

ESTUDO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DO LAGO GUAÍBA
CONTRATO Nº 22/2018

PRODUTO 06 - ESTRUTURA DE TODOS OS MODELOS DESENVOLVIDOS,
JUNTAMENTE COM OS RESPECTIVOS DADOS DE ENTRADA ORGANIZADOS
E MANUAIS DESCRITIVOS

REALIZAÇÃO:



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
E INFRAESTRUTURA

EXECUÇÃO:



RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA

CURITIBA - PR
OUTUBRO/2019

ESTUDO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DO LAGO GUAÍBA
CONTRATO Nº 22/2018

Emissão Inicial						
Rev.	Data	Elaborado por	Verificado por	Autorizado por	CREA Responsável Técnico	CE
1	10/10/2019	HOF; RBR; TM	AP	CSG	67059-D	AE
0	23/08/2019	HOF; RBR	AP	CSG	67059-D	VS

CE – Códigos de emissão**AE** Aprovado para emissão **AF** Aprovação final **VS** Versão preliminar **CD** Cancelado

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA (SEMA/RS)**

Av. Borges de Medeiros, nº 261, 14º andar
Centro Histórico, Porto Alegre – RS – Brasil

Secretário de Estado do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Artur Lemos Júnior

Fiscal titular de acompanhamento e execução do contrato
Amanda Wajnberg Fadel

Fiscal suplente de acompanhamento e execução do contrato
Fernando Comerlato Scottá

RHA ENGENHARIA E CONSULTORIA SS LTDA

Rua Voluntários da Pátria, 400 – 14º andar
CEP 80020-000 - Centro - Curitiba - PR - Brasil
Tel./Fax +55 41 3232 0732 - www.rhaengenharia.com.br

REPRESENTANTE LEGAL

Candice Schauffert Garcia

Engenheira Civil
Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental
csgarcia@rhaengenharia.com.br

EQUIPE PERMANENTE

Coordenadora Geral, Técnico e Administrativo

Eng.^a Civil, M.Sc., Candice Schauffert Garcia

Engenheiro de Recursos Hídricos 1

Eng.º Civil, M.Sc., Laertes Munhoz da Cunha

Engenheiro de Recursos Hídricos 2

Eng.^a Civil, M.Sc., Márian da Costa Rohn

Coordenadora Executiva

Eng.^a Ambiental, Esp., Andréia Pedroso

Técnica em Sistemas de Informações Geográficas

Geógrafa Karine Krunn

Auxiliar Administrativo

Veridiana Dias da Cruz

EQUIPE COMPLEMENTAR

Físico, Dr., José Eduardo Gonçalves

Oceanógrafa, M.Sc., Tábata Fernanda Vilas Boas de Miranda

Engenheiro Ambiental, M.Sc., Hugo de Oliveira Fagundes

Engenheira Ambiental, Renata Barão Rossoni

Estagiária em Geografia Thais Regina Paes

DADOS CONTRATUAIS

Contrato nº 22/2018 de 17 de setembro de 2018.

Número do processo administrativo eletrônico: 18/0500-0000570-8.

Ordem de Início dos Serviços nº CT-0290 de 13/11/2017.

Partes: Estado do Rio Grande do Sul, por intermédio da Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, e RHA Engenharia e Consultoria SS Ltda.

Objeto: Contratação de serviços de empresa especializada para prestação de serviços de Estudo Hidrossedimentológico do Lago Guaíba.

Vigência: 06 meses a partir da data definida na Ordem de Início dos Serviços (com aditamento de prazo de 06 meses).

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PASTAS DE TRABALHO	8
FIGURA 2. ESTRUTURA DO ARQUIVO DE TEXTURAS DO SOLO	10
FIGURA 3. ESTRUTURA DO ARQUIVO DE USO E MANEJO DO SOLO.....	11
FIGURA 4. ESTRUTURA DE PASTAS E ARQUIVOS PARA SIMULAÇÃO COM O MODELO MGB-SED.....	11
FIGURA 5. ESTRUTURA DO ARQUIVO PARHIGSED.HIG – PARTE 1.....	12
FIGURA 6. ESTRUTURA DO ARQUIVO PARHIGSED.HIG – PARTE 2.....	13
FIGURA 7. ESTRUTURA DO ARQUIVO PARHIGSED.HIG - PARTE 1	14
FIGURA 8. DIRETÓRIOS SIMULAÇÕES DELFT3D	15
FIGURA 9. DIRETÓRIO GERAL PARA UTILIZAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO DELFT3D	16
FIGURA 10. TELA PRINCIPAL DELFT3D	18
FIGURA 11. TELA GRID	18
FIGURA 12. TELA PRINCIPAL MÓDULO FLOW – DELFT3D.....	19
FIGURA 13. TELA INICIAL ARQUIVO DE SIMULAÇÃO (.mdf)	21
FIGURA 14. TELA <i>DOMAIN</i>	21
FIGURA 15. TELA <i>PROCESSES</i>	22
FIGURA 16. TELA <i>PHYSICAL PARAMETERS</i>	22
FIGURA 17. TELA DO ARQUIVO DE SIMULAÇÃO CAMPOS DE ONDAS.....	23
FIGURA 18. TELA QUICKPLOT.....	24
FIGURA 19. TELA QUICKPLOT COM ARQUIVO DE SAÍDA.....	24
FIGURA 20. EXEMPLO DE VARIÁVEIS DE SAÍDA DISPONÍVEIS	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	MODELO HIDROSEDIMENTOLÓGICO MGB	8
2.1	APRESENTAÇÃO DAS PASTAS	8
2.2	PRÉ-PROCESSAMENTO	9
2.3	ARQUIVOS DE TEXTURA, USO E MANEJO DO SOLO	10
2.4	SIMULAÇÃO	11
3	MODELO HIDRODINÂMICO DELFT3D	15
3.1	APRESENTAÇÃO DAS PASTAS	15
3.2	IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO	17
3.3	SIMULAÇÕES	19
3.4	ESTRUTURA DOS ARQUIVOS DE SAÍDAS	23

1 INTRODUÇÃO

Este manual visa a aplicação dos modelos MGB-SED e Delft3D para o Região Hidrográfica do Lago Guaíba, de forma resumida.

A primeira parte de aplicação do modelo MGB-SED, referente à modelagem hidrológica, é apresentada no "Manual de exemplo de aplicação do modelo MGB 2018 utilizando o IPH-Hydro Tools", que se encontra na pasta "Referências importantes" ou pode ser encontrado no endereço eletrônico <https://www.ufrgs.br/hge/author/hge/>. Na etapa de pré-processamento são utilizadas informações já utilizadas na etapa de pré-processamento do modelo hidrológico, como o arquivo de minibacias, do Modelo Digital de Elevação (MDE), do mapa de Unidades de Resposta Hidrológica (URH), arquivo de direção de fluxos e a rede de drenagem, para gerarem informações de entrada do modelo MGB-SED. Após se obter os dados de saída da etapa de pré-processamento, incia-se a etapa de preparação dos arquivos com a textura do solo para cálculo do parâmetro de erodibilidade e os valores do fator de cobertura e manejo do solo da Equação Universal de Perda de Solos Modificada, conhecida como MUSLE. Por fim, é feita a simulação hidrossedimentológica.

