

**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**

**MODELO DIDÁTICO**

**MHE v1.05**

**Manual do Usuário**

**Vitor Geller**  
**Daniel Allasia**  
**Rutinéia Tassi**  
**Lucas Tassinari**



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>O que é o MHE e como ele funciona? .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Primeiros passos .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Pode encontrar treinamentos sobre o modelo aqui .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Instalação e Desinstalação .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3</b>	<b>Como executar o MHE? .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Funcionalidades do modelo .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Função “Escrever um arquivo de entrada...” .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Função “Executar um único arquivo de entrada...” .....</b>	<b>5</b>
<b>3.3</b>	<b>Função “Executar todos os arquivos de uma pasta...” .....</b>	<b>6</b>
<b>3.4</b>	<b>Função “Plotar gráficos...” .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Escrevendo Arquivos de Entrada Manualmente.....</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Informações Gerais .....</b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>Inserindo Chuvas.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2.1</b>	<i>Inserindo Chuvas Sintéticas .....</i>	<i>8</i>
<b>4.2.2</b>	<i>Inserindo Chuvas Observadas .....</i>	<i>9</i>
<b>4.3</b>	<b>Inserindo Operações .....</b>	<b>10</b>
<b>4.3.1</b>	<i>Inserindo Operações de Chuva-Vazão .....</i>	<i>10</i>
<b>4.3.2</b>	<i>Inserindo Operações de Propagação de Reservatórios .....</i>	<i>12</i>
<b>4.3.3</b>	<i>Inserindo Operações de Propagação de Canais.....</i>	<i>13</i>
<b>4.3.4</b>	<i>Inserindo Operações de Junção .....</i>	<i>14</i>
<b>5</b>	<b>Exemplos de Arquivos de Entrada .....</b>	<b>14</b>
<b>5.1</b>	<b>Exemplos de Entrada: Exemplo Número 3.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2</b>	<b>Exemplos de Entrada: Exemplo Número 7.....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Interpretando os Arquivos de Saída .....</b>	<b>19</b>
<b>6.1</b>	<b>Saídas das Simulações Chuva-Vazão.....</b>	<b>19</b>
<b>6.2</b>	<b>Saídas das Simulações Puls .....</b>	<b>19</b>
<b>6.3</b>	<b>Saídas das Simulações Muskingum-Cunge.....</b>	<b>20</b>
<b>6.4</b>	<b>Saídas das Simulações de Junção .....</b>	<b>20</b>

## 1 O QUE É O MHE E COMO ELE FUNCIONA?

Buscando analisar qualitativa e quantitativamente os processos hidrológicos, modelos computacionais vêm sendo desenvolvidos para modelagem hidrológica e hidráulica. Os modelos hidrológicos buscam compreender e simular o comportamento de uma bacia hidrográfica e prever situações diferentes das observadas. Entretanto, a complexidade física da bacia e dos processos envolvidos, bem como a forma de mensurar as variáveis do sistema, tem propiciado um desafio aos profissionais da área de hidrologia, resultando numa infinidade de modelos que buscam responder as diferentes questões ligadas à bacia hidrográfica.

Alguns modelos hidrológicos aplicados à drenagem urbana são consagrados pela literatura, no entanto, apesar da excelência destes modelos, em muitas circunstâncias eles devem ser às adaptados a situações particulares, tais como a modelagem de estruturas diferenciadas ou em cenários específicos. Ainda, no treinamento desses profissionais são necessários alguns modelos que expliquem alguns procedimentos que numa versão com interfase elaborada são perdidos.

O Modelo MHE foi desenvolvido para, de uma forma didática, explicar os processos que envolvem a montagem de um modelo hidrológico. Propositamente foi elaborado com uma interfase de texto, de forma de melhorar o entendimento dos processos hidrológicos por alunos em treinamento.

O MHE é um exemplo de ferramenta computacional que utiliza as funções da biblioteca hidrológica Hydrolib para simular eventos hidrológicos. Para construir um pacote computacional ou um modelo a partir da biblioteca Hydrolib, o usuário precisa escrever uma rotina que deve importar as funções da biblioteca na ordem desejada. Essa rotina pode ser escrita em qualquer linguagem de programação, já que códigos em Python podem ser chamados por rotinas escritas em outras linguagens (LUTZ, 2009, p. 15). Dessa forma, o código do MHE serve de exemplo para que os alunos e pesquisadores possam contruir um modelo hidrológico. A atual versão (1.05) foi reescrita totalmente em Python 3.7 ou superior.

