



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

FEUP

HIDRODINÂMICA MARÍTIMA

Shallow Waters 2002 — Manual do Utilizador

Versão 0.1

Paulo Avilez-Valente

21 de Maio de 2002

1 Introdução

Esta primeira versão do manual do utilizador é extremamente limitada e pretende apenas permitir a utilização do programa sem ser necessário estudar a estrutura de cada uma das suas rotinas.

2 Modelo matemático

O programa Shallow Waters 2002 baseia-se nas equações de Saint-Venant. Inclui:

- termo de Coriolis;
- tensões de atrito no fundo — parametrizadas através do coeficiente de Chèzy ou de Manning (quando utilizado Manning é internamente convertido em Chèzy);
- tensões superficiais devidas ao vento (formulação de Wang).

Não inclui:

- efeito da curvatura da Terra;
- tensões internas de origem turbulenta ou viscosa;
- zonas secas inter-marés.

A integração numérica das equações é realizada recorrendo ao método dos elementos finitos e a um esquema do tipo Taylor-Galerkin, por forma a garantir estabilidade e precisão de 2ª ordem.

3 Correr o programa

Este é um programa de consola. Só corre convenientemente num janela DOS. A única informação que o programa pretende que o utilizador insira directamente pelo teclado é o nome genérico do trabalho. Este nome, sem espaços em branco e/ou caracteres esquisitos (aceita a patela: “_”) é posteriormente utilizado em todos os ficheiros de dados e nos ficheiros de resultados.

Posteriormente alguma informação é enviada para o écran durante a corrida. Para evitar perder esta informação e para evitar ter de responder a qualquer pergunta

crie um ficheiro `jobname.in`. No caso do Canal da Mancha o nome utilizado foi `mancha2`. Na primeira e única linha do ficheiro `jobname.in` escreva `jobname`, grave o ficheiro e saia.

Para executar o programa, na linha de comandos do DOS faça

```
C:\shw_2002.exe <jobname.in 1>jobname.out 2>jobname.err
```

Quando a execução do programa terminar, a informação do écran estará em `jobname.out` enquanto qualquer mensagem de erro estará em `jobname.err`.

4 Entrada de dados

A entrada de dados é feita recorrendo a um conjunto de seis ficheiros. Sendo o nome genérico por exemplo `jobname`, os ficheiros de dados serão:

- `jobname.s3d`;
- `jobname_chezy.s3d` (opcional);
- `jobname_manni.pva` (opcional);
- `jobname_atm.pva` (opcional);
- `jobname_wdx.pva` (opcional);
- `jobname_wdy.pva` (opcional);
- `jobname_num.dat`;
- `jobname_cnd.dat`;
- `jobname_bnc.dat`;
- `jobname_gau.dat`;

4.1 `jobname.s3d`

Ficheiro com a definição da geometria do problema e, por enquanto, com a identificação dos pontos com prescrição da elevação da superfície livre.

4.1.1 Estrutura do ficheiro

- first line: <title>
- second line: <drawi>
- third line: <nelem> <npoi> <nbpoi>
- following lines: <ielem> <nnode+1> <node #1> <node #2> ... <node #nnode>
<node #1>
- following lines: <ipoin> <x-coord> <y-coord> <depth>
- following lines: <ipboi> <ipoin>

4.1.2 Descrição das variáveis

title: string of up to 60 characters describing the case.

drawi: string of up to 6 characters (kind of a case number).

nelem: total number of elements in the domain(integer variable).

npoi: total number of nodes in the domain (integer variable).

nbpoi: total number of boundary nodes where sea surface elevation is supposed to be known (integer variable).

ielem: element number (from 1 to nelem) (integer variable).

nnode: number of nodes per element (integer variable).

node #1 to nnode: number of node in the element (from 1 to npoi) (integer variable).

ipoin: node number (from 1 to npoi) (integer variable).

x-coord: node coordinate along the x -axis (in km) (real variable).

y-coord: node coordinate along the y -axis (in km) (real variable).

depth: node depth (relative to the mean sea surface elevation) (in m) (real variable).

ibpoi: boundary node order number (from 1 to nbpoi) (integer variable).