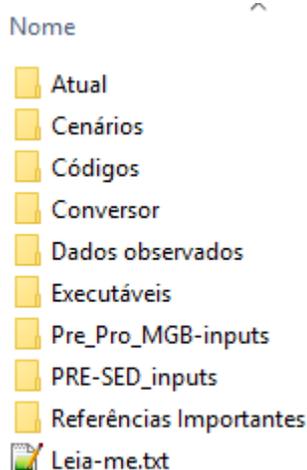
Com relação ao modelo hidrodinâmico Delft3D, a primeira etapa consiste na implementação do modelo, em que são utilizadas informações sobre a delimitação área de interesse, dados batimétricos e dados de rugosidade. A segunda etapa consiste na elaboração do arquivo responsável pela simulação (.mdf), no qual são inseridos informações sobre o período de simulação, grade e batimetria interpolada, as condições de contorno, pontos de observação, pontos secos dentro da grade e processos adicionais como a ação de ondas e de processos antrópicos (ex.: mineração). Informações detalhadas das etapas de aplicação do Delft3D podem ser encontradas em https://oss.deltares.nl/documents/183920/185723/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf.

2 MODELO HIDROSEDIMENTOLÓGICO MGB

2.1 APRESENTAÇÃO DAS PASTAS

Antes de iniciar a execução das etapas de processamento do modelo, é necessário conhecer as pastas que poderão ser utilizadas e os arquivos que as contém. Estas pastas são apresentadas na FIGURA 1 e contém todos os dados utilizados durante as simulações, fornecendo mais informações que simplesmente aquelas necessárias para a simulação do modelo, pois já contém resultados nas pastas *output*.

FIGURA 1. PASTAS DE TRABALHO



Na sequência são apresentados os nomes e conteúdos das pastas.

- **Atual** - nesta pasta estão presentes as entradas e saídas do modelo MGB-SED para o cenário atual de simulação que vai desde 1975-2015.
- **Cenários** - são apresentados os dados de entrada e os principais dados de saída para os 9 cenários simulados de mudanças de uso do solo combinados com os cenários de mudanças climáticas para o período de 2006 a 2035.
- **Códigos** - contém os códigos fontes do pré-processador (PRE-SED) e do modelo (MGB-SED) na linguagem FORTRAN.
- **Conversor** - contém um arquivo em formato .xlsx para compatibilizar os dados de saída do PRE-SED com dados de entrada do MGB-SED.
- **Dados observados** - contém todos os dados observados utilizados como entrada no modelo ou como dados para comparação com as saídas do modelo. Estão presentes na pasta os dados de chuva, vazão, descarga sólida em suspensão e total para os períodos de calibração (1975-2005), validação (2006-2015) e total (1975-2015).
- **Executáveis** - estão presentes os executáveis do PRE-SED e do MGB-SED.
- **Pre_Pro_MGB-inputs** - nesta pasta estão os arquivos necessários para gerar o arquivo MINI.gtp (Cell.hig), que é o principal produto da etapa de pré-processamento do modelo hidrológico. Também está contido o shape de minibacias que contém as informações dos centroides e número de identificação cada uma.

- **PRE-SED_inputs** - estão os dados necessários para execução do pré-processamento do modelo de sedimentos.
- **Referências Importantes** - contém o manual de aplicação do modelo MGB, bem como trabalhos acadêmicos realizados na região de estudo que utilizaram os modelos MGB e MGB-SED.
- **Leia-me.txt** - este arquivo apresenta informações importantes para compatibilizar os nomes dos arquivos lidos pelo modelo MGB e com o MGB-SED.

2.2 PRÉ-PROCESSAMENTO

O pré-processamento só será necessário de ser realizado caso ocorram mudanças nos dados de entrada que venham do pré-processamento do modelo hidrológico.

A etapa de pré-processamento requer a utilização de cinco arquivos de entrada para gerar três arquivos de saída. Os arquivos de entrada são:

- **AREA_ACU.txt** - este arquivo contém informações das áreas acumuladas a montante de um pixel. Ele pode ser criado ou apenas lido (como neste caso) na etapa de pré-processamento
- **BLOCO.txt** - arquivo com informações das URH
- **DIR.txt** - arquivo de direção de fluxo
- **MINI.txt** - arquivo de minibacias
- **MNT.txt** - arquivo do modelo digital de elevação
- **REDE.txt** - arquivo da rede de drenagem não segmentada

Os nomes dos arquivos e suas extensões sempre devem ser respeitados. Na etapa de pré-processamento do modelo hidrológico a maioria desses dados já existiam, porém com outros nomes (ver a pasta Pre_Pro_MGB-inputs). Além disso, destaca-se que na pasta PRE-SED_inputs existem quatro arquivos com informações das URH, sendo: BLOCO.txt, o arquivo usado para a simulação atual; e BLOCODesm.txt, BLOCORef.txt e BLOCOTend.txt, os arquivos utilizados para simular os cenários futuros de mudança de uso e ocupação do solo nas condições de maior desflorestamento, florestamento e tendencial, respectivamente.

Para executar o pré-processamento, basta criar uma nova pasta chamada PRE-SED e dentro dela duas sub-pastas denominadas *input* e *output*. Dentro da pasta *input*, coloque os seis arquivos de entrada listados acima. Após isso, coloque também dentro da pasta PRE-SED o executável PRE-SED.exe, que está dentro da pasta “Executáveis”. Feito isso, basta executar o PRE-SED.exe e pressionar: “enter”, “1”, “0”, ”1” e “enter”.

Ao finalizar o pré-processamento, na pasta *output* estarão os três arquivos de saída: SED_HRU.txt, SED_LSm.txt e SED_SDR. Esses arquivos deverão ser convertidos utilizando o arquivo e as instruções que se encontram dentro da pasta “Conversor”. Posteriormente devem ser adicionados à pasta *input* que se encontra dentro da pasta “Atual”, se o interesse for simular o cenário atual, ou das

pastas dos cenários que se encontram dentro da pasta “Cenários”, se o interesse for simular os cenários futuros de mudanças climáticas.

2.3 ARQUIVOS DE TEXTURA, USO E MANEJO DO SOLO

Os arquivos de textura ou de uso e manejo do solo só deverão ser modificados se houver informações melhores e mais precisas que possam ser agregadas à modelagem.

O arquivo de textura (PARTEXT_MUSLE.txt) e uso e manejo (PARUSO_MUSLE.txt) do solo se encontram dentro da subpasta *input* que pode estar dentro da pasta “Atual” ou das pastas dos cenários dentro da pasta “Cenários”. A estrutura desses arquivos é apresentada na FIGURA 2 e FIGURA 3. A primeira coluna desses arquivos, chamada de “uso”, diz respeito às URH definidas na etapa de pré-processamento do modelo hidrológico.

Para cada URH está associada uma informação, seja um percentual de textura do solo (FIGURA 2) ou os valores dos fatores K, C, P, Fgros ou Ksdr da MUSLE. O valor de -1 do fator K indica que esse fator será calculado dentro do modelo. Mais detalhes sobre esses parâmetros e suas formas de cálculo podem ser encontrados no trabalho de Buarque (2015). Para alterar os valores desses parâmetros, basta editar os arquivos de texto respeitando os espaçamentos.