## 2 PRIMEIROS PASSOS

### 2.1 Pode encontrar treinamentos sobre o modelo aqui

Introdução e simulação chuva-vazão: <https://youtu.be/9v-IBMdxclk>

Simulação de reservatórios e canais: <https://youtu.be/-bCqrFosUeI>



### 2.2 Instalação e Desinstalação

O Modelo Hidrológico Ecotecnologias (MHE) é um programa gratuito e de código aberto, não sendo necessária a instalação do mesmo em sua máquina para seu funcionamento, basta o usuário possuir os arquivos em sua máquina. No entanto, para que o modelo funcione, é necessária a instalação do interpretador Python. A versão recomendada para execução do modelo é a 3.7 ou superior. O interpretador Python pode ser adquirido gratuitamente em <https://www.python.org/downloads/>.

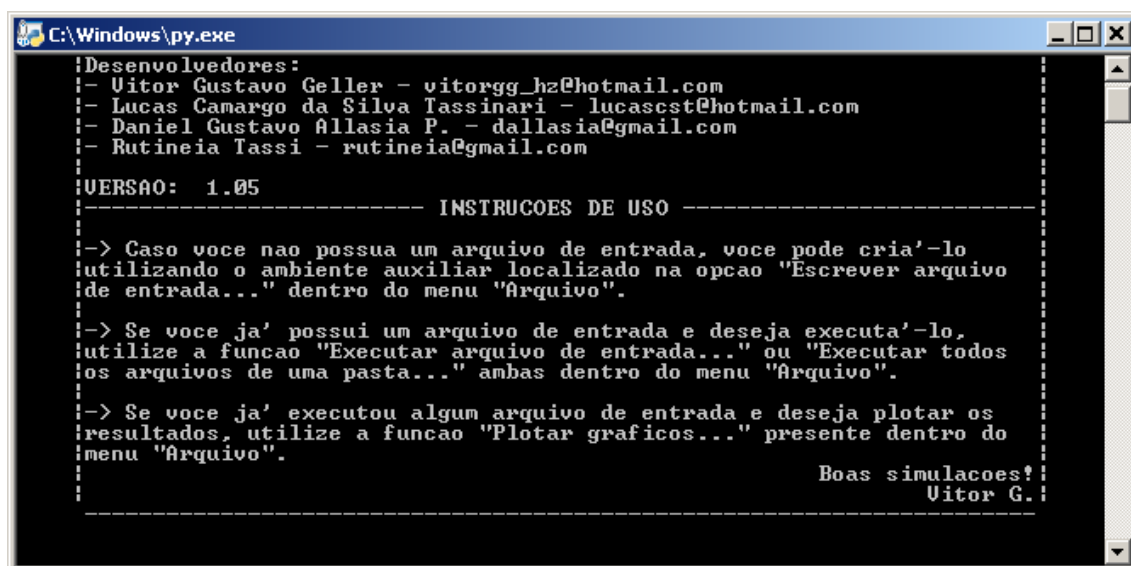
Juntamente com o interpretador Python será necessária a instalação de algumas bibliotecas customizadas. Dentre as bibliotecas estão: "*numpy*", "*matplotlib*", "*PIL*" (ou "*pillow*"), "*tkinter*", "*sys*", "*os*" e "*math*". Ressalta-se que algumas dessas bibliotecas podem já estar inclusas em seu interpretador dependendo de onde ele fora adquirido, contudo, se não for o seu caso, elas podem ser instaladas posteriormente. Para isso, recomendamos o PIP <https://pypi.org/project/pip/>, um instalador de pacotes customizados exclusivos para a linguagem Python.

### 2.3 Como executar o MHE?

Após a aquisição dos arquivos do modelo o mesmo pode ser executado pelo arquivo chamado "Modelo\_Hidrologico\_Ecotecnologias.py". Ao executá-lo, duas janelas abrir-se-ão, a primeira delas (Figura 1) é responsável por exibir algumas instruções e barras de progresso, e a segunda (Figura 2), responsável pela interação com o usuário.