Nota 1: Fazendo inicialmente `nbpoi` igual a zero, uma lista dos pontos da fronteira pode ser gerada automaticamente pelo programa executável `getdat.exe` com a opção `points`. Esta lista é escrita num ficheiro `jobname_cnd.dat` que nada tem a haver com o ficheiro do mesmo nome abaixo descrito, portanto cuidado para que aquele não seja apagado.

Nota 2: O programa `getdat.exe` com a opção `points` gera a lista de pontos ordenando-os no sentido anti-horário. No caso do Canal da Mancha os ficheiros `mancha2.s3d` e `mancha2_cnd.s3d` já existem e a ordem dos pontos não é anti-horária pelo que não convém mexer nos ficheiros dados porque a sua reconstrução seria trabalhosa.

4.2 `jobname_chezy.pva`(opcional)

Ficheiro com a especificação do coeficiente de rugosidade do fundo de Chèzy para cada ponto. As tensões no fundo são parametrizadas recorrendo ao coeficiente de rugosidade de Chèzy. Caso este ficheiro não exista, o programa procura o ficheiro `jobname_manni.dat`.

4.2.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: `<ipoin> <chezy>`

4.2.2 Descrição das variáveis

ipoin: node number (from 1 to `npoin`) (integer variable).

chezy: Chèzy roughness coefficient for node `ipoin` (real variable).

4.3 `jobname_manni.pva` (opcional)

Ficheiro com a especificação do coeficiente de rugosidade do fundo de Manning para cada ponto. As tensões no fundo são parametrizadas recorrendo ao coeficiente de rugosidade de Chèzy. Este ficheiro só é utilizado caso não exista o ficheiro `jobname_chezy.dat`. Neste caso, o valor do coeficiente de Chèzy é calculado recorrendo à fórmula que relaciona os dois coeficientes. Caso nenhum destes ficheiros

exista, o valor do coeficiente de rugosidade é considerado constante e lido no ficheiro `jobname_num.dat`.

4.3.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: `<ipoin> <manni>`

4.3.2 Descrição das variáveis

ipoin: node number (from 1 to npoin) (integer variable).

manni: Manning roughness coefficient for node ipoin (real variable).

4.3.3 Estrutura do ficheiro

□ all lines: `<ibpoi> <ipoin>`

4.4 `jobname_atm.pva` (opcional)

Ficheiro com a especificação do valor da pressão atmosférica efectiva em cada ponto do domínio. Este ficheiro é opcional. Caso este ficheiro não exista, a pressão atmosférica é considerada nula em todos os pontos.

4.4.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: `<ipoin> <patmo>`

4.4.2 Descrição das variáveis

ipoin: node number (from 1 to npoin) (integer variable).

patmo: atmospheric pressure at node ipoin (in Pa) (real variable).

4.5 `jobname_wdx.pva` (opcional)

Ficheiro com a componente segundo OX da velocidade do vento. Este ficheiro é opcional. Caso este ficheiro não exista a velocidade do vento é considerada constante e lida no ficheiro `jobname_num.dat`.

4.5.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: <ipoin> <xwspe>

4.5.2 Descrição das variáveis

ipoin: node number (from 1 to npoin) (integer variable).

xwspe: *x*-velocity component at node ipoin (in m/s) (real variable).

4.6 jobname_wdy.pva (opcional)

Ficheiro com a componente segundo *OY* da velocidade do vento. Este ficheiro é opcional. Caso este ficheiro não exista a velocidade do vento é considerada constante e lida no ficheiro `jobname_num.dat`.

4.6.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: <ipoin> <ywspe>

4.6.2 Descrição das variáveis

ipoin: node number (from 1 to npoin) (integer variable).

ywspe: *y*-velocity component at node ipoin (in m/s) (real variable).

4.7 jobname_num.dat

Ficheiro com a definição de alguns parâmetros numéricos e físicos.

