000	25.03125
40	20.00000	25.03125
41	30.00000	25.03125
42	40.00000	25.03125
43	.00000	30.03750
44	5.00000	30.03750
45	10.00000	30.03750
46	15.00000	30.03750
47	20.00000	30.03750
48	25.00000	30.03750
49	30.00000	30.03750
50	35.00000	30.03750
51	40.00000	30.03750
52	.00000	33.76875
53	10.00000	33.76875
54	20.00000	33.76875
55	30.00000	33.76875
56	40.00000	33.76875
57	.00000	37.50000
58	5.00000	37.50000
59	10.00000	37.50000
60	15.00000	37.50000
61	20.00000	37.50000
62	25.00000	37.50000
63	30.00000	37.50000
64	35.00000	37.50000

65	40.00000	37.50000
66	41.25000	.00000
67	42.50000	.00000
68	40.00000	5.00000
69	42.50000	5.00000
70	40.00000	10.00000
71	41.25000	10.00000
72	42.50000	10.00000
73	40.00000	15.00000
74	42.50000	15.00000
75	40.00000	20.00000
76	41.25000	20.00000
77	42.50000	20.00000
78	48.12500	.00000
79	53.75000	.00000
80	59.37500	.00000
81	65.00000	.00000
82	70.62500	.00000
83	76.25000	.00000
84	81.87500	.00000
85	87.50000	.00000
86	42.50000	5.00500
87	53.75000	5.00500
88	65.00000	5.00500
89	76.25000	5.00500
90	87.50000	5.00500
91	42.50000	10.01000
92	48.12500	10.01000
93	53.75000	10.01000
94	59.37500	10.01000
95	65.00000	10.01000
96	70.62500	10.01000
97	76.25000	10.01000
98	81.87500	10.01000
99	87.50000	10.01000
100	42.50000	15.01500
101	53.75000	15.01500
102	65.00000	15.01500
103	76.25000	15.01500
104	87.50000	15.01500
105	42.50000	20.02000
106	48.12500	20.02000
107	53.75000	20.02000
108	59.37500	20.02000
109	65.00000	20.02000
110	70.62500	20.02000
111	76.25000	20.02000
112	81.87500	20.02000
113	87.50000	20.02000
114	42.50000	23.76000
115	53.75000	23.76000
116	65.00000	23.76000
117	76.25000	23.76000
118	87.50000	23.76000
119	42.50000	27.50000
120	48.12500	27.50000
121	53.75000	27.50000
122	59.37500	27.50000

123	65.00000	27.50000
124	70.62500	27.50000
125	76.25000	27.50000
126	81.87500	27.50000
127	87.50000	27.50000
128	88.75000	.00000
129	90.00000	.00000
130	87.50000	5.00000
131	90.00000	5.00000
132	87.50000	10.00000
133	88.75000	10.00000
134	90.00000	10.00000
135	87.50000	15.00000
136	90.00000	15.00000
137	87.50000	20.00000
138	88.75000	20.00000
139	90.00000	20.00000
140	95.00000	.00000
141	100.00000	.00000
142	105.00000	.00000
143	110.00000	.00000
144	115.00000	.00000
145	120.00000	.00000
146	125.00000	.00000
147	130.00000	.00000
148	90.00000	5.00500
149	100.00000	5.00500
150	110.00000	5.00500
151	120.00000	5.00500
152	130.00000	5.00500
153	90.00000	10.01000
154	95.00000	10.01000
155	100.00000	10.01000
156	105.00000	10.01000
157	110.00000	10.01000
158	115.00000	10.01000
159	120.00000	10.01000
160	125.00000	10.01000
161	130.00000	10.01000
162	90.00000	15.01500
163	100.00000	15.01500
164	110.00000	15.01500
165	120.00000	15.01500
166	130.00000	15.01500
167	90.00000	20.02000
168	95.00000	20.02000
169	100.00000	20.02000
170	105.00000	20.02000
171	110.00000	20.02000
172	115.00000	20.02000
173	120.00000	20.02000
174	125.00000	20.02000
175	130.00000	20.02000
176	90.00000	23.76500
177	100.00000	23.76500
178	110.00000	23.76500
179	120.00000	23.76500
180	130.00000	23.76500

181	90.00000	27.51000
182	95.00000	27.51000
183	100.00000	27.51000
184	105.00000	27.51000
185	110.00000	27.51000
186	115.00000	27.51000
187	120.00000	27.51000
188	125.00000	27.51000
189	130.00000	27.51000
190	90.00000	31.25500
191	100.00000	31.25500
192	110.00000	31.25500
193	120.00000	31.25500
194	130.00000	31.25500
195	90.00000	35.00000
196	95.00000	35.00000
197	100.00000	35.00000
198	105.00000	35.00000
199	110.00000	35.00000
200	115.00000	35.00000
201	120.00000	35.00000
202	125.00000	35.00000
203	130.00000	35.00000

1

1E-5 1E-5 0 0

57 50.5

58 50.5

59 50.5

60 50.5

61 50.5

62 50.5

63 50.5

64 50.5

65 50.5

195 37

196 37

197 37

198 37

199 37

200 37

201 37

202 37

203 37

•

```

*****
***** Resultados obtidos com o PROGRAMA "QUASAR" [vers.,o 4.00] *****
***** Ficheiro de dados :   crestuma.dat   ****  07-24-93   ****
***** Ficheiro de resultados : crestuma.res ****  03:19:04   ****
*****

```

"BARRAGEM DE CRESTUMA": UMA ABORDAGEM INOVADORA

*** PARAMETROS DE CONTROLE

```

N$. total de nós      (NPOIN) = 203
N$. total de elementos (NELEM) = 48
N$. de nós com valores fixos (NVFIX) = 18
N$. de materiais      (NMATS) = 1
N$. max.de nós/elemento (NNODM) = 8
Tipo de problema      (NTYPE) = 1
N$ de pontos de integração (NGAUS) = 2
N$. de graus de liberdade/n (NDOFN) = 1
N$. de coordenadas/n (NDIME) = 2
N$. de propriedades/material (NPROP) = 4
N$. total de vari veis (NTOTV) = 203
N$. total de pontos de Gauss (NTOTG) = 192

```

*** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "QCHEK1":
 *** N,,o foram detectados erros nos parfmetros de controle

***** CARACTERISTICAS DOS ELEMENTOS

```

Elem. Material      Ns
AAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
1      1      1 2
2      1      3 4 5 12
3      1      5 6 7 13 21 20
4      1      7 8 9 14 23 22 21 13
5      1      15 16 17 25 31 30 29 24 6
1      17      18 19 26 33 32
7      1      19 20 21 27 35 34 33 26 8
1      21      22 23 28 37 36 35 27 9 1
10     1      31 32 33 40 47 46 45 39 11
1      33      34 35 41 49 48 47 40 12 1
35     36      37 42 51 50 49 41 13 1 43
44
14     1      45 46 47 54 61 60 59 53 15
1      47      48 49 55 63 62 61 54 16 1
49     50      51 56 65 64 63 55 17 1 9
66     67      69 72 71 70 68 18 1 70 71
72     74      77 76
19     1      67 78 79 87 93 92 91 86 20
1      79      80 81 88 95 94 93 87 21 1
81     82      83 89 97 96 95 88 22 1 83
84     85      90 99 98 97 89 23 1 91 92

```

[illegible]

* * * * * SEMINARIO I * * * * *
 * * * * * APLICACAO DE ELMENTOS FINITOS A PROBLEMAS DE PERCOLA•ÇO * * * * *
 *
 _ * _ * _ * _ * _ * _ * BARRAGEM DE CRESTUMA * _ * _ * _ * _ * _ *