FIGURA 2. ESTRUTURA DO ARQUIVO DE TEXTURAS DO SOLO

Bacia 1						
uso	Areia %	Silte %	Argila %	orgC %	Rocha %	
Flor_SR	12.000	29.500	58.500	1.200	0.000	
Flor_SP	08.700	28.600	62.700	2.000	0.000	
Agric_SR	18.000	27.000	55.000	1.800	0.000	
Agric_SP	14.000	28.500	57.500	2.000	0.000	
Campo_SR	21.500	25.000	53.500	1.000	0.000	
Campo_SP	15.800	28.400	55.800	0.800	0.000	
VF_inund	16.300	29.000	54.700	2.000	0.000	
Semi_imp	22.000	25.000	53.000	1.800	0.000	
Agua	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Bacia 2						
uso	Areia %	Silte %	Argila %	orgC %	Rocha %	
Flor_SR	40.500	14.500	45.000	2.500	0.000	
Flor_SP	42.400	12.600	45.000	2.500	0.000	
Agric_SR	48.000	12.000	40.000	1.400	0.000	
Agric_SP	50.900	10.500	38.600	1.000	0.000	
Campo_SR	41.000	14.000	45.000	0.800	0.000	
Campo_SP	51.900	11.600	36.500	0.700	0.000	
VF_inund	44.000	18.000	38.000	3.000	0.000	
Semi_imp	48.000	22.000	30.000	0.800	0.000	
Agua	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

FIGURA 3. ESTRUTURA DO ARQUIVO DE USO E MANEJO DO SOLO

Bacia 1						
uso	K	C	P	Fgros	Ksdr	
Flor_SR	-1.00000	0.17000	1.00000	-1.00000	1.00000	
Flor_SP	-1.00000	0.22000	1.00000	-1.00000	1.00000	
Agric_SR	-1.00000	0.34000	1.00000	-1.00000	1.00000	
Agric_SP	-1.00000	0.38000	1.00000	-1.00000	1.00000	
Campo_SR	-1.00000	0.27000	1.00000	-1.00000	1.00000	
Campo_SP	-1.00000	0.45000	1.00000	-1.00000	1.00000	
VF_inund	-1.00000	0.25000	1.00000	-1.00000	1.00000	
Semi_imp	-1.00000	0.17000	1.00000	-1.00000	1.00000	
Agua	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
Bacia 2						
uso	K	C	P	Fgros	Ksdr	
Flor_SR	-1.00000	0.01600	1.00000	-1.00000	1.00000	
Flor_SP	-1.00000	0.01400	1.00000	-1.00000	1.00000	
Agric_SR	-1.00000	0.04600	1.00000	-1.00000	1.00000	
Agric_SP	-1.00000	0.04400	1.00000	-1.00000	1.00000	
Campo_SR	-1.00000	0.05500	1.00000	-1.00000	1.00000	
Campo_SP	-1.00000	0.13600	1.00000	-1.00000	1.00000	
VF_inund	-1.00000	0.00140	1.00000	-1.00000	1.00000	
Semi_imp	-1.00000	0.01000	1.00000	-1.00000	1.00000	
Agua	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	

2.4 SIMULAÇÃO

Após a geração dos arquivos de entrada nas etapas de preparação dos dados e pré-processamento do modelo MGB e MGB-SED é possível, finalmente, executar a simulação para o período de interesse. A simulação só pode ser executada se existirem as subpastas *input* e *output* e o executável MGB-SED_Guaiba.exe dentro de uma outra pasta. Por exemplo, se quiséssemos simular o período atual (1975-2015), basta colocar o executável dentro da pasta “Atual”, conforme mostra a FIGURA 4.

FIGURA 4. ESTRUTURA DE PASTAS E ARQUIVOS PARA SIMULAÇÃO COM O MODELO MGB-SED

 input	22/08/2019 13:09	Pasta de arquivos	
 output	22/08/2019 13:00	Pasta de arquivos	
 MGB-SED_Guaiba.exe	22/08/2019 14:49	Aplicativo	1,640 KB

O mesmo deve ser feito para o caso de simulação dos cenários futuros. Dentro da pasta de cada cenário deve conter as subpastas *input* e *output* e o executável MGB-SED_Guaiba.exe. Destaca-se aqui que os arquivos localizados dentro da subpasta “inputs comuns”, dentro da pasta “Cenários”, devem ser colocados dentro da subpasta *input* para cada cenário de interesse a ser simulado. Isso significa que cada cenário possui arquivos de entradas específicos e que todos eles compartilham arquivos de entrada em comum. Além disso, menciona-se aqui que os cenários futuros requerem um número maior de arquivos de entrada do que o cenário atual, devido às especificidades de se considerar as mudanças climáticas. Esses arquivos já estão devidamente colocados em suas respectivas pastas.

Antes de iniciar o executável MGB-SED_Guaiba.exe é importante abrir o arquivo PARHIGSED.hig e conferir as informações contidas nele. Esse arquivo é muito semelhante com o arquivo infoMGB.sim, que é um produto da preparação dos dados para a simulação do modelo hidrológico, mas que possui algumas diferenças. A FIGURA 5 e FIGURA 6 apresentam a estrutura desse arquivo e as informações que devem ser contidas nele. Se elas não estiverem presentes, devem ser acrescentadas cuidadosamente, respeitando os espaçamentos, conforme os arquivos anexados a esse manual.

FIGURA 5. ESTRUTURA DO ARQUIVO PARHIGSED.HIG – PARTE 1

```

1 GENERAL INFORMATIONS FILE FOR LARGE SCALE HYDROLOGIC MODEL
2 !
3 Project Calibration_75-15
4 !
5     DAY      MOUNTH      YEAR      HOUR      !SIMULATION START
6     1        1          1975       0
7
8     NT       DT          !TIME INTERVALS AND INTERVALS SIZE IN SECONDS
9     14975    86400.
10
11     NC       NU         NB        NCLI
12     2627    9          32       -38
13
14     ICALIB   !INDICATES IF IT IS GONNA BE USED AUTOMATIC CALIBRATION (1) OR NOT (0)
15     0       !OR IF IT WILL MAKE THE FORECAST (2)
16
17 FILENAME WITH DAILY METEOROLOGICAL DATA
18
19 !FILENAME WITH AVERAGE MONTHLY METEOROLOGICAL DATA
20 medias.cli
21
22 !STATIONS WITH OBSERVED FLOW DATA, FILENAME WITH DATA
23 12 QOBS.txt
24
25 !STATIONS WITH OBSERVED SEDIMENT DATA, FILENAME WITH DATA
26 1
27 12 CSSObs.txt
28
29 !NUMBER OF UNIT CATCHMENTS THAT CORRESPONDS TO FLU GAUGE WITH DATA
30 2484 2440 2021 2197 2575 2149 2261 2268 2510 2294 2382 2232
31
32 !NUMBER OF UNIT CATCHMENTS THAT CORRESPONDS TO SED GAUGE WITH DATA
33 2484 2440 2021 2197 2575 2149 2261 2268 2510 2294 2382 2232
34
35 !NUMBER OF POINTS TO RECORD HYDROGRAPHS
36 22
37
38 !NUMBER OF POINTS TO RECORD HYDROGRAPHS
39 22
40
41 !CELLS THAT CORRESPONDS TO THOSE POINTS
42 2484
43 2440
44 2021
45 2197
46 2575
47 2149
48 2261
49 2268
50 2510
51 2294
52 2348
53 2382
54 2232
55 2585
56 2572
57 2435
58 2352
59 2209
60 2594
61 2524
62 2475
63 2398
64
65 2484
66 2440

```

FIGURA 6. ESTRUTURA DO ARQUIVO PARHIGSED.HIG – PARTE 2

```

65 2484
66 2440
67 2021
68 2197
69 2575
70 2149
71 2261
72 2268
73 2510
74 2294
75 2348
76 2382
77 2232
78 2585
79 2572
80 2435
81 2352
82 2209
83 2594
84 2524
85 2475
86 2398
87
88 !Number of cells where calculated flow must be substituted for the one read from file and filename
89 0 QSUBST.qsb
90
91 !Cells which flow data will be substituted
92

```

As primeiras informações a serem observadas são o dia, mês e ano em que a simulação se inicia, que neste exemplo foi 1/1/1975. Isso deve estar coerente com os dados de chuva utilizados como forçante para o modelo. Na sequência, deve-se conferir o número de dias de simulação, que nesse caso foi de 14.975 dias, que não poderão ser superiores aos dias com dados de chuva. As demais informações são relativas à quantidade de postos observados de vazão e sedimentos nos arquivos de entrada e seus respectivos nomes, bem como o número de minibacias em que se desejam gravar os hidrogramas de descarga líquida e sólida.