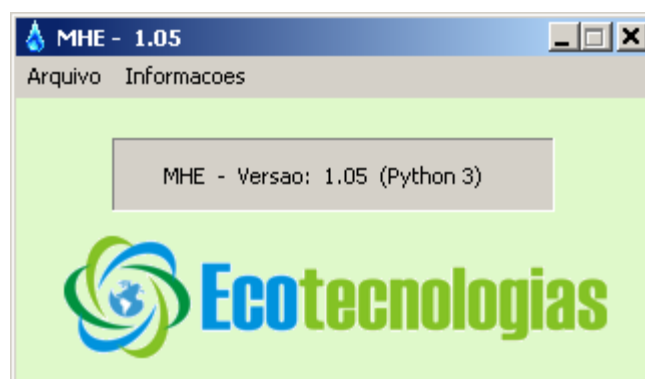


Figura 3 – Interface de instruções e barras de progresso.



Fonte: Acervo próprio

Figura 4 – Interface principal de interação com usuário.



Fonte: Acervo próprio

### 3 FUNCIONALIDADES DO MODELO

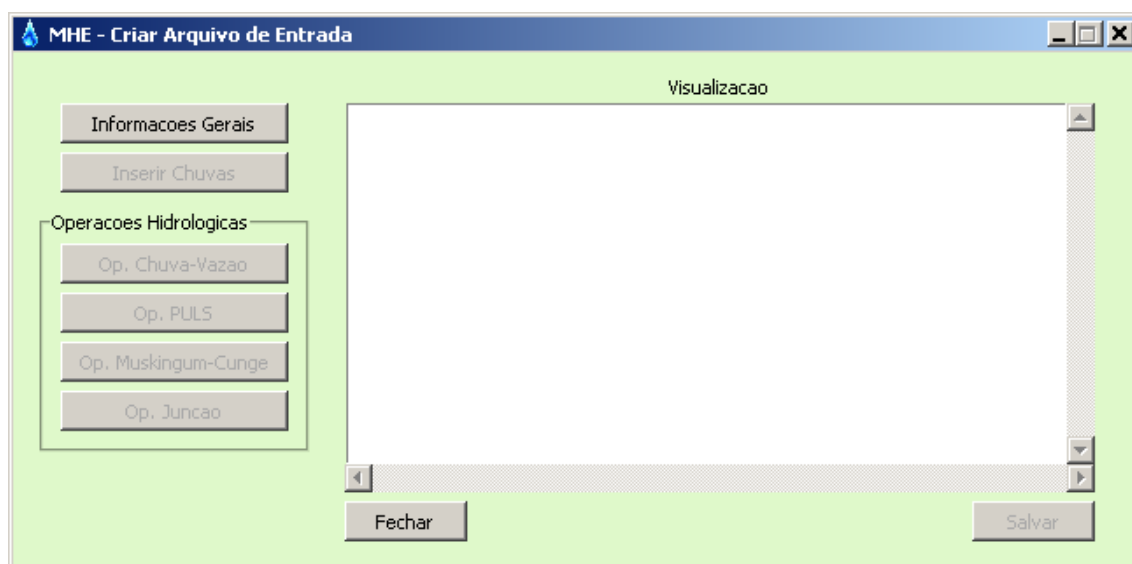
Todas as funcionalidades do modelo estão presentes no menu “Arquivo”. Aborda-se uma a uma nas seções seguintes.

#### 3.1 Função “Escrever um arquivo de entrada...”

Aqui se encontra o ambiente auxiliar para criação de arquivos de entrada. Com sua interface intuitiva e interativa, é possível criar entradas para todas as simulações disponíveis no modelo sem a necessidade de conhecimentos prévios sobre a estrutura do arquivo de entrada.

Ao executar essa função abrir-se-á a janela da Figura 5. Recomenda-se o uso deste ambiente para a criação de arquivos de entrada uma vez que o modelo verifica a informação inserida antes de tentar executá-la, avisando o usuário de eventuais problemas e prevenindo futuros erros.

Figura 6 – Interface auxiliar para criação de arquivos de entrada.