203 48 18 1 8 1 2
 1 1 8 1 2 3 11 17 16 15 10
 2 1 8 3 4 5 12 19 18 17 11
 3 1 8 5 6 7 13 21 20 19 12
 4 1 8 7 8 9 14 23 22 21 13
 5 1 8 15 16 17 25 31 30 29 24
 6 1 8 17 18 19 26 33 32 31 25
 7 1 8 19 20 21 27 35 34 33 26
 8 1 8 21 22 23 28 37 36 35 27
 9 1 8 29 30 31 39 45 44 43 38
 10 1 8 31 32 33 40 47 46 45 39
 11 1 8 33 34 35 41 49 48 47 40
 12 1 8 35 36 37 42 51 50 49 41
 13 1 8 43 44 45 53 59 58 57 52
 14 1 8 45 46 47 54 61 60 59 53
 15 1 8 47 48 49 55 63 62 61 54
 16 1 8 49 50 51 56 65 64 63 55
 17 1 8 9 66 67 69 72 71 70 68
 18 1 8 70 71 72 74 77 76 75 73
 19 1 8 67 78 79 87 93 92 91 86
 20 1 8 79 80 81 88 95 94 93 87
 21 1 8 81 82 83 89 97 96 95 88
 22 1 8 83 84 85 90 99 98 97 89
 23 1 8 91 92 93 101 107 106 105 100
 24 1 8 93 94 95 102 109 108 107 101
 25 1 8 95 96 97 103 111 110 109 102
 26 1 8 97 98 99 104 113 112 111 103
 27 1 8 105 106 107 115 121 120 119 114
 28 1 8 107 108 109 116 123 122 121 115
 29 1 8 109 110 111 117 125 124 123 116
 30 1 8 111 112 113 118 127 126 125 117
 31 1 8 85 128 129 131 134 133 132 130
 32 1 8 132 133 134 136 139 138 137 135
 33 1 8 129 140 141 149 155 154 153 148
 34 1 8 141 142 143 150 157 156 155 149
 35 1 8 143 144 145 151 159 158 157 150
 36 1 8 145 146 147 152 161 160 159 151
 37 1 8 153 154 155 163 169 168 167 162
 38 1 8 155 156 157 164 171 170 169 163
 39 1 8 157 158 159 165 173 172 171 164
 40 1 8 159 160 161 166 175 174 173 165
 41 1 8 167 168 169 177 183 182 181 176
 42 1 8 169 170 171 178 185 184 183 177
 43 1 8 171 172 173 179 187 186 185 178
 44 1 8 173 174 175 180 189 188 187 179
 45 1 8 181 182 183 191 197 196 195 190
 46 1 8 183 184 185 192 199 198 197 191
 47 1 8 185 186 187 193 201 200 199 192
 48 1 8 187 188 189 194 203 202 201 193
 1 .00000 .00000
 2 5.00000 .00000
 3 10.00000 .00000
 4 15.00000 .00000

5	20.00000	.00000
6	25.00000	.00000
7	30.00000	.00000
8	35.00000	.00000
9	40.00000	.00000
10	.00000	5.00625
11	10.00000	5.00625
12	20.00000	5.00625
13	30.00000	5.00625
14	40.00000	5.00625
15	.00000	10.01250
16	5.00000	10.01250
17	10.00000	10.01250
18	15.00000	10.01250
19	20.00000	10.01250
20	25.00000	10.01250
21	30.00000	10.01250
22	35.00000	10.01250
23	40.00000	10.01250
24	.00000	15.01875
25	10.00000	15.01875
26	20.00000	15.01875
27	30.00000	15.01875
28	40.00000	15.01875
29	.00000	20.02500
30	5.00000	20.02500
31	10.00000	20.02500
32	15.00000	20.02500
33	20.00000	20.02500
34	25.00000	20.02500
35	30.00000	20.02500
36	35.00000	20.02500
37	40.00000	20.02500
38	.00000	25.03125
39	10.00000	25.03125
40	20.00000	25.03125
41	30.00000	25.03125
42	40.00000	25.03125
43	.00000	30.03750
44	5.00000	30.03750
45	10.00000	30.03750
46	15.00000	30.03750
47	20.00000	30.03750
48	25.00000	30.03750
49	30.00000	30.03750
50	35.00000	30.03750
51	40.00000	30.03750
52	.00000	33.76875
53	10.00000	33.76875
54	20.00000	33.76875
55	30.00000	33.76875
56	40.00000	33.76875
57	.00000	37.50000
58	5.00000	37.50000
59	10.00000	37.50000
60	15.00000	37.50000
61	20.00000	37.50000
62	25.00000	37.50000

63	30.00000	37.50000
64	35.00000	37.50000
65	40.00000	37.50000
66	41.25000	.00000
67	42.50000	.00000
68	40.00000	5.00000
69	42.50000	5.00000
70	40.00000	10.00000
71	41.25000	10.00000
72	42.50000	10.00000
73	40.00000	15.00000
74	42.50000	15.00000
75	40.00000	20.00000
76	41.25000	20.00000
77	42.50000	20.00000
78	48.12500	.00000
79	53.75000	.00000
80	59.37500	.00000
81	65.00000	.00000
82	70.62500	.00000
83	76.25000	.00000
84	81.87500	.00000
85	87.50000	.00000
86	42.50000	5.00500
87	53.75000	5.00500
88	65.00000	5.00500
89	76.25000	5.00500
90	87.50000	5.00500
91	42.50000	10.01000
92	48.12500	10.01000
93	53.75000	10.01000
94	59.37500	10.01000
95	65.00000	10.01000
96	70.62500	10.01000
97	76.25000	10.01000
98	81.87500	10.01000
99	87.50000	10.01000
100	42.50000	15.01500
101	53.75000	15.01500
102	65.00000	15.01500
103	76.25000	15.01500
104	87.50000	15.01500
105	42.50000	20.02000
106	48.12500	20.02000
107	53.75000	20.02000
108	59.37500	20.02000
109	65.00000	20.02000
110	70.62500	20.02000
111	76.25000	20.02000
112	81.87500	20.02000
113	87.50000	20.02000
114	42.50000	23.76000
115	53.75000	23.76000
116	65.00000	23.76000
117	76.25000	23.76000
118	87.50000	23.76000
119	42.50000	27.50000
120	48.12500	27.50000

121	53.75000	27.50000
122	59.37500	27.50000
123	65.00000	27.50000
124	70.62500	27.50000
125	76.25000	27.50000
126	81.87500	27.50000
127	87.50000	27.50000
128	88.75000	.00000
129	90.00000	.00000
130	87.50000	5.00000
131	90.00000	5.00000
132	87.50000	10.00000
133	88.75000	10.00000
134	90.00000	10.00000
135	87.50000	15.00000
136	90.00000	15.00000
137	87.50000	20.00000
138	88.75000	20.00000
139	90.00000	20.00000
140	95.00000	.00000
141	100.00000	.00000
142	105.00000	.00000
143	110.00000	.00000
144	115.00000	.00000
145	120.00000	.00000
146	125.00000	.00000
147	130.00000	.00000
148	90.00000	5.00500
149	100.00000	5.00500
150	110.00000	5.00500
151	120.00000	5.00500
152	130.00000	5.00500
153	90.00000	10.01000
154	95.00000	10.01000
155	100.00000	10.01000
156	105.00000	10.01000
157	110.00000	10.01000
158	115.00000	10.01000
159	120.00000	10.01000
160	125.00000	10.01000
161	130.00000	10.01000
162	90.00000	15.01500
163	100.00000	15.01500
164	110.00000	15.01500
165	120.00000	15.01500
166	130.00000	15.01500
167	90.00000	20.02000
168	95.00000	20.02000
169	100.00000	20.02000
170	105.00000	20.02000
171	110.00000	20.02000
172	115.00000	20.02000
173	120.00000	20.02000
174	125.00000	20.02000
175	130.00000	20.02000
176	90.00000	23.76500
177	100.00000	23.76500
178	110.00000	23.76500

179	120.00000	23.76500
180	130.00000	23.76500
181	90.00000	27.51000
182	95.00000	27.51000
183	100.00000	27.51000
184	105.00000	27.51000
185	110.00000	27.51000
186	115.00000	27.51000
187	120.00000	27.51000
188	125.00000	27.51000
189	130.00000	27.51000
190	90.00000	31.25500
191	100.00000	31.25500
192	110.00000	31.25500
193	120.00000	31.25500
194	130.00000	31.25500
195	90.00000	35.00000
196	95.00000	35.00000
197	100.00000	35.00000
198	105.00000	35.00000
199	110.00000	35.00000
200	115.00000	35.00000
201	120.00000	35.00000
202	125.00000	35.00000
203	130.00000	35.00000

1

1E-5 1E-5 0 0

57 50.5

58 50.5

59 50.5

60 50.5

61 50.5

62 50.5

63 50.5

64 50.5

65 50.5

195 37

196 37

197 37

198 37

199 37

200 37

201 37

202 37

203 37

```

*****
***** Resultados obtidos com o PROGRAMA "QUASAR" [vers.,o 4.00] *****
***** Ficheiro de dados : lemos.dat **** 07-29-93 ****
***** Ficheiro de resultados : lemos.res **** 15:12:35 ****
*****

```

```

* * * * * SEMINARIO I * * * * *
* * * * * APLICACAO DE ELMENTOS FINITOS A PROBLEMAS DE PERCOLA•ÇO * * * * *
* * * * *
_ _ _ _ _ BARRAGEM DE CRESTUMA _ _ _ _ _
*****

```

*** PARAMETROS DE CONTROLE

```

N$. total de nós      (NPOIN) = 203
N$. total de elementos (NELEM) = 48
N$. de nós com valores fixos (NVFIX) = 18
N$. de materiais      (NMATS) = 1
N$. max.de nós/elemento (NNODM) = 8
Tipo de problema      (NTYPE) = 1
N$ de pontos de integração (NGAUS) = 2
N$. de graus de liberdade/n (NDOFN) = 1
N$. de coordenadas/n (NDIME) = 2
N$. de propriedades/material (NPROP) = 4
N$. total de vari veis (NTOTV) = 203
N$. total de pontos de Gauss (NTOTG) = 192