As informações do arquivo PARHIGSED.hig podem ser alteradas de acordo com o interesse do usuário. Quando se optar por visualizar os resultados gerados pelo modelo em outras minibacias, pode-se identifica-las utilizando o arquivo *shapefile* “mini_guaiba”, que se encontra dentro da pasta Pre_Pro_MGB-inputs. Por fim, ressalta-se que mesmo usando dados de descarga sólida, o nome do arquivo que contém esses dados observados deve ser CSSObs, para fins de compatibilidade com a leitura do arquivo pelo modelo MGB-SED.

Com todos os dados na pasta *input* e todas as informações acima mencionadas definidas corretamente, basta iniciar o executável MGB-SED_Guaiba.exe e aguardar o fim da simulação. Quando a simulação acabar, na pasta *output* poderão ser encontrados os seguintes arquivos:

- **AJUSTE.HIG** - apresenta os valores das métricas Nash e Sutcliffe, coeficiente de correlação e BIAS para cada posto com dados observados de vazão
- **AJUSTESED.HIG** - apresenta os valores das métricas Nash e Sutcliffe, coeficiente de correlação e BIAS para cada posto com dados observados de sedimentos

- **CONC_RIO_areia.txt** - apresenta dados de concentração de areia para cada minibacia simulada
- **CONC_RIO_argila.txt** - apresenta dados de concentração de argila para cada minibacia simulada
- **CONC_RIO_silte.txt** - apresenta dados de concentração de silte para cada minibacia simulada
- **QSS.txt** - apresenta dados de descarga sólida em suspensão para cada minibacia identificada no arquivo PARHIGSED.HIG
- **QST.txt** - apresenta dados de descarga sólida total para cada minibacia identificada no arquivo PARHIGSED.HIG
- **VAZAO.HIG** - apresenta dados de descarga líquida para cada minibacia identificada no arquivo PARHIGSED.HIG
- **VAZAO_MINI.HIG** - apresenta dados de descarga líquida para cada minibacia simulada

Para os cenários futuros, a FIGURA 7 apresenta a estrutura geral de pastas contidas na pasta “Cenários”. Os números de 01 a 09 representam cada cenário simulado, identificados no arquivo Descricao_Cenarius.xlsx. Dentro de cada uma dessas pastas se encontram duas pastas, uma com os dados de entrada (*input*) e outras com as saídas do modelo (*output*), geradas da mesma forma que as saídas do modelo para o cenário atual, apresentada anteriormente. Apesar de ser possível gerar com o modelo os mesmos arquivos de saída do cenário atual, para os cenários futuros foram colocados nas pastas *output* apenas os principais resultados de interesse, que são os arquivos QSS.txt, QST.txt e VAZAO.HIG.

FIGURA 7. ESTRUTURA DO ARQUIVO PARHIGSED.HIG - PARTE 1

Nome	Data de modificaç...	Tipo	Tamanho
01	23/08/2019 00:12	Pasta de arquivos	
02	23/08/2019 00:12	Pasta de arquivos	
03	23/08/2019 00:12	Pasta de arquivos	
04	23/08/2019 00:13	Pasta de arquivos	
05	23/08/2019 00:13	Pasta de arquivos	
06	23/08/2019 00:13	Pasta de arquivos	
07	23/08/2019 00:13	Pasta de arquivos	
08	23/08/2019 00:14	Pasta de arquivos	
09	23/08/2019 00:14	Pasta de arquivos	
inputs comuns	22/08/2019 13:22	Pasta de arquivos	
Descricao_Cenarios.xlsx	05/07/2019 15:49	Planilha do Micro...	10 KB
Leia-me.txt	22/08/2019 13:24	Arquivo TXT	1 KB

3 MODELO HIDRODINÂMICO DELFT3D

3.1 APRESENTAÇÃO DAS PASTAS

A FIGURA 8 apresenta os diretórios de todas as simulações realizadas com o Delft3D. Dentro de cada diretório um conjunto de pastas e arquivos está organizado para a aplicação do modelo, em cada condição de contorno ou variação temporal imposta. O modelo dos dados utilizados durante as simulações são apresentados na FIGURA 9.

O diretório demonstrado refere-se ao Modelo Hidrodinâmico do Lago Guaíba (Módulo III), entretanto as mesmas pastas e instruções são aplicadas ao Modelo Hidrodinâmico do Baixo Jacuí (Módulo II), com exceção do arquivo de ondas, que não foi implementado para o Módulo II.

FIGURA 8. DIRETÓRIOS SIMULAÇÕES DELFT3D

- ▼ [ícone pasta] CENARIOS
 - > [ícone pasta] ES_SJ_CG_NA
 - > [ícone pasta] HIST_CJ_SG_NHist
 - > [ícone pasta] HIST_SJ_SG_NHist
 - > [ícone pasta] MP_CJ_CG_NHist
 - > [ícone pasta] MP_CJ_SG_NHist
 - > [ícone pasta] MP_SJ_CG_NHist
- ▼ [ícone pasta] MODULOII
 - > [ícone pasta] CALIBRACAO
 - > [ícone pasta] VALIDACAO
- ▼ [ícone pasta] MODULOIII
 - > [ícone pasta] CALIBRACAO
 - > [ícone pasta] VALIDACAO

FIGURA 9. DIRETÓRIO GERAL PARA UTILIZAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO DELFT3D

Nome	Tipo
Batimetria	Pasta de arquivos
Contornos	Pasta de arquivos
Forçantes	Pasta de arquivos
Grade	Pasta de arquivos
Linha de Costa	Pasta de arquivos
Pontos Secos	Pasta de arquivos
PontosObs	Pasta de arquivos
Resultados	Pasta de arquivos
Rugosidade	Pasta de arquivos
Sedimento	Pasta de arquivos
Guaiba_Cjacui_250m_arambare.fil	Arquivo FIL
Guaiba_Cjacui_250m_arambare	Arquivo MDF
mineracao_guaiba	Arquivo DAD
mineracao_guaiba	Arquivo POL
ondas	Microsoft Access ...

Na sequência são apresentados os nomes e conteúdos das pastas.

- **CENÁRIOS** - nesta pasta estão presentes os diretórios para cada um dos seis cenários simulados com o Delft3D.
- **MÓDULOII** – nesta pasta estão presentes as entradas e saídas simuladas para o Módulo II para os períodos de calibração (1984 a 2005) e validação (2006 a 2015).
- **MÓDULOIII** – nesta pasta estão presentes as entradas e saídas simuladas para o Módulo III para os períodos de calibração (1984 a 2005) e validação (2006 a 2015).
- **Batimetria** – arquivo .xyz com dados batimétricos obtidos para a área de estudo e o arquivo .dep, que é a batimetria interpolada para o modelo.
- **Contornos** – arquivo de extensão .bnd com a localização e nomes das condições de contorno.
- **Forçantes** – arquivos .bct e .bcc com os nomes dos contornos e dados de vazão líquida e sólida, respectivamente, e arquivo com série temporal de vento (.wnd)
- **Grade** – arquivos .grd e .enc constando as informações das grades geradas pelo modelo. Os dois arquivos correspondem a uma mesma grade.
- **Linha de Costa** – arquivo contendo as delimitações do contorno dos corpos de água (.ldb).
- **Pontos Secos** – arquivo com a localização dos pontos secos da grade (.dry).
- **PontosObs** – arquivo com a localização dos pontos de observação (.obs).
- **Resultados** – arquivos de saída. Arquivos *com-* correspondem a saída gerada pela comunicação entre o modelo hidrodinâmico e o modelo de ondas, *trih-* apresentam as séries temporais de saída em formato de gráficos e o arquivo *trim-* os resultados apresentados em formato de mapa. Cada saída *com-*, *trih-* e *trim* possui dois arquivos associados, de mesmo nome, um .dat e um .def.
- **Rugosidade** - arquivo .xyz com dados de rugosidade obtidos para a área de estudo e o arquivo .rgh que corresponde à rugosidade interpolada para o modelo.