4.7.1 Estrutura do ficheiro

□ first line: <tstep>

□ second line: <kcori> <fcori>

□ third line: <kroug> <rough>

□ fourth line: <wspee> <wdire>

□ fifth line: <ngaul>

- sixth line: <ngau2>
- seventh line: <nstep>
- eighth line: <ndump>
- ninth line: <toler>
- tenth line: <depmi>
- eleventh line: <kline>

4.7.2 Descrição das variáveis

tstep: intervalo de tempo entre dois instantes de cálculo (variável real). Para garantir a estabilidade, deve ser tal que:

$$\Delta t < \frac{\Delta x}{1.5 \sqrt{g h}} \sqrt{\frac{1}{3}}.$$

kcori: parâmetro de controlo (variável inteira) Toma os valores

- 0: a aceleração de Coriolis não é incluída;
- 1: a aceleração de Coriolis é incluída.

fcori: latitude média do local (considerada constante, para o cálculo da aceleração de Coriolis).

kroug: parâmetro de controlo (variável inteira) Toma os valores

- 1: é utilizado o coeficiente de rugosidade de Chèzy;
- 2: é utilizado o coeficiente de rugosidade de Manning.

rough: valor do coeficiente de rugosidade do fundo, de Chèzy ou de Manning, de acordo com o parâmetro **kroug** (considerado constante em todo o domínio) (variável real).

ngau1: número de pontos de Gauss a considerar no interior de cada elemento (para elementos triangulares toma os valores 1 ou 3 (variável inteira)).

ngau2: número de pontos de Gauss a considerar na fronteira de cada elemento (para elementos triangulares toma os valores 1 ou 2 (variável inteira)).

nstep: número total de intervalos de tempo a considerar (variável inteira).

ndump: número total de intervalos de tempo entre registo de resultados para todos os pontos do domínio (variável inteira).

toler: tolerância numérica para o zero. Todos as quantidades cujo valor absoluto seja inferior a **toler** serão consideradas nulas (variável inteira).

depmi: profundidade mínima a considerar (variável real). Necessário caso alguma zona corra o risco de ficar seca devido à variação do nível da superfície livre. O algoritmo implementado não é capaz de lidar com estes casos. No exemplo do canal da Mancha é necessário considerar uma profundidade mínima de 10 m para evitar oscilações numéricas.

kline: parâmetro de controlo (variável inteira). Toma os valores
0: formulação linear do problema;
1: formulação não linear do problema.

4.8 jobname_cnd.s3d

Ficheiro com a identificação das zonas de fronteira do domínio. A fronteira do domínio é definida por segmentos de recta (lados dos elementos finitos).

4.8.1 Estrutura do ficheiro

- line #1: Comments
- line #2: Comments
- line #3: Comments
- line #4: <nside> <nboun> <nzone>
- line #5: Comments
- line #6: Comments
- line #7: <1> <ielem> <node #1> ... <node #nside>
- line #...: ...

- line #nboun+7: <nboun> <ielem> <node #1> ... <node #nside>
- line #nboun+8: Comments
- line #nboun+9: Comments
- line #nboun+10: <1> <ibou1> <ibou2> <ktype>
- line #...: ...
- line #nboun+nzone+9: <nzone> <ibou1> <ibou2> <ktype>

4.8.2 Descrição das variáveis

nside: number of points on each boundary segment (2 for triangle elements) (integer variable).

nboun: total number of boundary segments (integer variable).

nzone: total number of boundary zones (integer variable). A boundary zone is made up of several consecutive boundary segments, oriented in an anticlockwise fashion. The boundary segments in a boundary zone must all have the same characteristics defined by **ktype**.

ielem: number of the finite element containing that boundary segment (integer variable).

node #1 to #nside: global number of the points defining the boundary segment (integer variable).

ibou1: first boundary segment defining a boundary zone (integer variable).

ibou2: last boundary segment defining a boundary zone (integer variable).

ktype: control variable defining the type of boundary (integer variable). At this time only two types are accepted:

1: open boundary — all points in such a boundary must have a prescribed sea surface elevation at all time steps; 2: coastal area — null normal velocity will be automatically defined by the algorithm.

Nota: Parte deste ficheiro pode ser criado automaticamente pelo programa executável `getdat.exe` com a opção *elements*, caso o ficheiro `jobname.s3d` já exista.

4.9 jobname_bnc.s3d

Ficheiro com o valor da elevação da superfície livre em cada instante e em cada ponto da fronteira.