```

```

*** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "QCHEK1" :
*** N.,o foram detectados erros nos parâmetros de controle

```

***** CARACTERISTICAS DOS ELEMENTOS

```

Elem. Material      Ns
AAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAA
1  1  8  1  2  3  11  17  16  15  10
2  1  8  3  4  5  12  19  18  17  11
3  1  8  5  6  7  13  21  20  19  12
4  1  8  7  8  9  14  23  22  21  13
5  1  8  15  16  17  25  31  30  29  24
6  1  8  17  18  19  26  33  32  31  25
7  1  8  19  20  21  27  35  34  33  26
8  1  8  21  22  23  28  37  36  35  27
9  1  8  29  30  31  39  45  44  43  38
10 1  8  31  32  33  40  47  46  45  39
11 1  8  33  34  35  41  49  48  47  40
12 1  8  35  36  37  42  51  50  49  41
13 1  8  43  44  45  53  59  58  57  52
14 1  8  45  46  47  54  61  60  59  53
15 1  8  47  48  49  55  63  62  61  54
16 1  8  49  50  51  56  65  64  63  55
17 1  8  9  66  67  69  72  71  70  68
18 1  8  70  71  72  74  77  76  75  73
19 1  8  67  78  79  87  93  92  91  86
20 1  8  79  80  81  88  95  94  93  87

```

Nç	X(m)	Y(m)	Nç	X(m)	Y(m)
1	.00000	.00000	103	76.25000	15.01500
2	5.00000	.00000	104	87.50000	15.01500
3	10.00000	.00000	105	42.50000	20.02000
4	15.00000	.00000	106	48.12500	20.02000
5	20.00000	.00000	107	53.75000	20.02000
6	25.00000	.00000	108	59.37500	20.02000
7	30.00000	.00000	109	65.00000	20.02000
8	35.00000	.00000	110	70.62500	20.02000
9	40.00000	.00000	111	76.25000	20.02000
10	.00000	5.00625	112	81.87500	20.02000

11	10.00000	5.00625	113	87.50000	20.02000
12	20.00000	5.00625	114	42.50000	23.76000
13	30.00000	5.00625	115	53.75000	23.76000
14	40.00000	5.00625	116	65.00000	23.76000
15	.00000	10.01250	117	76.25000	23.76000
16	5.00000	10.01250	118	87.50000	23.76000
17	10.00000	10.01250	119	42.50000	27.50000
18	15.00000	10.01250	120	48.12500	27.50000
19	20.00000	10.01250	121	53.75000	27.50000
20	25.00000	10.01250	122	59.37500	27.50000
21	30.00000	10.01250	123	65.00000	27.50000
22	35.00000	10.01250	124	70.62500	27.50000
23	40.00000	10.01250	125	76.25000	27.50000
24	.00000	15.01875	126	81.87500	27.50000
25	10.00000	15.01875	127	87.50000	27.50000
26	20.00000	15.01875	128	88.75000	.00000
27	30.00000	15.01875	129	90.00000	.00000
28	40.00000	15.01875	130	87.50000	5.00000
29	.00000	20.02500	131	90.00000	5.00000
30	5.00000	20.02500	132	87.50000	10.00000
31	10.00000	20.02500	133	88.75000	10.00000
32	15.00000	20.02500	134	90.00000	10.00000
33	20.00000	20.02500	135	87.50000	15.00000
34	25.00000	20.02500	136	90.00000	15.00000
35	30.00000	20.02500	137	87.50000	20.00000
36	35.00000	20.02500	138	88.75000	20.00000
37	40.00000	20.02500	139	90.00000	20.00000
38	.00000	25.03125	140	95.00000	.00000
39	10.00000	25.03125	141	100.00000	.00000
40	20.00000	25.03125	142	105.00000	.00000
41	30.00000	25.03125	143	110.00000	.00000
42	40.00000	25.03125	144	115.00000	.00000
43	.00000	30.03750	145	120.00000	.00000
44	5.00000	30.03750	146	125.00000	.00000
45	10.00000	30.03750	147	130.00000	.00000
46	15.00000	30.03750	148	90.00000	5.00500
47	20.00000	30.03750	149	100.00000	5.00500
48	25.00000	30.03750	150	110.00000	5.00500
49	30.00000	30.03750	151	120.00000	5.00500
50	35.00000	30.03750	152	130.00000	5.00500
51	40.00000	30.03750	153	90.00000	10.01000
52	.00000	33.76875	154	95.00000	10.01000
53	10.00000	33.76875	155	100.00000	10.01000
54	20.00000	33.76875	156	105.00000	10.01000
55	30.00000	33.76875	157	110.00000	10.01000
56	40.00000	33.76875	158	115.00000	10.01000
57	.00000	37.50000	159	120.00000	10.01000
58	5.00000	37.50000	160	125.00000	10.01000
59	10.00000	37.50000	161	130.00000	10.01000
60	15.00000	37.50000	162	90.00000	15.01500
61	20.00000	37.50000	163	100.00000	15.01500
62	25.00000	37.50000	164	110.00000	15.01500
63	30.00000	37.50000	165	120.00000	15.01500
64	35.00000	37.50000	166	130.00000	15.01500
65	40.00000	37.50000	167	90.00000	20.02000
66	41.25000	.00000	168	95.00000	20.02000
67	42.50000	.00000	169	100.00000	20.02000
68	40.00000	5.00000	170	105.00000	20.02000

69	42.50000	5.00000	171	110.00000	20.02000
70	40.00000	10.00000	172	115.00000	20.02000
71	41.25000	10.00000	173	120.00000	20.02000
72	42.50000	10.00000	174	125.00000	20.02000
73	40.00000	15.00000	175	130.00000	20.02000
74	42.50000	15.00000	176	90.00000	23.76500
75	40.00000	20.00000	177	100.00000	23.76500
76	41.25000	20.00000	178	110.00000	23.76500
77	42.50000	20.00000	179	120.00000	23.76500
78	48.12500	.00000	180	130.00000	23.76500
79	53.75000	.00000	181	90.00000	27.51000
80	59.37500	.00000	182	95.00000	27.51000
81	65.00000	.00000	183	100.00000	27.51000
82	70.62500	.00000	184	105.00000	27.51000
83	76.25000	.00000	185	110.00000	27.51000
84	81.87500	.00000	186	115.00000	27.51000
85	87.50000	.00000	187	120.00000	27.51000
86	42.50000	5.00500	188	125.00000	27.51000
87	53.75000	5.00500	189	130.00000	27.51000
88	65.00000	5.00500	190	90.00000	31.25500
89	76.25000	5.00500	191	100.00000	31.25500
90	87.50000	5.00500	192	110.00000	31.25500
91	42.50000	10.01000	193	120.00000	31.25500
92	48.12500	10.01000	194	130.00000	31.25500
93	53.75000	10.01000	195	90.00000	35.00000
94	59.37500	10.01000	196	95.00000	35.00000
95	65.00000	10.01000	197	100.00000	35.00000
96	70.62500	10.01000	198	105.00000	35.00000
97	76.25000	10.01000	199	110.00000	35.00000
98	81.87500	10.01000	200	115.00000	35.00000
99	87.50000	10.01000	201	120.00000	35.00000
100	42.50000	15.01500	202	125.00000	35.00000
101	53.75000	15.01500	203	130.00000	35.00000
102	65.00000	15.01500			

*** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "QCHEK2" :
 *** N.,o foram detectados erros na topologia da malha

**** PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Mat.	kx'	ky'	é	Q
	m/s	m/s	ø	-
1	1.00000E-05	1.00000E-05	.00	.00000E+00

*** CONDICÕES-FRONTEIRA DE DIRICHLET

Nº	Valor
57	50.50000
58	50.50000
59	50.50000
60	50.50000
61	50.50000
62	50.50000

63	50.50000
64	50.50000
65	50.50000
195	37.00000
196	37.00000
197	37.00000
198	37.00000
199	37.00000
200	37.00000
201	37.00000
202	37.00000
203	37.00000