- **Sedimento** – arquivo .sed com dados de sedimentos coesivos e não coesivos e o arquivo .mor com informações sobre a morfologia do modelo.
- **Guaiba_Cjacui_250m_arambare.MDF e .fil** – os arquivos .mdf e .fil correspondem ao arquivo principal de simulação, onde todas as informações do modelo são reunidas.
- **mineração_guaiba.dad** – informações sobre as áreas de mineração, como o nome dos blocos de mineração, quantidade máxima de sedimentos a ser retirada (m³) e profundidade máxima. **Importante:** para realizar as simulações, este arquivo deve permanecer na mesma pasta que o arquivo .MDF.
- **mineração_guaiba.pol** – polígonos das áreas a serem mineradas. **Importante:** Para realizar as simulações, este arquivo deve permanecer na mesma pasta que o arquivo .MDF.
- **Ondas** – arquivo principal para a simulação de ondas. **Importante:** Para realizar as simulações, este arquivo deve permanecer na mesma pasta que o arquivo .MDF.

3.2 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

A primeira etapa para aplicação do modelo hidrodinâmico e de transporte de sedimentos consiste na implementação do modelo para a área de estudo. Antes de iniciar as atividades deve-se direcionar o programa para o diretório de trabalho, com os dados necessários para a modelagem. Na tela inicial do Delft (FIGURA 10) selecione o diretório desejado clicando em *Select Working Directory*.

Na ferramenta GRID, acesso disponível na tela inicial do Delft3D (FIGURA 10), é possível gerar ou alterar os dados de batimetria, rugosidade e da grade implementada. Ao clicar em GRID, a ferramenta de Grid e Batimetria é aberta (FIGURA 11). Alterações ou a geração de grades devem ser realizadas em RGFGRID e alterações ou a interpolação da batimetria e da rugosidade deve ser realizadas em QUICKIN. Os polígonos de mineração também são criados utilizando a ferramenta QUICKIN.

FIGURA 10. TELA PRINCIPAL DELFT3D

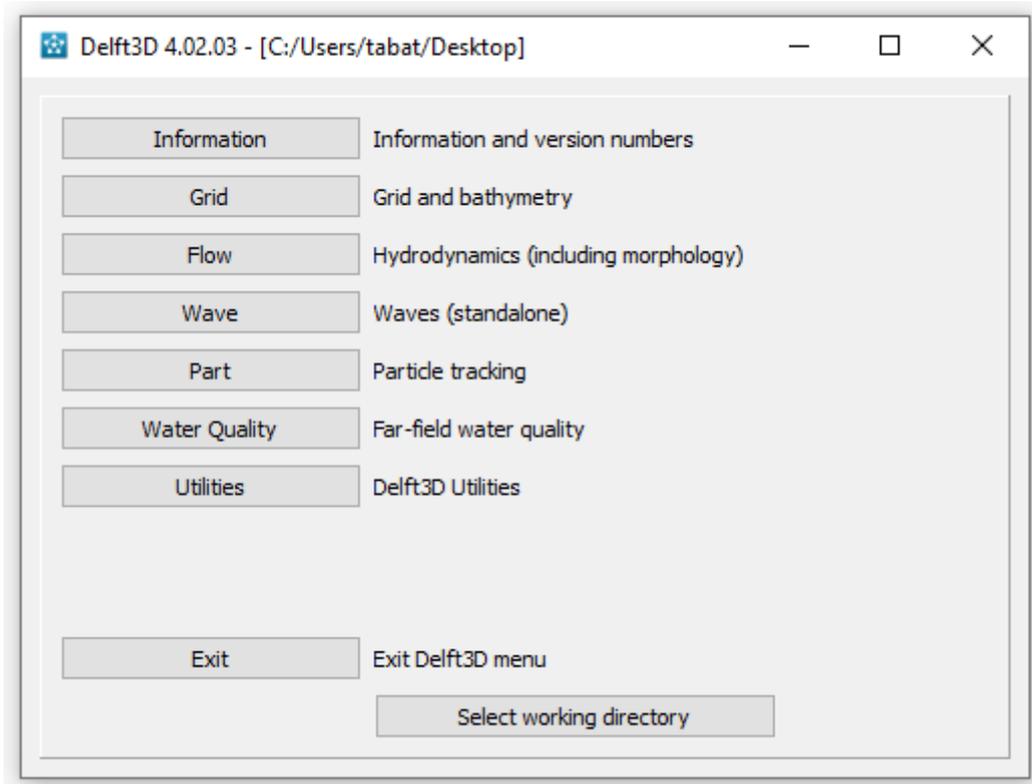
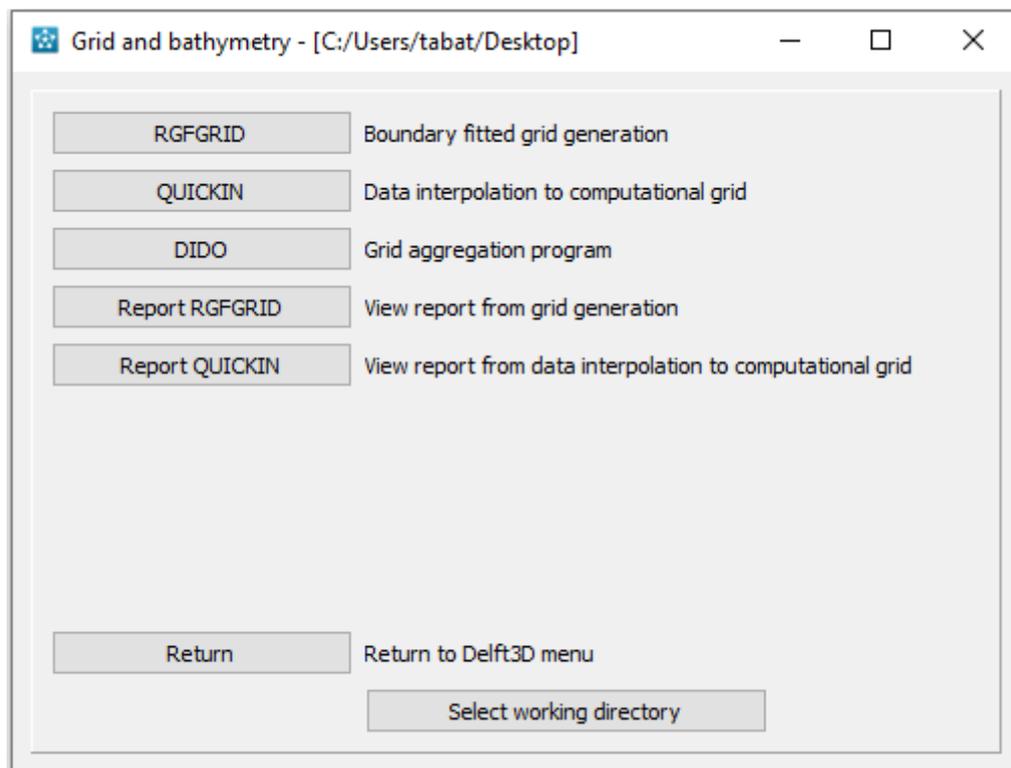