Fonte: Acervo próprio

No lado esquerdo da janela encontram-se as opções de entrada disponíveis, e no centro e na direita o esboço do arquivo que está sendo gerado. Observa-se que algumas opções presentes na imagem estão desabilitadas (fonte cinza), isso se deve ao fato que o modelo ordena a informação, ativando e desativando os botões à medida que ela é inserida.

Quando todas as informações estiverem sido inseridas, todos os botões bloquear-se-ão e o botão “Salvar” presente no canto inferior direito desbloquear-se-á. Ao clicar-lo, o modelo salvará o arquivo de texto em uma pasta chamada “Entrada”, criada no diretório do modelo.

### 3.2 Função “Executar um único arquivo de entrada...”

Esta funcionalidade serve para executar uma simulação. Para utilizá-la, será necessário um arquivo de entrada. Ao selecionar a função, o modelo requererá que o usuário procure e selecione o arquivo de entrada para que o

mesmo seja simulado. Caso o modelo detecte alguma inconsistência nos dados de entrada, uma janela aparecerá mostrando detalhes do erro.

### 3.3 Função “Executar todos os arquivos de uma pasta...”

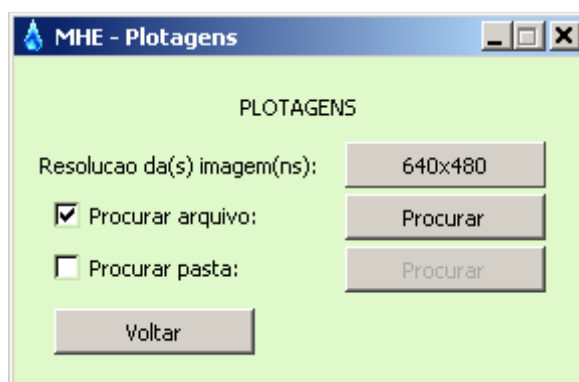
Esta funcionalidade serve para executar várias simulações independentes de uma única vez, sem que seja necessário operar no programa entre as simulações. Para utilizá-la, será necessária uma pasta contendo vários arquivos de entrada.

Ao selecionar a função, o modelo requererá que o usuário procure e selecione a pasta que contém os arquivos de entrada a serem simulados. Os arquivos que não se adequem ao formato padrão do arquivo de entrada serão ignorados (fotos, músicas, vídeos, etc).

### 3.4 Função “Plotar gráficos...”

Aqui se encontra o ambiente para criação de gráficos. Ao executar essa função abrir-se-á a janela da Figura 7.

Figura 8 – Interface de geração de plotagens.



Fonte: Acervo próprio

O primeiro botão é responsável por alterar a resolução das imagens que serão criadas. Há 5 opções de resolução; 640x480, 800x600, 1024x768, 1280x800 e 1600x900. O segundo e o terceiro são responsáveis por executar as funções de plotagem. Para executá-las, será necessário um arquivo de

saída ou uma pasta contendo vários arquivos de saída para o segundo e o terceiro botão respectivamente.

Da mesma forma que a função “Executar todos os arquivos de uma pasta...”, o terceiro botão não necessita de operações no modelo entre as plotagens.

## 4 ESCRIVENDO ARQUIVOS DE ENTRADA MANUALMENTE

Essa seção será destinada a detalhar como um arquivo de entrada deve ser estruturado caso seja escrito manualmente. Ressalta-se que o conhecimento apresentado nesse capítulo não é obrigatório para operação do modelo, uma vez que é possível criar arquivos de entrada utilizando o ambiente auxiliar. De qualquer modo, ao criar arquivos de entrada manualmente, eventuais erros serão apresentados no momento em que o arquivo for lido pelo modelo.

Ao tratar-se de leitura de arquivos de entrada, o modelo reconhece três comandos, todos escritos em letras maiúsculas e sem acentos, são eles: “*INICIO*,” , “*OPERACAO*,” e “*CHUVA*,”. Outra regra obrigatória é a utilização do ponto-e-vírgula (;) após cada informação. No capítulo 5 há dois exemplos de arquivo de entrada.

As primeiras linhas do arquivo podem ser destinadas a um comentário ou uma descrição breve da simulação. Isso se deve ao fato que o modelo só inicia a leitura dos dados a partir do comando “*INICIO*,” , que deve estar presente no documento de texto acima das informações referentes à simulação, portanto, o primeiro comando inserido no arquivo deve ser sempre “*INICIO*,”.