*****Potenciais*****

N _q	i(m)	N _q	i(m)	N _q	i(m)
1	5.012625E+01	69	4.738251E+01	137	4.095862E+01
2	5.012042E+01	70	4.762319E+01	138	4.048778E+01
3	5.009519E+01	71	4.696480E+01	139	4.001694E+01
4	5.003724E+01	72	4.630640E+01	140	3.816233E+01
5	4.994706E+01	73	4.673231E+01	141	3.772668E+01
6	4.987298E+01	74	4.719729E+01	142	3.758007E+01
7	4.972616E+01	75	4.743564E+01	143	3.750654E+01
8	4.928992E+01	76	4.696480E+01	144	3.741680E+01
9	4.833528E+01	77	4.649395E+01	145	3.735926E+01
10	5.013835E+01	78	4.458371E+01	146	3.733429E+01
11	5.010015E+01	79	4.414173E+01	147	3.732856E+01
12	4.999272E+01	80	4.391236E+01	148	3.815490E+01
13	4.969631E+01	81	4.372629E+01	149	3.775624E+01
14	4.929733E+01	82	4.354021E+01	150	3.746084E+01
15	5.016210E+01	83	4.331085E+01	151	3.735437E+01
16	5.015637E+01	84	4.286887E+01	152	3.731655E+01
17	5.013476E+01	85	4.185826E+01	153	3.769899E+01
18	5.008980E+01	86	4.468636E+01	154	3.773616E+01
19	5.002704E+01	87	4.417121E+01	155	3.755637E+01
20	4.996636E+01	88	4.372629E+01	156	3.748667E+01
21	4.989578E+01	89	4.328136E+01	157	3.742651E+01
22	4.971620E+01	90	4.276621E+01	158	3.736442E+01
23	4.975249E+01	91	4.423391E+01	159	3.732000E+01
24	5.020472E+01	92	4.426322E+01	160	3.729873E+01
25	5.017936E+01	93	4.402617E+01	161	3.729313E+01
26	5.010379E+01	94	4.388226E+01	162	3.752004E+01
27	4.999894E+01	95	4.372629E+01	163	3.745351E+01
28	4.993198E+01	96	4.357032E+01	164	3.734993E+01
29	5.025792E+01	97	4.342641E+01	165	3.727581E+01
30	5.025345E+01	98	4.318935E+01	166	3.725108E+01
31	5.023964E+01	99	4.321866E+01	167	3.740051E+01
32	5.021625E+01	100	4.411825E+01	168	3.735912E+01
33	5.018647E+01	101	4.398561E+01	169	3.734748E+01
34	5.014883E+01	102	4.372629E+01	170	3.730357E+01
35	5.010502E+01	103	4.346696E+01	171	3.726733E+01
36	5.009067E+01	104	4.333433E+01	172	3.723865E+01
37	5.005182E+01	105	4.407915E+01	173	3.721620E+01
38	5.032093E+01	106	4.401725E+01	174	3.720302E+01
39	5.030837E+01	107	4.396135E+01	175	3.719881E+01
40	5.027281E+01	108	4.384454E+01	176	3.728275E+01
41	5.022582E+01	109	4.372629E+01	177	3.725414E+01

42	5.020096E+01	110	4.360803E+01	178	3.720310E+01
43	5.039046E+01	111	4.349123E+01	179	3.716616E+01
44	5.038851E+01	112	4.343533E+01	180	3.715332E+01
45	5.038308E+01	113	4.337342E+01	181	3.717643E+01
46	5.037454E+01	114	4.402918E+01	182	3.717806E+01
47	5.036357E+01	115	4.393468E+01	183	3.716326E+01
48	5.035092E+01	116	4.372629E+01	184	3.715158E+01
49	5.034199E+01	117	4.351790E+01	185	3.713597E+01
50	5.032929E+01	118	4.342340E+01	186	3.712279E+01
51	5.033206E+01	119	4.400509E+01	187	3.711268E+01
52	5.044470E+01	120	4.399377E+01	188	3.710634E+01
53	5.044108E+01	121	4.392038E+01	189	3.710412E+01
54	5.043170E+01	122	4.383446E+01	190	3.708716E+01
55	5.042142E+01	123	4.372629E+01	191	3.708112E+01
56	5.041681E+01	124	4.361811E+01	192	3.706816E+01
57	5.050000E+01	125	4.353220E+01	193	3.705689E+01
58	5.050000E+01	126	4.345880E+01	194	3.705268E+01
59	5.050000E+01	127	4.344748E+01	195	3.700000E+01
60	5.050000E+01	128	4.048778E+01	196	3.700000E+01
61	5.050000E+01	129	3.911730E+01	197	3.700000E+01
62	5.050000E+01	130	4.007007E+01	198	3.700000E+01
63	5.050000E+01	131	4.090549E+01	199	3.700000E+01
64	5.050000E+01	132	4.114618E+01	200	3.700000E+01
65	5.050000E+01	133	4.048778E+01	201	3.700000E+01
66	4.696480E+01	134	3.982939E+01	202	3.700000E+01
67	4.559431E+01	135	4.025529E+01	203	3.700000E+01
68	4.654709E+01	136	4.072027E+01		

***** Reac[‡]es *****

Nç	Q(m3/s)
57	2.452989E-07
58	1.012700E-06
59	5.224430E-07
60	1.132457E-06
61	6.147204E-07
62	1.313948E-06
63	7.378181E-07
64	1.450711E-06
65	4.007522E-07
195	-4.170127E-07
196	-1.505821E-06
197	-7.582831E-07
198	-1.330257E-06
199	-6.113914E-07
200	-1.107684E-06
201	-5.017567E-07
202	-9.663558E-07
203	-2.322878E-07

***** Velocidade *****

p.G.	x(m)	y(m)	vx(m/s)	vy(m/s)
1	2.113	2.116	1.474176E-08	-1.759753E-08
2	2.113	7.897	1.493617E-08	-5.322975E-08

3	7.887	2.116	5.781385E-08	-7.760065E-09
4	7.887	7.897	5.331558E-08	-6.736569E-08
5	12.113	2.116	9.223866E-08	-1.904701E-08
6	12.113	7.897	7.852534E-08	-6.744743E-08
7	17.887	2.116	1.596175E-07	-6.964430E-08
8	17.887	7.897	1.266646E-07	-6.345811E-08
9	22.113	2.116	2.135137E-07	-3.231222E-08
10	22.113	7.897	2.036555E-07	-1.234550E-07
11	27.887	2.116	3.508405E-07	7.625165E-08
12	27.887	7.897	2.572028E-07	-3.353856E-07
13	32.113	2.116	4.624068E-07	-1.032265E-07
14	32.113	7.897	2.316187E-07	-2.733168E-07
15	37.887	2.116	1.301253E-06	-1.312834E-06
16	37.887	7.897	9.144036E-08	-5.025115E-07
17	2.113	12.128	1.038727E-08	-8.198637E-08
18	2.113	17.909	9.524667E-09	-1.088882E-07
19	7.887	12.128	4.385428E-08	-8.381777E-08
20	7.887	17.909	3.426347E-08	-1.174972E-07
21	12.113	12.128	7.517804E-08	-9.675779E-08
22	12.113	17.909	5.128802E-08	-1.281696E-07
23	17.887	12.128	1.107097E-07	-1.346973E-07
24	17.887	17.909	7.161491E-08	-1.531364E-07
25	22.113	12.128	1.092006E-07	-1.623879E-07
26	22.113	17.909	8.292838E-08	-1.746069E-07
27	27.887	12.128	1.302617E-07	-1.931220E-07
28	27.887	17.909	9.901502E-08	-2.013199E-07
29	32.113	12.128	2.940079E-07	-3.198974E-07
30	32.113	17.909	8.174960E-08	-2.961290E-07
31	37.887	12.128	-8.721185E-08	-4.135034E-07
32	37.887	17.909	2.101687E-08	-3.064227E-07
33	2.113	22.141	6.454975E-09	-1.253345E-07
34	2.113	27.922	4.064417E-09	-1.401124E-07
35	7.887	22.141	2.513949E-08	-1.319878E-07
36	7.887	27.922	1.493653E-08	-1.460369E-07
37	12.113	22.141	3.913092E-08	-1.425334E-07
38	12.113	27.922	2.234371E-08	-1.555620E-07
39	17.887	22.141	5.195526E-08	-1.629722E-07
40	17.887	27.922	2.987551E-08	-1.739416E-07
41	22.113	22.141	6.105875E-08	-1.833262E-07
42	22.113	27.922	3.309230E-08	-1.891208E-07
43	27.887	22.141	-7.049496E-08	-2.238863E-07
44	27.887	27.922	2.933364E-08	-2.176023E-07
45	32.113	22.141	2.104873E-08	-2.411243E-07
46	32.113	27.922	2.270503E-08	-2.238839E-07
47	37.887	22.141	5.811975E-08	-2.750053E-07
48	37.887	27.922	6.493817E-09	-2.399101E-07
49	2.113	31.615	2.610216E-09	-1.457288E-07
50	2.113	35.923	6.634754E-10	-1.489209E-07
51	7.887	31.615	8.929534E-09	-1.515685E-07
52	7.887	35.923	2.356732E-09	-1.544976E-07
53	12.113	31.615	1.293727E-08	-1.599396E-07
54	12.113	35.923	3.287086E-09	-1.622915E-07
55	17.887	31.615	1.734958E-08	-1.756923E-07
56	17.887	35.923	4.469361E-09	-1.767302E-07
57	22.113	31.615	2.006635E-08	-1.906514E-07
58	22.113	35.923	5.124931E-09	-1.905335E-07
59	27.887	31.615	1.329296E-08	-2.082731E-07
60	27.887	35.923	3.310008E-09	-2.063113E-07