4.9.1 Estrutura do ficheiro

- line #1: 1 <elevation #1> <elevation #2> ... <elevation #nbpoi>
- line #2: 2 <elevation #1> <elevation #2> ... <elevation #nbpoi>
- following lines: <istep> <elevation #1> <elevation #2> ... <elevation #nbpoi>
- line #nstep: <nstep> <elevation #1> <elevation #2> ... <elevation #nbpoi>

4.9.2 Descrição das variáveis

elevation #ibpoi: surface elevation at boundary node with order number *ibpoi* (real variable).

Nota: Para o Canal da Mancha, este ficheiro pode ser produzido pelo programa `bc_main.m`.

4.10 jobname_gau.dat

Ficheiro com a lista de pontos (estações em que se pretende obter a evolução da solução em cada instante).

4.10.1 Estrutura do ficheiro

- first line: <nstat>
- following lines: <istat> <ipoin>

4.10.2 Descrição das variáveis

nstat: total number of stations (integer variable).

istat: station order number (integer variable).

ipoin: node number where station is located (integer variable).

Nota: Para o caso do Canal da Mancha foram definidas estações em todos os pontos em que havia resultados experimentais (ver ficheiro respectivo).

5 Saída de resultados

Alguma informação tipo *run-time* é enviada directamente para o écran do terminal. Este tipo de informação só tem interesse caso haja algum erro durante a execução do programa. Na Secção §3 foi indicado como armazenar esta informação.

Os ficheiros de resultados são de dois tipos:

- `jobname_e_<istep>.pva;`
- `jobname_u_<istep>.pva;`
- `jobname_v_<istep>.pva;`
- `hstat_<istat>.g2d;`
- `ustat_<istat>.g2d;`
- `vstat_<istat>.g2d.`

5.1 `jobname_e_<istep>.pva`

Ficheiro com a elevação da superfície livre em cada ponto para o *time step* `istep`.

5.1.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: `<ipoin> <eleve>`

5.1.2 Descrição das variáveis

ipoin: node number (from 1 to npoin) (integer variable).

eleve: sea surface elevation at node ipoin (in m) (real variable).

5.2 jobname_u_<istep>.pva

Ficheiro com a componente segundo OX da velocidade da corrente em cada ponto para o *time step* <istep>.

5.2.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: <ipoin> <uvelo>

5.2.2 Descrição das variáveis

ipoin: node number (from 1 to npoin) (integer variable).

uvelo: x -velocity component at node ipoin (in m/s) (real variable).

5.3 jobname_v_<istep>.pva

Ficheiro com a componente segundo OY da velocidade da corrente em cada ponto para o *time step* <istep>.

5.3.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: <ipoin> <vvelo>

5.3.2 Descrição das variáveis

ipoin: node number (from 1 to npoin) (integer variable).

vvelo: y -velocity component at node ipoin (in m/s) (real variable).

5.4 hstat_<istat>.g2d

Ficheiro com a série temporal da elevação da superfície livre para a estação <istat>.

5.4.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: <istep> <eleve>

5.4.2 Descrição das variáveis

istep: time step (from 1 to nstep) (integer variable).

eleve: sea surface elevation at time step **istep** (in m) (real variable).

5.5 ustat_<istat>.g2d

Ficheiro com a série temporal da componente segundo OX da velocidade da corrente para a estação <istat>.

5.5.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: <istep> <uvelo>

5.5.2 Descrição das variáveis

istep: time step (from 1 to nstep) (integer variable).

uvelo: x -velocity component at time step **istep** (in m) (real variable).

5.6 vstat_<istat>.g2d

Ficheiro com a série temporal da componente segundo OY da velocidade da corrente para a estação <istat>.

5.6.1 Estrutura do ficheiro

□ all lines: <istep> <vvelo>

5.6.2 Descrição das variáveis

istep: time step (from 1 to nstep) (integer variable).

vvelo: y -velocity component at time step **istep** (in m) (real variable).

6 Conclusões

Este manual está bastante mal organizado. Espero que a versão 1.0 seja já muito mais aceitável. A entrada de dados é ainda algo confusa e trabalhosa.