FIGURA 11. TELA GRID

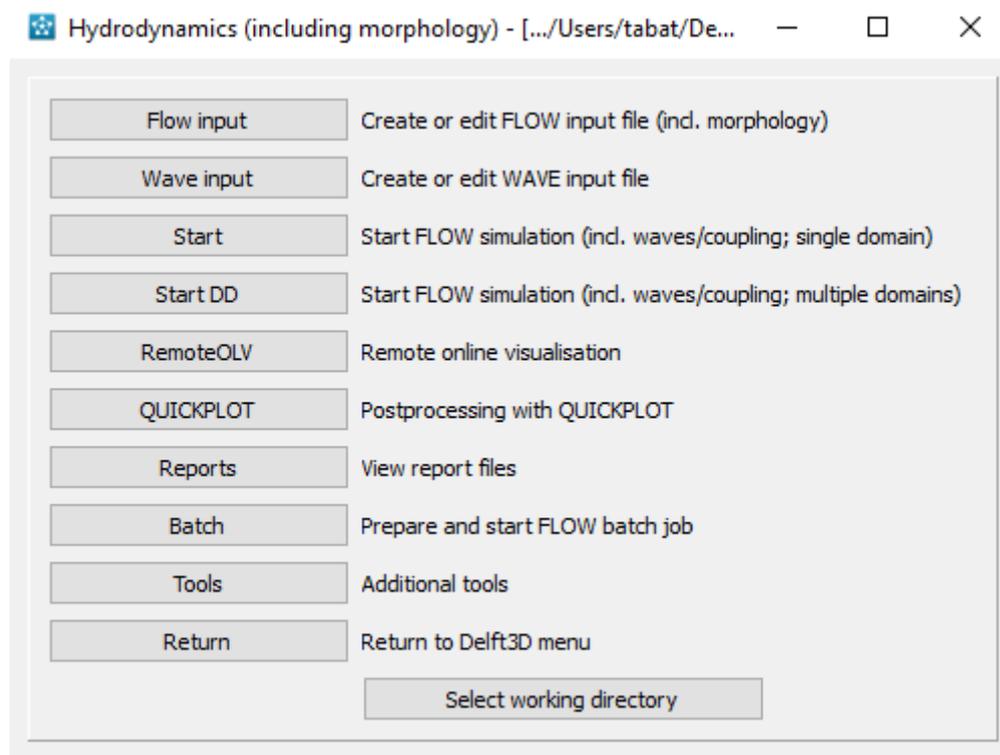


3.3 SIMULAÇÕES

Após a geração da grade e com as informações batimétricas e de rugosidade interpoladas para o domínio do modelo é possível a criação do arquivo principal de simulação (.mdf). Ao retornar a tela inicial clicando em *Return*, os módulos FLOW, WAVE, PART e WATER QUALITY estão disponíveis. A implementação e simulação do modelo hidrodinâmico e de transporte de sedimentos ocorre no módulo FLOW.

A FIGURA 12 apresenta a tela inicial do módulo FLOW. A geração do arquivo principal de simulação, chamado aqui de MDF, é realizada na ferramenta FLOW INPUT. Para inserir a ação de ondas nas simulações hidrodinâmicas o arquivo de ondas é criado em WAVE INPUT. As simulações são iniciadas clicando em START.

FIGURA 12. TELA PRINCIPAL MÓDULO FLOW – DELFT3D



Ao clicar em FLOW INPUT, uma nova tela é aberta. Em cada seção disponível em FLOW INPUT, arquivos e informações serão solicitadas a fim de gerar ou alterar o arquivo MDF para então realizar as simulações. O arquivo MDF implementado pode ser aberto em *File – Open*.

A seguir são descritas, de maneira resumida, cada seção da ferramenta FLOW INPUT:

- **Description** – descrição da simulação (FIGURA 13).
- **Domain** – inseridos os arquivos de grade, batimetria e pontos secos (FIGURA 14).

- **Time Frame** – data de início e término da simulação e o passo de tempo.
- **Processes** – nesta seção são acionados os processos de transporte de sedimentos (Módulo SED), ondas (Módulo WAVE), ação dos ventos e o processo de mineração (*Dredging and Dumping*) nas simulações dos Cenários (FIGURA 15).
- **Initial Conditions** – condições iniciais de nível de água e concentração de sedimentos.
- **Boundaries** – arquivos de condições de contorno .bnd, .bcc e .bct.
- **Physical Parameters** – constantes utilizadas, arquivo de rugosidade, dados de viscosidade, informações sobre os tipos de sedimentos, arquivo de morfologia e o arquivo contendo a série temporal de vento (FIGURA 16).
- **Numerical Parameters** - parâmetros numéricos do modelo.
- **Operations** – operações adicionais. Para o modelo realizar o processo de *Dredging and Dumping* deve-se indicar o arquivo .dad nesta seção.
- **Monitoring** – arquivo com pontos de observação.
- **Additional Parameters** – parâmetros adicionais do modelo. Para o modelo realizar o processo de *Dredging and Dumping* deve-se inserir a palavra-chave FILDAD e indicar o nome do arquivo com extensão .dad.
- **Output** – informações para armazenamento dos arquivos de saída, como data de início, término e intervalo de armazenamento.

O arquivo de simulação MDF é criado ao clicar em *File* e *Save MDF*. Para as simulações do Módulo II, no qual não foi necessária a implementação do campo de ondas, após a geração do MDF a próxima etapa consiste na simulação, que é iniciada no botão START na tela inicial do módulo FLOW.

Para as simulações do Módulo III é necessária a elaboração do arquivo de simulação do campo de ondas em WAVE INPUT. Como a simulação hidrodinâmica acontece simultânea à simulação das ondas (acionado o campo *Online Delft3D-WAVE* no MDF, FIGURA 15) ao informar qual arquivo MDF o campo de ondas deve estar relacionado (FIGURA 17). As únicas informações necessárias no arquivo de ondas são a grade e batimetria do modelo (mesma utilizada no MDF) na seção *Grids*, a condição de contorno do campo de ondas na seção *Boundaries* e as informações do campo de ventos, gerador das ondas, na seção *Physical Parameters*. A condição de contorno do campo de ondas coincide com a fronteira do MDF em que ocorre a entrada de ondas. Ao clicar em START, os arquivos MDF e de ondas serão solicitados e a simulação terá início.

FIGURA 13. TELA INICIAL ARQUIVO DE SIMULAÇÃO (.mdf)