61	32.113	31.615	2.167742E-08	-2.230079E-07
62	32.113	35.923	5.638301E-09	-2.199151E-07
63	37.887	31.615	-6.489218E-09	-2.313084E-07
64	37.887	35.923	-1.908926E-09	-2.269698E-07
65	40.528	2.113	2.121873E-06	2.320653E-06
66	40.528	7.887	-1.167108E-06	-1.498407E-06
67	41.972	2.113	2.121873E-06	-2.320653E-06
68	41.972	7.887	-1.167108E-06	1.498407E-06
69	40.528	12.113	6.988415E-07	1.171095E-06
70	40.528	17.887	-1.674365E-07	-9.545253E-07
71	41.972	12.113	6.988415E-07	-1.171095E-06
72	41.972	17.887	-1.674365E-07	9.545253E-07
73	44.877	2.115	1.273196E-06	1.190044E-06
74	44.877	7.895	1.395337E-07	4.463298E-07
75	51.373	2.115	4.681528E-07	5.244825E-08
76	51.373	7.895	3.241123E-07	1.479453E-07
77	56.127	2.115	4.317126E-07	-8.617018E-08
78	56.127	7.895	3.396035E-07	2.314054E-07
79	62.623	2.115	3.668595E-07	-3.658302E-08
80	62.623	7.895	3.403549E-07	4.851110E-08
81	67.377	2.115	3.668595E-07	3.658302E-08
82	67.377	7.895	3.403549E-07	-4.851110E-08
83	73.873	2.115	4.317126E-07	8.617018E-08
84	73.873	7.895	3.396035E-07	-2.314054E-07
85	78.627	2.115	4.681528E-07	-5.244825E-08
86	78.627	7.895	3.241123E-07	-1.479453E-07
87	85.123	2.115	1.273196E-06	-1.190044E-06
88	85.123	7.895	1.395337E-07	-4.463298E-07
89	44.877	12.125	-6.441387E-08	2.999576E-07
90	44.877	17.905	5.083881E-08	1.526826E-07
91	51.373	12.125	3.642293E-07	2.079313E-07
92	51.373	17.905	1.566570E-07	1.409530E-07
93	56.127	12.125	2.394755E-07	6.942419E-08
94	56.127	17.905	2.125043E-07	3.977967E-08
95	62.623	12.125	2.596341E-07	2.119030E-08
96	62.623	17.905	2.200798E-07	1.324708E-08
97	67.377	12.125	2.596341E-07	-2.119030E-08
98	67.377	17.905	2.200798E-07	-1.324708E-08
99	73.873	12.125	2.394755E-07	-6.942419E-08
100	73.873	17.905	2.125043E-07	-3.977967E-08
101	78.627	12.125	3.642293E-07	-2.079313E-07
102	78.627	17.905	1.566570E-07	-1.409530E-07
103	85.123	12.125	-6.441387E-08	-2.999576E-07
104	85.123	17.905	5.083881E-08	-1.526826E-07
105	44.877	21.601	8.589598E-08	9.488030E-08
106	44.877	25.919	2.856356E-08	2.376039E-08
107	51.373	21.601	1.030912E-07	5.729444E-08
108	51.373	25.919	1.264614E-07	1.026679E-08
109	56.127	21.601	1.915812E-07	4.899263E-08
110	56.127	25.919	1.582190E-07	1.885792E-08
111	62.623	21.601	2.035806E-07	6.337138E-09
112	62.623	25.919	1.948881E-07	-1.737433E-09
113	67.377	21.601	2.035806E-07	-6.337138E-09
114	67.377	25.919	1.948881E-07	1.737433E-09
115	73.873	21.601	1.915812E-07	-4.899263E-08
116	73.873	25.919	1.582190E-07	-1.885792E-08
117	78.627	21.601	1.030912E-07	-5.729444E-08
118	78.627	25.919	1.264614E-07	-1.026679E-08

119	85.123	21.601	8.589598E-08	-9.488030E-08
120	85.123	25.919	2.856356E-08	-2.376039E-08
121	88.028	2.113	2.121873E-06	2.320653E-06
122	88.028	7.887	-1.167108E-06	-1.498407E-06
123	89.472	2.113	2.121873E-06	-2.320653E-06
124	89.472	7.887	-1.167108E-06	1.498407E-06
125	88.028	12.113	6.988415E-07	1.171095E-06
126	88.028	17.887	-1.674365E-07	-9.545253E-07
127	89.472	12.113	6.988415E-07	-1.171095E-06
128	89.472	17.887	-1.674365E-07	9.545253E-07
129	92.113	2.115	1.301578E-06	1.313097E-06
130	92.113	7.895	9.018636E-08	5.033779E-07
131	97.887	2.115	4.615890E-07	1.031613E-07
132	97.887	7.895	2.319185E-07	2.736912E-07
133	102.113	2.115	3.502015E-07	-7.603503E-08
134	102.113	7.895	2.557201E-07	3.358855E-07
135	107.887	2.115	2.124602E-07	3.226949E-08
136	107.887	7.895	2.026890E-07	1.234326E-07
137	112.113	2.115	1.586701E-07	6.966913E-08
138	112.113	7.895	1.254541E-07	6.334276E-08
139	117.887	2.115	9.142487E-08	1.894858E-08
140	117.887	7.895	7.756409E-08	6.703359E-08
141	122.113	2.115	5.724533E-08	7.620909E-09
142	122.113	7.895	5.265335E-08	6.681910E-08
143	127.887	2.115	1.457623E-08	1.743865E-08
144	127.887	7.895	1.474967E-08	5.258724E-08
145	92.113	12.125	-8.750236E-08	4.147137E-07
146	92.113	17.905	2.524915E-08	3.081349E-07
147	97.887	12.125	2.931570E-07	3.213470E-07
148	97.887	17.905	7.694935E-08	2.981487E-07
149	102.113	12.125	1.289606E-07	1.932056E-07
150	102.113	17.905	9.901419E-08	2.019107E-07
151	107.887	12.125	1.078490E-07	1.626451E-07
152	107.887	17.905	8.039795E-08	1.751312E-07
153	112.113	12.125	1.092834E-07	1.342885E-07
154	112.113	17.905	6.968289E-08	1.527433E-07
155	117.887	12.125	7.406314E-08	9.608685E-08
156	117.887	17.905	4.972198E-08	1.270672E-07
157	122.113	12.125	4.304682E-08	8.294938E-08
158	122.113	17.905	3.310732E-08	1.159829E-07
159	127.887	12.125	1.015263E-08	8.093381E-08
160	127.887	17.905	9.133883E-09	1.070511E-07
161	92.113	21.603	6.470028E-08	2.820872E-07
162	92.113	25.927	1.090552E-08	2.526692E-07
163	97.887	21.603	1.852667E-08	2.433658E-07
164	97.887	25.927	2.629489E-08	2.299398E-07
165	102.113	21.603	7.321866E-08	2.279278E-07
166	102.113	25.927	3.497572E-08	2.238400E-07
167	107.887	21.603	6.117297E-08	1.824264E-07
168	107.887	25.927	3.838578E-08	1.878592E-07
169	112.113	21.603	5.148659E-08	1.614912E-07
170	112.113	25.927	3.330166E-08	1.707604E-07
171	117.887	21.603	3.865320E-08	1.395447E-07
172	117.887	25.927	2.468168E-08	1.497745E-07
173	122.113	21.603	2.460227E-08	1.281865E-07
174	122.113	25.927	1.628136E-08	1.389448E-07
175	127.887	21.603	6.254388E-09	1.211402E-07
176	127.887	25.927	4.382027E-09	1.323819E-07

177	92.113	29.093	-4.926355E-09	2.420444E-07
178	92.113	33.417	-1.583362E-09	2.362538E-07
179	97.887	29.093	2.498256E-08	2.309310E-07
180	97.887	33.417	6.430709E-09	2.270616E-07
181	102.113	29.093	1.748946E-08	2.131509E-07
182	102.113	33.417	4.348644E-09	2.108863E-07
183	107.887	29.093	2.464058E-08	1.908802E-07
184	107.887	33.417	6.264781E-09	1.910788E-07
185	112.113	29.093	2.090589E-08	1.728022E-07
186	112.113	33.417	5.418249E-09	1.743923E-07
187	117.887	29.093	1.532383E-08	1.541831E-07
188	117.887	33.417	3.922542E-09	1.571116E-07
189	122.113	29.093	1.046996E-08	1.444404E-07
190	122.113	33.417	2.776075E-09	1.479371E-07
191	127.887	29.093	2.946789E-09	1.377376E-07
192	127.887	33.417	7.602468E-10	1.414484E-07