### 4.1 Informações Gerais

As informações gerais da simulação devem sempre aparecer antes dos demais comandos do arquivo, pois o comando que insere as informações gerais é o comando “*INICIO*,”. A estrutura do comando consiste em uma única linha com as seguintes informações:



- Nome do comando (“*INICIO*,”);
- Número de intervalos de tempo;
- Duração do intervalo de tempo em segundos;
- Número de postos de chuva;
- Número de intervalos de tempo com chuva, e;
- Número de operações hidrológicas.

Exemplo: Para uma simulação com 1440 intervalos de tempo de 60 segundos cada, com 1 posto de chuva, 900 intervalos de tempo com chuva e 5 operações hidrológicas resultará em:

INICIO; 1440; 60; 1; 900; 5;

## 4.2 Inserindo Chuvas

O comando responsável por inserir chuvas ao modelo é o comando “*CHUVA*,”. Esse comando é utilizado para inserir qualquer tipo de chuva, portanto são necessárias duas linhas de comando.

Na primeira declara-se a chuva e na segunda especifica-se o seu tipo e detalha-se sua informação. A estrutura da primeira linha do comando é:

- Nome do comando (“*CHUVA*,”);
- Número da chuva (1, 2, 3...). Cada chuva deve conter um número e ele deve estar em ordem crescente, e;
- Local do posto de chuva (informação opcional).

Detalhes da segunda linha do comando são apresentados a seguir.

### 4.2.1 Inserindo Chuvas Sintéticas

Chuvas sintéticas podem ser criadas por meio do uso de uma equação IDF. Na versão atual (1.05) há apenas um tipo de IDF disponível, cuja forma é:

$$I = \frac{a \cdot T r^b}{(t + c)^d}$$

Em que  $I$  é a intensidade de chuva em milímetros por hora;  $a, b, c$  e  $d$  são os parâmetros da equação IDF;  $Tr$  é o tempo de retorno em anos e  $t$  a duração da chuva em minutos.

Para inserir uma chuva sintética deve-se declarar uma chuva com o comando “CHUVA;” e especificar suas informações na segunda linha do comando. Para o caso de chuvas sintéticas a sua estrutura é:

- Especificação do tipo de chuva (“IDF;”);
- Tipo de IDF (só há um tipo, portanto 1);
- Posição do pico de chuva em porcentagem decimal (de 0 a 1). Utilize ponto como separador decimal;
- Tempo de retorno em anos;
- Parâmetro A da IDF;
- Parâmetro B da IDF;
- Parâmetro C da IDF;
- Parâmetro D da IDF, e;
- Limite da intensidade de chuvas em minutos. Utilize zero para desabilitar esta funcionalidade. Verifique o manual teórico para mais detalhes dessa funcionalidade.

Exemplo: Declare uma chuva sintética a partir da equação IDF do IPH, com a posição do pico de chuva posicionada em 50% do tempo, com 10 anos de tempo de retorno e sem limites de intensidade de chuva:

```
CHUVA; 1; IDF do IPH (opcional);
IDF; 1; 0.5; 10; 509.86; 0.196; 10.0; 0.72; 0;
```

#### 4.2.2 Inserindo Chuvas Observadas

É possível inserir chuvas observadas a partir de documentos de texto do formato “txt”. Similarmente ao caso de chuvas sintéticas, declara-se a chuva na primeira linha e detalha-se sua informação na segunda. Para o caso de chuvas observadas a sua estrutura é:

- Especificação do tipo de chuva (“OBS;”), e;
- Diretório completo ao arquivo de texto (“C:/Users/.../Chuva observada.txt;”) ou nome do arquivo de texto caso o mesmo

encontra-se no mesmo diretório do arquivo de entrada (“Chuva observada.txt;”).

Exemplo: Declare uma chuva observada de uma bacia hipotética. O arquivo dos dados de chuva está no mesmo diretório do arquivo de entrada:

CHUVA; 1;

OBS; Chuva posto hipotetico.txt;

Ressalta-se que o usuário deve certificar-se que há somente um único valor de chuva em cada linha do arquivo e que, por questões de padronização, o último caractere de cada linha deve sempre ser ponto-e-vírgula. O arquivo de chuva observada não admite comentários ou cabeçalhos e deve possuir o mesmo número de dados (linhas) que o número de intervalos de tempo de chuva estipulada na simulação.