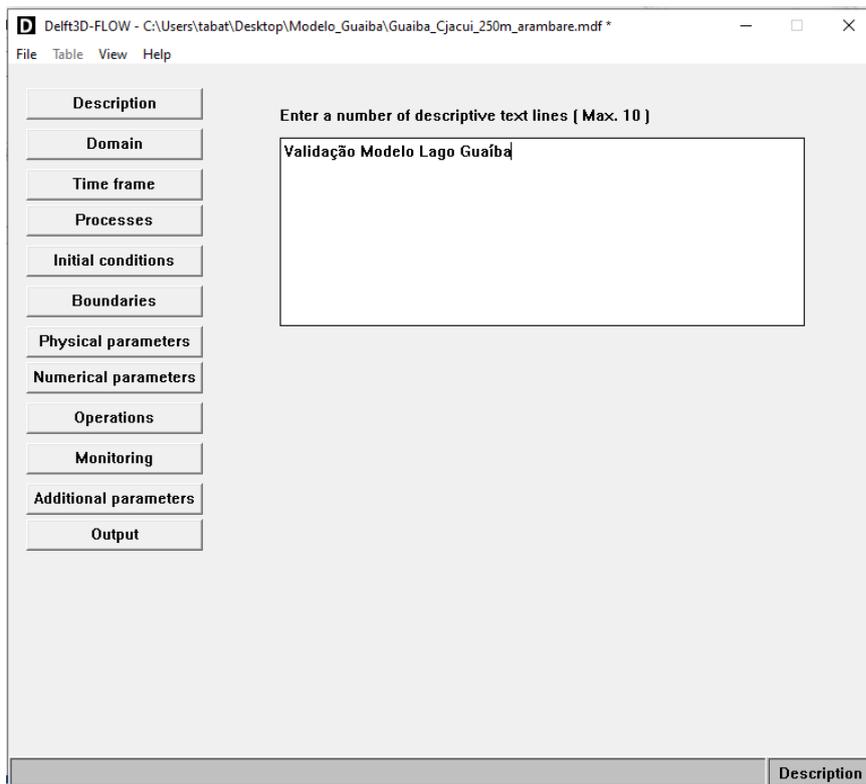


FIGURA 14. TELA DOMAIN

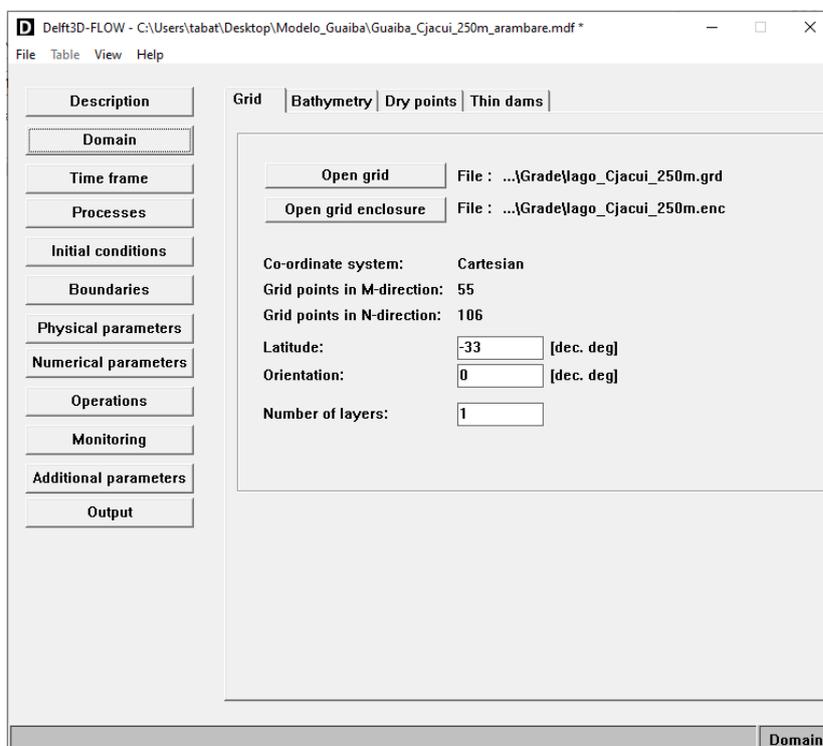


FIGURA 15. TELA PROCESSES

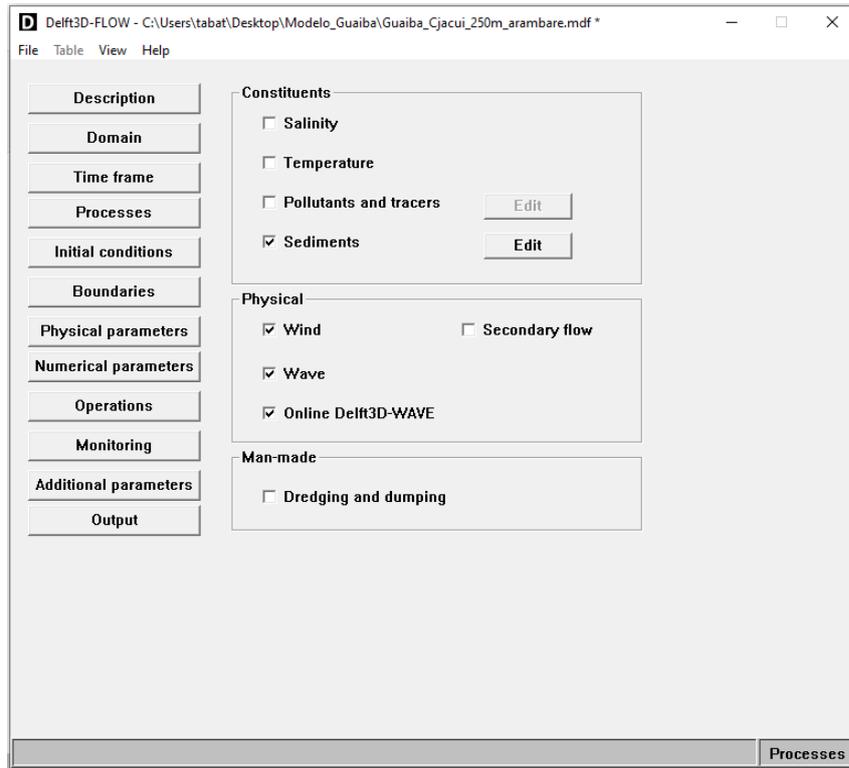


FIGURA 16. TELA PHYSICAL PARAMETERS

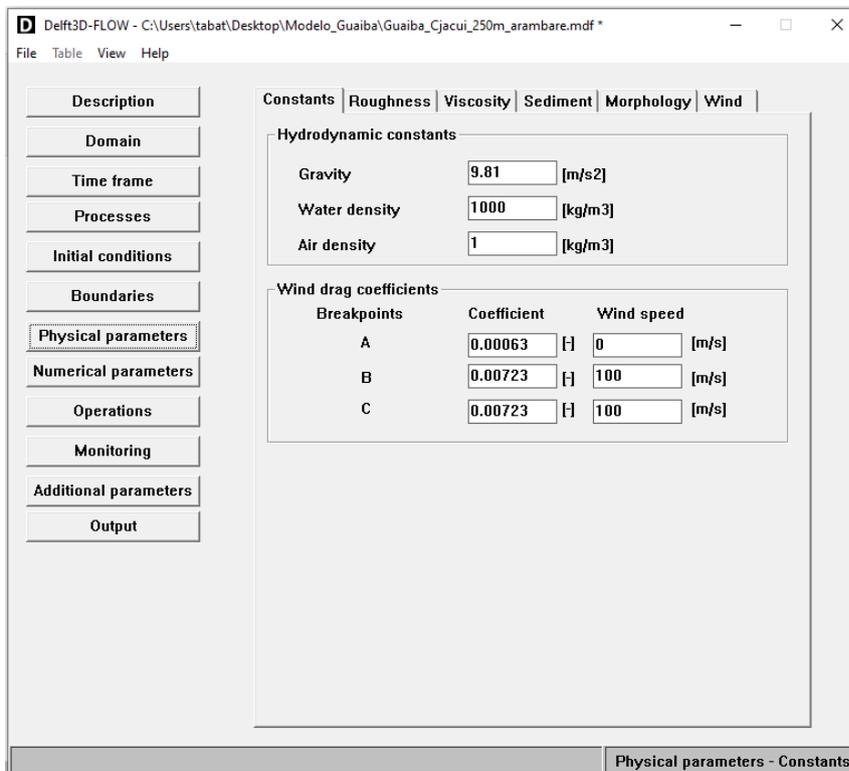
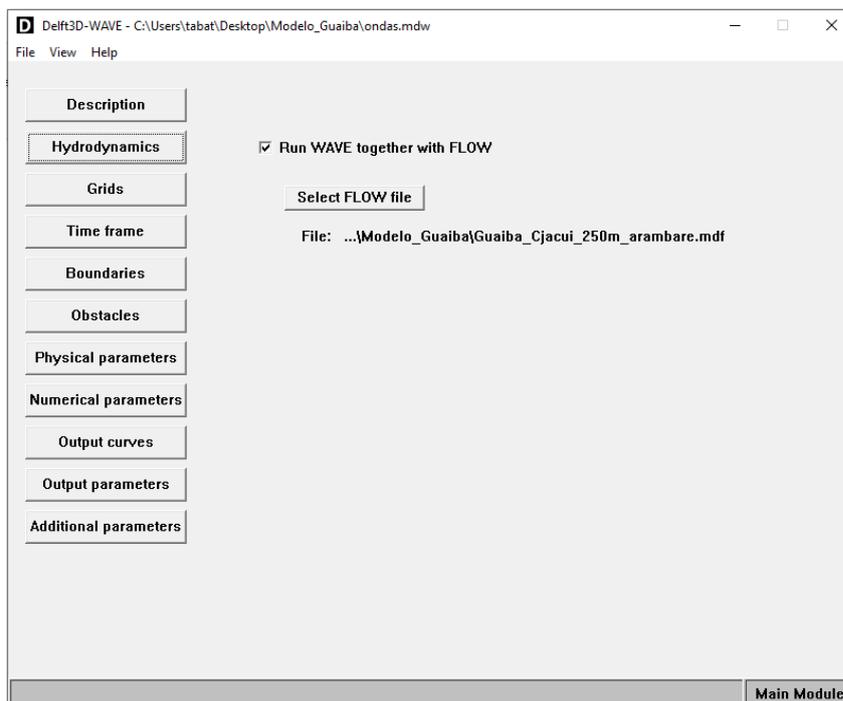