*** ** SEMINARIO I *** **
 *** Barragem de Crestuma usando elementos semi infinitos ***

213	56	20	1	8	1	2		
1	1	5	6	15	20	2	1	
2	1	5	20	29	34	3	2	
3	1	5	34	43	48	4	3	
4	1	5	48	57	62	5	4	
5	1	8	6	7	8	16	22	21 20 15
6	1	8	8	9	10	17	24	23 22 16
7	1	8	10	11	12	18	26	25 24 17
8	1	8	12	13	14	19	28	27 26 18
9	1	8	20	21	22	30	36	35 34 29
10	1	8	22	23	24	31	38	37 36 30
11	1	8	24	25	26	32	40	39 38 31
12	1	8	26	27	28	33	42	41 40 32
13	1	8	34	35	36	44	50	49 48 43
14	1	8	36	37	38	45	52	51 50 44
15	1	8	38	39	40	46	54	53 52 45
16	1	8	40	41	42	47	56	55 54 46
17	1	8	48	49	50	58	64	63 62 57
18	1	8	50	51	52	59	66	65 64 58
19	1	8	52	53	54	60	68	67 66 59
20	1	8	54	55	56	61	70	69 68 60
21	1	8	14	71	72	74	77	76 75 73
22	1	8	75	76	77	79	82	81 80 78
23	1	8	72	83	84	92	98	97 96 91
24	1	8	84	85	86	93	100	99 98 92
25	1	8	86	87	88	94	102	101 100 93
26	1	8	88	89	90	95	104	103 102 94
27	1	8	96	97	98	106	112	111 110 105
28	1	8	98	99	100	107	114	113 112 106
29	1	8	100	101	102	108	116	115 114 107
30	1	8	102	103	104	109	118	117 116 108
31	1	8	110	111	112	120	126	125 124 119
32	1	8	112	113	114	121	128	127 126 120
33	1	8	114	115	116	122	130	129 128 121
34	1	8	116	117	118	123	132	131 130 122
35	1	8	90	133	134	136	139	138 137 135
36	1	8	137	138	139	141	144	143 142 140
37	1	8	134	145	146	154	160	159 158 153
38	1	8	146	147	148	155	162	161 160 154
39	1	8	148	149	150	156	164	163 162 155
40	1	8	150	151	152	157	166	165 164 156
41	1	8	158	159	160	168	174	173 172 167
42	1	8	160	161	162	169	176	175 174 168
43	1	8	162	163	164	170	178	177 176 169
44	1	8	164	165	166	171	180	179 178 170
45	1	8	172	173	174	182	188	187 186 181
46	1	8	174	175	176	183	190	189 188 182
47	1	8	176	177	178	184	192	191 190 183
48	1	8	178	179	180	185	194	193 192 184
49	1	8	186	187	188	196	202	201 200 195
50	1	8	188	189	190	197	204	203 202 196
51	1	8	190	191	192	198	206	205 204 197
52	1	8	192	193	194	199	208	207 206 198
53	1	5	194	210	209	208	199	
54	1	5	180	211	210	194	185	

55	1	5	166	212	211	180	171
56	1	5	151	213	212	166	156
1	-40.00000	0.00000					
2	-40.00000	10.01250					
3	-40.00000	20.02500					
4	-40.00000	30.03750					
5	-40.00000	37.50000					
6	.00000	.00000					
7	5.00000	.00000					
8	10.00000	.00000					
9	15.00000	.00000					
10	20.00000	.00000					
11	25.00000	.00000					
12	30.00000	.00000					
13	35.00000	.00000					
14	40.00000	.00000					
15	.00000	5.00625					
16	10.00000	5.00625					
17	20.00000	5.00625					
18	30.00000	5.00625					
19	40.00000	5.00625					
20	.00000	10.01250					
21	5.00000	10.01250					
22	10.00000	10.01250					
23	15.00000	10.01250					
24	20.00000	10.01250					
25	25.00000	10.01250					
26	30.00000	10.01250					
27	35.00000	10.01250					
28	40.00000	10.01250					
29	.00000	15.01875					
30	10.00000	15.01875					
31	20.00000	15.01875					
32	30.00000	15.01875					
33	40.00000	15.01875					
34	.00000	20.02500					
35	5.00000	20.02500					
36	10.00000	20.02500					
37	15.00000	20.02500					
38	20.00000	20.02500					
39	25.00000	20.02500					
40	30.00000	20.02500					
41	35.00000	20.02500					
42	40.00000	20.02500					
43	.00000	25.03125					
44	10.00000	25.03125					
45	20.00000	25.03125					
46	30.00000	25.03125					
47	40.00000	25.03125					
48	.00000	30.03750					
49	5.00000	30.03750					
50	10.00000	30.03750					
51	15.00000	30.03750					
52	20.00000	30.03750					
53	25.00000	30.03750					
54	30.00000	30.03750					
55	35.00000	30.03750					
56	40.00000	30.03750					

57	.00000	33.76875
58	10.00000	33.76875
59	20.00000	33.76875
60	30.00000	33.76875
61	40.00000	33.76875
62	.00000	37.50000
63	5.00000	37.50000
64	10.00000	37.50000
65	15.00000	37.50000
66	20.00000	37.50000
67	25.00000	37.50000
68	30.00000	37.50000
69	35.00000	37.50000
70	40.00000	37.50000
71	41.25000	.00000
72	42.50000	.00000
73	40.00000	5.00000
74	42.50000	5.00000
75	40.00000	10.00000
76	41.25000	10.00000
77	42.50000	10.00000
78	40.00000	15.00000
79	42.50000	15.00000
80	40.00000	20.00000
81	41.25000	20.00000
82	42.50000	20.00000
83	48.12500	.00000
84	53.75000	.00000
85	59.37500	.00000
86	65.00000	.00000
87	70.62500	.00000
88	76.25000	.00000
89	81.87500	.00000
90	87.50000	.00000
91	42.50000	5.00500
92	53.75000	5.00500
93	65.00000	5.00500
94	76.25000	5.00500
95	87.50000	5.00500
96	42.50000	10.01000
97	48.12500	10.01000
98	53.75000	10.01000
99	59.37500	10.01000
100	65.00000	10.01000
101	70.62500	10.01000
102	76.25000	10.01000
103	81.87500	10.01000
104	87.50000	10.01000
105	42.50000	15.01500
106	53.75000	15.01500
107	65.00000	15.01500
108	76.25000	15.01500
109	87.50000	15.01500
110	42.50000	20.02000
111	48.12500	20.02000
112	53.75000	20.02000
113	59.37500	20.02000
114	65.00000	20.02000

115	70.62500	20.02000
116	76.25000	20.02000
117	81.87500	20.02000
118	87.50000	20.02000
119	42.50000	23.76000
120	53.75000	23.76000
121	65.00000	23.76000
122	76.25000	23.76000
123	87.50000	23.76000
124	42.50000	27.50000
125	48.12500	27.50000
126	53.75000	27.50000
127	59.37500	27.50000
128	65.00000	27.50000
129	70.62500	27.50000
130	76.25000	27.50000
131	81.87500	27.50000
132	87.50000	27.50000
133	88.75000	.00000
134	90.00000	.00000
135	87.50000	5.00000
136	90.00000	5.00000
137	87.50000	10.00000
138	88.75000	10.00000
139	90.00000	10.00000
140	87.50000	15.00000
141	90.00000	15.00000
142	87.50000	20.00000
143	88.75000	20.00000
144	90.00000	20.00000
145	95.00000	.00000
146	100.00000	.00000
147	105.00000	.00000
148	110.00000	.00000
149	115.00000	.00000
150	120.00000	.00000
151	125.00000	.00000
152	130.00000	.00000
153	90.00000	5.00500
154	100.00000	5.00500
155	110.00000	5.00500
156	120.00000	5.00500
157	130.00000	5.00500
158	90.00000	10.01000
159	95.00000	10.01000
160	100.00000	10.01000
161	105.00000	10.01000
162	110.00000	10.01000
163	115.00000	10.01000
164	120.00000	10.01000
165	125.00000	10.01000
166	130.00000	10.01000
167	90.00000	15.01500
168	100.00000	15.01500
169	110.00000	15.01500
170	120.00000	15.01500
171	130.00000	15.01500
172	90.00000	20.02000

173	95.00000	20.02000
174	100.00000	20.02000
175	105.00000	20.02000
176	110.00000	20.02000
177	115.00000	20.02000
178	120.00000	20.02000
179	125.00000	20.02000
180	130.00000	20.02000
181	90.00000	23.76500
182	100.00000	23.76500
183	110.00000	23.76500
184	120.00000	23.76500
185	130.00000	23.76500
186	90.00000	27.51000
187	95.00000	27.51000
188	100.00000	27.51000
189	105.00000	27.51000
190	110.00000	27.51000
191	115.00000	27.51000
192	120.00000	27.51000
193	125.00000	27.51000
194	130.00000	27.51000
195	90.00000	31.25500
196	100.00000	31.25500
197	110.00000	31.25500
198	120.00000	31.25500
199	130.00000	31.25500
200	90.00000	35.00000
201	95.00000	35.00000
202	100.00000	35.00000
203	105.00000	35.00000
204	110.00000	35.00000
205	115.00000	35.00000
206	120.00000	35.00000
207	125.00000	35.00000
208	130.00000	35.00000
209	170.00000	35.00000
210	170.00000	27.51000
211	170.00000	20.02000
212	170.00000	10.01000
213	170.00000	0.00000