### 4.3 Inserindo Operações

O comando responsável por inserir operações hidrológicas ao modelo é o comando “*OPERACAO*,”. Esse comando é utilizado para inserir qualquer tipo de operação, portanto são necessárias duas ou mais linhas de comando para especificar a operação e sua informação. O comando deve ser sempre iniciado com:

- Nome do comando (“*OPERACAO*,”);
- Número da operação (1, 2, 3,...). Cada operação deve conter um número e ele deve estar em ordem crescente, e;
- Nome/local da operação (informação opcional).

Detalhes de como escrever as demais linhas do comando serão apresentadas a seguir.

#### 4.3.1 Inserindo Operações de Chuva-Vazão

A operação de chuva-vazão pode ser utilizada para determinar a resposta de uma bacia frente a um evento de chuva. Para inserir uma operação de chuva-vazão é necessário declarar uma operação com o comando “*OPERACAO*,” e em seguida, entrar com os seguintes dados:

- Especificar o tipo da operação (“PQ;”) e indicar a chuva que será utilizada nela (1, 2, 3,...);
- Especificar o algoritmo de separação do escoamento superficial (na versão atual há somente o método da curva-número), portanto “CN;” e indicar o seu valor, e;
- Especificar o algoritmo de propagação do escoamento superficial (na versão atual há somente o método do hidrograma unitário triangular), portanto “HUT;”, inserir a área da bacia (km<sup>2</sup>) e o tempo de concentração (horas).

Exemplo: Declare uma operação chuva-vazão para uma bacia hipotética de 5.37 km<sup>2</sup> e tempo de concentração de 0.89 horas. O coeficiente CN médio da bacia é de 90.2:

```
OPERACAO; 1; Nome da operação (opcional);
PQ; 1;
CN; 90.2;
HUT; 5.37; 0.89;
```

É possível solicitar ao modelo o cálculo do tempo de concentração da bacia por meio da equação de Kirpich (há apenas a equação de Kirpich disponível na versão atual). Para utilizá-la, o usuário deve inserir as seguintes informações ao escrever a linha de escolha do algoritmo de propagação do escoamento superficial da operação chuva-vazão:

- Especificar o algoritmo de propagação do escoamento superficial (na versão atual há somente o método do hidrograma unitário triangular), portanto “HUT;”;
- Inserir a área da bacia (km<sup>2</sup>), e;
- Diferentemente de inserir o valor do tempo de concentração (horas), deve-se inserir o comando “KIRPICH;” seguido da diferença de cota da bacia (m) e o comprimento do canal (km).

Exemplo: Declare uma operação chuva-vazão para uma bacia hipotética de 5.37 km<sup>2</sup>, 11.3 metros de diferença de cota e 9.4 km de comprimento. O coeficiente CN médio da bacia é de 90.2:

```
OPERACAO; 1; Nome da operação (opcional);
PQ; 1;
```

CN; 90.2;

HUT; 5.37; KIRPICH; 11.3; 9.4;

#### 4.3.2 *Inserindo Operações de Propagação de Reservatórios*

A operação de propagação de reservatórios pode ser utilizada para determinar o hidrograma de saída e a vazão de pico de um reservatório com diversas estruturas de extravasão frente a um evento de cheia. Há somente a propagação de Puls programada no modelo para realizar tal simulação, e sua estrutura de entrada é:

- Especificar o tipo da operação (“*PULS;*”);
- Indicar o número da operação hidrológica cujo hidrograma de saída será utilizado como hidrograma de entrada nessa operação ou o diretório (ou nome) do arquivo com os dados do hidrograma de entrada;
- Cota inicial do reservatório (m), e;
- Número de estruturas de extravasão (sendo essa a última informação da segunda linha).