FIGURA 17. TELA DO ARQUIVO DE SIMULAÇÃO CAMPOS DE ONDAS



3.4 ESTRUTURA DOS ARQUIVOS DE SAÍDAS

A visualização dos resultados é realizada pela ferramenta QUICKPLOT de pós-processamento do Delft3D. O caminho para QUICKPLOT acontece por meio do módulo FLOW na tela principal do Delft3D (FIGURA 10). Na primeira tela do módulo FLOW (FIGURA 12) já esta disponível o acesso a ferramenta de pós-processamento.

Ao clicar em QUICKPLOT, uma segunda tela é aberta (FIGURA 18). Ao selecionar a pasta amarela (canto superior esquerdo) é possível procurar e selecionar um dos arquivos de saída, que então será aberto pelo QUICKPLOT.

A FIGURA 19 apresenta a ferramenta de pós-processamento com as funções ativadas após seleção do arquivo de saída. Neste momento, é possível observar os resultados para diferentes variáveis (FIGURA 20), para um dia ou período específico, e gerar imagens ou filmes mostrando as variações durante o tempo. Na coluna da direita podem ser selecionados limites automáticos ou manuais, diferentes texturas de imagens, cores e realizar a exportação dos resultados de uma determinada variável, para extensões compatíveis em programas como o Excel e o Matlab.

FIGURA 18. TELA QUICKPLOT

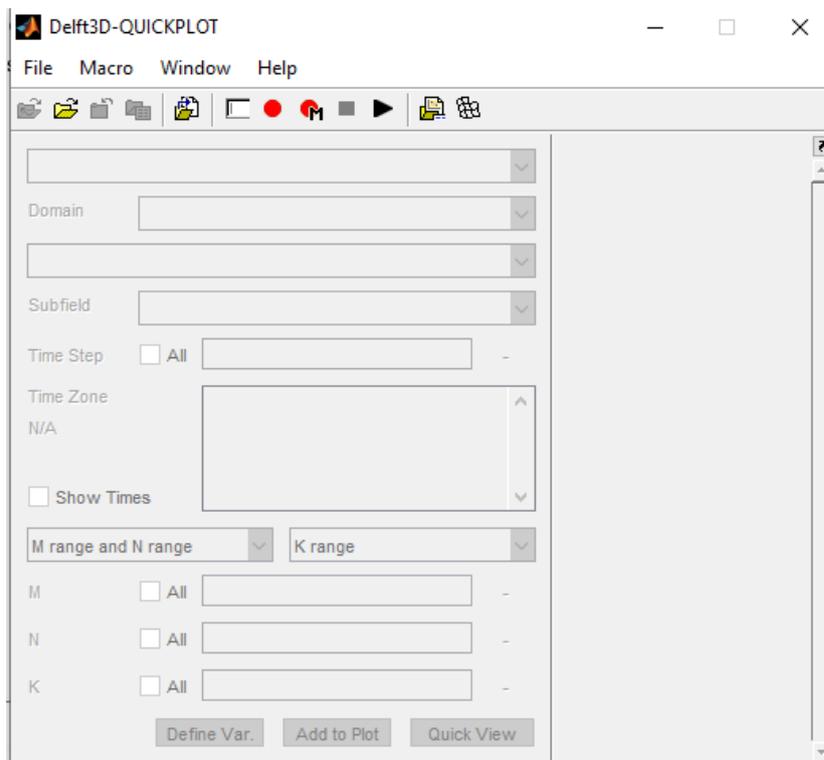


FIGURA 19. TELA QUICKPLOT COM ARQUIVO DE SAÍDA

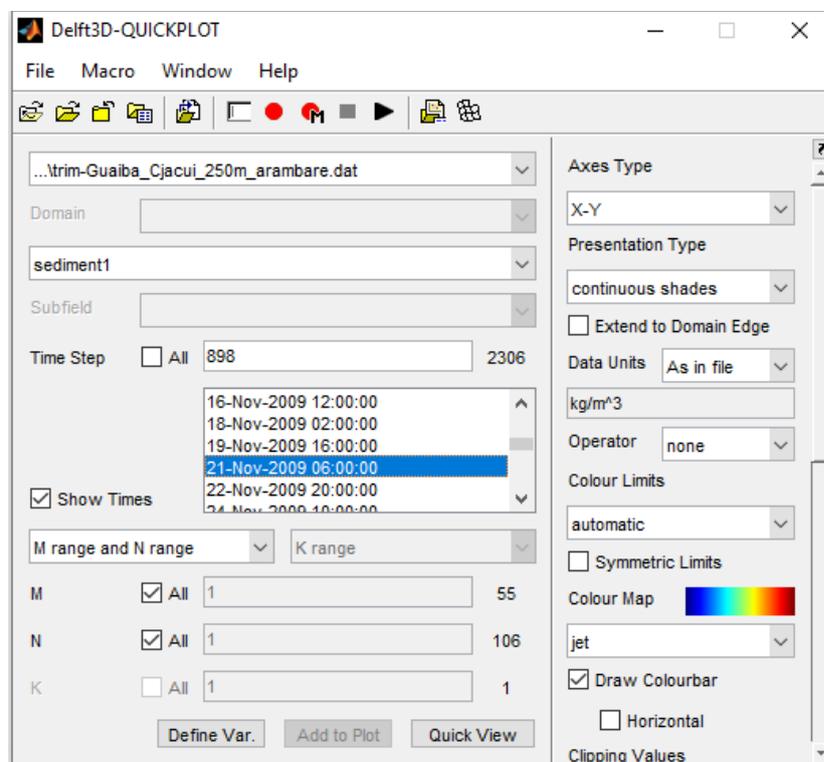


FIGURA 20. EXEMPLO DE VARIÁVEIS DE SAÍDA DISPONÍVEIS