1

1E-5 1E-5 0 0

5 50.5

62 50.5

63 50.5

64 50.5

65 50.5

66 50.5

67 50.5

68 50.5

69 50.5

70 50.5

200 37

201 37

202 37

203 37

204 37

205 37
206 37
207 37
208 37
209 37

```

*****
***** Resultados obtidos com o PROGRAMA "QUASAR" [vers.,o 4.00] *****
***** Ficheiro de dados : lever.dat **** 07-29-93 ****
***** Ficheiro de resultados : lever.res **** 20:19:11 ****
*****

```

```

*** ** SEMINARIO I *** **
*** ***** Barragem de Crestuma usando elementos semi infinitos *****

```

```

*****

```

*** PARAMETROS DE CONTROLE

```

N$. total de nós      (NPOIN) = 213
N$. total de elementos (NELEM) = 56
N$. de nós com valores fixos (NVFIX) = 20
N$. de materiais      (NMATS) = 1
N$. max.de nós/elemento (NNODM) = 8
Tipo de problema      (NTYPE) = 1
N$ de pontos de integra,o (NGAUS) = 2
N$. de graus de liberdade/n (NDOFN) = 1
N$. de coordenadas/n (NDIME) = 2
N$. de propriedades/material (NPROP) = 4
N$. total de vari veis (NTOTV) = 213
N$. total de pontos de Gauss (NTOTG) = 224

```

```

*** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "QCHEK1" :
*** N,,o foram detectados erros nos parfmetros de controle

```

***** CARACTERISTICAS DOS ELEMENTOS

```

Elem. Material      Ns
AAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAA
1  1  5  6  15  20  2  1
2  1  5  20  29  34  3  2
3  1  5  34  43  48  4  3
4  1  5  48  57  62  5  4
5  1  8  6  7  8  16  22  21  20  15
6  1  8  8  9  10  17  24  23  22  16
7  1  8  10  11  12  18  26  25  24  17
8  1  8  12  13  14  19  28  27  26  18
9  1  8  20  21  22  30  36  35  34  29
10 1  8  22  23  24  31  38  37  36  30
11 1  8  24  25  26  32  40  39  38  31
12 1  8  26  27  28  33  42  41  40  32
13 1  8  34  35  36  44  50  49  48  43
14 1  8  36  37  38  45  52  51  50  44
15 1  8  38  39  40  46  54  53  52  45
16 1  8  40  41  42  47  56  55  54  46
17 1  8  48  49  50  58  64  63  62  57
18 1  8  50  51  52  59  66  65  64  58
19 1  8  52  53  54  60  68  67  66  59
20 1  8  54  55  56  61  70  69  68  60
21 1  8  14  71  72  74  77  76  75  73

```

ÉÍ SEMIBANDA VARIÁVEL ARMAZENADA EM VECTOR POR LINHAS ÍÍÍÍÍÍÍÍÍÍ»

[illegible]

È  1/4

Nç	X(m)	Y(m)	Nç	X(m)	Y(m)
1	-40.00000	.00000	108	76.25000	15.01500
2	-40.00000	10.01250	109	87.50000	15.01500
3	-40.00000	20.02500	110	42.50000	20.02000

4	-40.00000	30.03750	111	48.12500	20.02000
5	-40.00000	37.50000	112	53.75000	20.02000
6	.00000	.00000	113	59.37500	20.02000
7	5.00000	.00000	114	65.00000	20.02000
8	10.00000	.00000	115	70.62500	20.02000
9	15.00000	.00000	116	76.25000	20.02000
10	20.00000	.00000	117	81.87500	20.02000
11	25.00000	.00000	118	87.50000	20.02000
12	30.00000	.00000	119	42.50000	23.76000
13	35.00000	.00000	120	53.75000	23.76000
14	40.00000	.00000	121	65.00000	23.76000
15	.00000	5.00625	122	76.25000	23.76000
16	10.00000	5.00625	123	87.50000	23.76000
17	20.00000	5.00625	124	42.50000	27.50000
18	30.00000	5.00625	125	48.12500	27.50000
19	40.00000	5.00625	126	53.75000	27.50000
20	.00000	10.01250	127	59.37500	27.50000
21	5.00000	10.01250	128	65.00000	27.50000
22	10.00000	10.01250	129	70.62500	27.50000
23	15.00000	10.01250	130	76.25000	27.50000
24	20.00000	10.01250	131	81.87500	27.50000
25	25.00000	10.01250	132	87.50000	27.50000
26	30.00000	10.01250	133	88.75000	.00000
27	35.00000	10.01250	134	90.00000	.00000
28	40.00000	10.01250	135	87.50000	5.00000
29	.00000	15.01875	136	90.00000	5.00000
30	10.00000	15.01875	137	87.50000	10.00000
31	20.00000	15.01875	138	88.75000	10.00000
32	30.00000	15.01875	139	90.00000	10.00000
33	40.00000	15.01875	140	87.50000	15.00000
34	.00000	20.02500	141	90.00000	15.00000
35	5.00000	20.02500	142	87.50000	20.00000
36	10.00000	20.02500	143	88.75000	20.00000
37	15.00000	20.02500	144	90.00000	20.00000
38	20.00000	20.02500	145	95.00000	.00000
39	25.00000	20.02500	146	100.00000	.00000
40	30.00000	20.02500	147	105.00000	.00000
41	35.00000	20.02500	148	110.00000	.00000
42	40.00000	20.02500	149	115.00000	.00000
43	.00000	25.03125	150	120.00000	.00000
44	10.00000	25.03125	151	125.00000	.00000
45	20.00000	25.03125	152	130.00000	.00000
46	30.00000	25.03125	153	90.00000	5.00500
47	40.00000	25.03125	154	100.00000	5.00500
48	.00000	30.03750	155	110.00000	5.00500
49	5.00000	30.03750	156	120.00000	5.00500
50	10.00000	30.03750	157	130.00000	5.00500
51	15.00000	30.03750	158	90.00000	10.01000
52	20.00000	30.03750	159	95.00000	10.01000
53	25.00000	30.03750	160	100.00000	10.01000
54	30.00000	30.03750	161	105.00000	10.01000
55	35.00000	30.03750	162	110.00000	10.01000
56	40.00000	30.03750	163	115.00000	10.01000
57	.00000	33.76875	164	120.00000	10.01000
58	10.00000	33.76875	165	125.00000	10.01000
59	20.00000	33.76875	166	130.00000	10.01000
60	30.00000	33.76875	167	90.00000	15.01500
61	40.00000	33.76875	168	100.00000	15.01500

62	.00000	37.50000	169	110.00000	15.01500
63	5.00000	37.50000	170	120.00000	15.01500
64	10.00000	37.50000	171	130.00000	15.01500
65	15.00000	37.50000	172	90.00000	20.02000
66	20.00000	37.50000	173	95.00000	20.02000
67	25.00000	37.50000	174	100.00000	20.02000
68	30.00000	37.50000	175	105.00000	20.02000
69	35.00000	37.50000	176	110.00000	20.02000
70	40.00000	37.50000	177	115.00000	20.02000
71	41.25000	.00000	178	120.00000	20.02000
72	42.50000	.00000	179	125.00000	20.02000
73	40.00000	5.00000	180	130.00000	20.02000
74	42.50000	5.00000	181	90.00000	23.76500
75	40.00000	10.00000	182	100.00000	23.76500
76	41.25000	10.00000	183	110.00000	23.76500
77	42.50000	10.00000	184	120.00000	23.76500
78	40.00000	15.00000	185	130.00000	23.76500
79	42.50000	15.00000	186	90.00000	27.51000
80	40.00000	20.00000	187	95.00000	27.51000
81	41.25000	20.00000	188	100.00000	27.51000
82	42.50000	20.00000	189	105.00000	27.51000
83	48.12500	.00000	190	110.00000	27.51000
84	53.75000	.00000	191	115.00000	27.51000
85	59.37500	.00000	192	120.00000	27.51000
86	65.00000	.00000	193	125.00000	27.51000
87	70.62500	.00000	194	130.00000	27.51000
88	76.25000	.00000	195	90.00000	31.25500
89	81.87500	.00000	196	100.00000	31.25500
90	87.50000	.00000	197	110.00000	31.25500
91	42.50000	5.00500	198	120.00000	31.25500
92	53.75000	5.00500	199	130.00000	31.25500
93	65.00000	5.00500	200	90.00000	35.00000
94	76.25000	5.00500	201	95.00000	35.00000
95	87.50000	5.00500	202	100.00000	35.00000
96	42.50000	10.01000	203	105.00000	35.00000
97	48.12500	10.01000	204	110.00000	35.00000
98	53.75000	10.01000	205	115.00000	35.00000
99	59.37500	10.01000	206	120.00000	35.00000
100	65.00000	10.01000	207	125.00000	35.00000
101	70.62500	10.01000	208	130.00000	35.00000
102	76.25000	10.01000	209	170.00000	35.00000
103	81.87500	10.01000	210	170.00000	27.51000
104	87.50000	10.01000	211	170.00000	20.02000
105	42.50000	15.01500	212	170.00000	10.01000
106	53.75000	15.01500	213	170.00000	.00000
107	65.00000	15.01500			

*** DIAGNOSTICO DA SUBROTINA "QCHEK2" :
 *** N.,o foram detectados erros na topologia da malha

**** PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Mat.	kx'	ky'	é	Q
	m/s	m/s	ø	-
1	1.00000E-05	1.00000E-05	.00	.00000E+00

*** CONDICÕES-FRONTEIRA DE DIRICHLET

Nº	Valor
5	50.50000
62	50.50000
63	50.50000
64	50.50000
65	50.50000
66	50.50000
67	50.50000
68	50.50000
69	50.50000
70	50.50000
200	37.00000
201	37.00000
202	37.00000
203	37.00000
204	37.00000
205	37.00000
206	37.00000
207	37.00000
208	37.00000
209	37.00000

***** Potenciais *****

Nº	i(m)	Nº	i(m)	Nº	i(m)
1	5.114243E+01	72	4.302979E+01	143	3.943641E+01
2	5.107480E+01	73	4.370024E+01	144	3.910509E+01
3	5.090367E+01	74	4.428811E+01	145	3.779962E+01
4	5.068207E+01	75	4.445748E+01	146	3.749162E+01
5	5.050000E+01	76	4.399417E+01	147	3.738552E+01
6	4.054037E+01	77	4.353087E+01	148	3.732882E+01
7	4.176488E+01	78	4.383058E+01	149	3.726098E+01
8	4.274433E+01	79	4.415777E+01	150	3.721231E+01
9	4.384543E+01	80	4.432550E+01	151	3.720541E+01
10	4.470500E+01	81	4.399417E+01	152	3.719966E+01
11	4.526412E+01	82	4.366285E+01	153	3.779537E+01
12	4.557790E+01	83	4.231865E+01	154	3.751285E+01
13	4.553847E+01	84	4.200763E+01	155	3.729898E+01
14	4.495856E+01	85	4.184623E+01	156	3.720744E+01
15	3.994455E+01	86	4.171529E+01	157	3.720123E+01
16	4.305523E+01	87	4.158436E+01	158	3.747600E+01
17	4.478896E+01	88	4.142296E+01	159	3.750165E+01
18	4.566323E+01	89	4.111194E+01	160	3.737377E+01
19	4.571446E+01	90	4.040080E+01	161	3.732293E+01
20	4.104840E+01	91	4.239088E+01	162	3.727789E+01
21	4.228475E+01	92	4.202838E+01	163	3.722875E+01
22	4.324187E+01	93	4.171529E+01	164	3.719139E+01
23	4.433037E+01	94	4.140221E+01	165	3.718996E+01
24	4.517656E+01	95	4.103971E+01	166	3.720545E+01
25	4.571447E+01	96	4.207250E+01	167	3.735213E+01
26	4.605681E+01	97	4.209313E+01	168	3.730430E+01
27	4.618229E+01	98	4.192631E+01	169	3.722637E+01

28	4.629404E+01	99	4.182505E+01	170	3.717457E+01
29	4.098854E+01	100	4.171529E+01	171	3.713973E+01
30	4.407835E+01	101	4.160554E+01	172	3.727120E+01
31	4.569693E+01	102	4.150428E+01	173	3.724151E+01
32	4.658644E+01	103	4.133746E+01	174	3.723226E+01
33	4.682677E+01	104	4.135809E+01	175	3.720115E+01
34	4.270114E+01	105	4.199111E+01	176	3.717528E+01
35	4.388646E+01	106	4.189777E+01	177	3.714926E+01
36	4.480375E+01	107	4.171529E+01	178	3.712769E+01
37	4.578384E+01	108	4.153281E+01	179	3.713022E+01
38	4.652458E+01	109	4.143948E+01	180	3.713732E+01
39	4.696940E+01	110	4.196360E+01	181	3.719047E+01
40	4.724411E+01	111	4.192003E+01	182	3.716997E+01
41	4.743369E+01	112	4.188070E+01	183	3.713102E+01
42	4.747457E+01	113	4.179851E+01	184	3.710427E+01
43	4.319245E+01	114	4.171529E+01	185	3.707660E+01
44	4.619195E+01	115	4.163208E+01	186	3.711865E+01
45	4.744879E+01	116	4.154988E+01	187	3.711940E+01
46	4.808420E+01	117	4.151055E+01	188	3.710830E+01
47	4.825465E+01	118	4.146699E+01	189	3.710033E+01
48	4.566420E+01	119	4.192843E+01	190	3.708949E+01
49	4.696636E+01	120	4.186193E+01	191	3.707589E+01
50	4.752859E+01	121	4.171529E+01	192	3.706237E+01
51	4.820083E+01	122	4.156865E+01	193	3.706737E+01
52	4.863218E+01	123	4.150216E+01	194	3.707413E+01
53	4.885890E+01	124	4.191148E+01	195	3.705837E+01
54	4.899794E+01	125	4.190352E+01	196	3.705415E+01
55	4.909120E+01	126	4.185187E+01	197	3.704320E+01
56	4.912861E+01	127	4.179141E+01	198	3.703856E+01
57	4.717264E+01	128	4.171529E+01	199	3.700325E+01
58	4.913172E+01	129	4.163917E+01	200	3.700000E+01
59	4.951378E+01	130	4.157872E+01	201	3.700000E+01
60	4.974834E+01	131	4.152707E+01	202	3.700000E+01
61	4.980252E+01	132	4.151910E+01	203	3.700000E+01
62	5.050000E+01	133	3.943641E+01	204	3.700000E+01
63	5.050000E+01	134	3.847203E+01	205	3.700000E+01
64	5.050000E+01	135	3.914248E+01	206	3.700000E+01
65	5.050000E+01	136	3.973035E+01	207	3.700000E+01
66	5.050000E+01	137	3.989971E+01	208	3.700000E+01
67	5.050000E+01	138	3.943641E+01	209	3.700000E+01
68	5.050000E+01	139	3.897311E+01	210	2.099535E-02
69	5.050000E+01	140	3.927281E+01	211	1.599599E-02
70	5.050000E+01	141	3.960001E+01	212	1.494887E-02
71	4.399417E+01	142	3.976773E+01	213	1.114730E-02

***** Reac₁'s *****

N _g	Q(m3/s)
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA	
5	-1.644978E-17
62	1.830449E-05
63	3.512374E-05
64	1.483873E-05
65	2.169737E-05
66	7.920544E-06
67	1.508223E-05
68	6.813170E-06
69	1.285402E-05

```

70 3.063416E-06
200 -2.819900E-07
201 -1.005723E-06
202 -5.005243E-07
203 -8.792086E-07
204 -4.206973E-07
205 -6.758880E-07
206 -1.965613E-07
207 -6.081116E-07
208 -6.602558E-07
209 .000000E+00

```

***** Velocidade *****

```

p.G.    x(m)    y(m)    vx(m/s)    vy(m/s)

```

```

AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAA

```

1	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
2	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
3	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
4	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
5	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
6	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
7	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
8	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
9	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
10	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
11	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
12	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
13	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
14	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
15	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
16	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
17	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
18	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
19	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
20	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
21	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
22	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
23	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
24	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
25	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
26	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
27	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
28	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
29	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
30	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
31	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
32	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
33	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
34	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
35	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
36	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
37	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
38	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
39	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
40	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
41	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00

[illegible]

[illegible]

[illegible]

216	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
217	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
218	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
219	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
220	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
221	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
222	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
223	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00
224	.000	.000	.000000E+00	.000000E+00

BIBLIOGRAFIA

- (i) ZIENKIEWICZ, O. C., The Finite Elements Method, 3.rd ed., Mc Graw-Hill, London, 1977.
- (ii) HINTON, E., OWEN, D. R. J., An Introduction to Finite Element Comportations, Pineridge Press, Swansea, 1979.
- (iii) HINTON, E., OWEN, D. R. J., Finite Element Programming, Academic Press, London, 1977.
- (iv) MARQUES, J. M. M. C., Textos de Apoio do Seminário "Métodos Numéricos em Geotecnia", FEUP, 1993.
- (v) MARQUES, J. M. M. C., Textos de Apoio de "Complementos de Cálculo Numérico", FEUP, 1993.





FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000101650