A partir daqui, o usuário deve inserir as informações das estruturas de extravasão, lembrando que cada linha é responsável por uma única estrutura e que diversas estruturas podem ser inseridas em um único reservatório. Há somente dois tipos de estruturas de extravasão disponíveis na versão atual, vertedores retangulares (“*VERTEDOR;*”) e orifícios circulares (“*ORIFICIO;*”). A estrutura de cada caso é apresentada a seguir:

- Especificar a estrutura (“*VERTEDOR;*”), coeficiente de descarga, comprimento da soleira (m), cota da soleira (m) e cota máxima do vertedor (m), e;
- Especificar a estrutura (“*ORIFICIO;*”), coeficiente de descarga, área (m<sup>2</sup>), diâmetro (m) e cota do centro (m);

Após a inserção de todas as estruturas de extravasão, o usuário deve inserir a informação do arquivo que contém a curva cota-volume em uma nova linha, atentando-se para os seguintes quesitos:

- Inserir o diretório (ou nome) do arquivo de texto contendo a curva cota-volume;

- O arquivo deve ser estruturado de forma que cada linha possua um par de valores (o primeiro deles deve ser a cota em metros e o segundo o volume em hectômetros cúbicos), e;
- Por questões de padronização, deve-se inserir ponto-e-vírgula após cada valor e o primeiro par de valores deve ser o fundo do reservatório com cota e volume zero ("0; 0;").

Exemplo: Declare uma operação de propagação de reservatórios sabendo que o reservatório possui um vertedor de 25m de largura de soleira e 10m de altura, cuja soleira está na cota 120m. Considere que a curva cota-volume está apresentada no arquivo "Cota-Volume.txt" e o hidrograma de entrada está apresentado no arquivo "Hidrograma\_entrada.txt" (ambos os arquivos presentes no mesmo diretório que o arquivo de entrada da simulação). Considere também que o nível de água no reservatório está inicialmente na cota 120m:

```
OPERACAO; 1; Nome da operação (opcional);
PULS; Hidrograma_entrada.txt; 120; 1;
VERTEDOR; 1.5; 25; 120; 130;
Cota-Volume.txt;
```

#### 4.3.3 *Inserindo Operações de Propagação de Canais*

A operação de propagação de canais pode ser utilizada para determinar o hidrograma de saída de um canal frente a um evento de cheia. Na versão atual há somente a propagação de Muskingum-Cunge adaptada para canais retangulares largos para realizar esse tipo de simulação, e sua estrutura de entrada é:

- Especificar o tipo da operação ("MKC;");
- Indicar o número da operação hidrológica cujo hidrograma de saída será utilizado como hidrograma de entrada nessa operação ou o diretório (ou nome) do arquivo com os dados do hidrograma de entrada;
- A diferença de cota entre o início e o fim do canal (m);
- O comprimento do canal (km);

- A largura do canal (m), e;
- O coeficiente médio de Manning.

Exemplo: Determine o hidrograma 18km à jusante de uma seção de um rio de 30m de largura, declividade de 70cm por km, coeficiente médio de Manning  $n=0.045$ . Os dados do hidrograma de entrada são oriundos da operação hidrológica número 2:

OPERACAO; 1; Nome da operação;  
MKC; 2; 12.6; 18.0; 30.0; 0.045;

#### 4.3.4 Inserindo Operações de Junção

A operação de junção pode ser utilizada para determinar o hidrograma de saída ao unir um número qualquer de hidrogramas. O processo de união dos hidrogramas é a simples soma dos intervalos iguais de todos os hidrogramas de entrada. Na versão atual não é possível entrar com hidrogramas observados. A estrutura do comando é:

- Especificar o tipo da operação (“JUN,”), e;
- Inserir o número das operações que serão unidas, separadas por ponto-e-vírgula.

Exemplo: Declare a entrada de uma operação de junção em que unir-se-ão os hidrogramas das operações 2, 3, 4, 5 e 6:

OPERACAO; 1; Nome da operação;  
JUN; 2; 3; 4; 5; 6;

## 5 EXEMPLOS DE ARQUIVOS DE ENTRADA

Os exemplos de criação de arquivos de entrada aqui apresentados estão disponíveis para download como exemplos de utilização do modelo. Há um total de 8 exemplos disponíveis no momento que esse documento é escrito, contudo, apenas dois deles serão detalhados neste documento.

## 5.1 Exemplos de Entrada: Exemplo Número 3

Avalie o impacto no hidrograma de saída de uma simulação de chuva-vazão com os seguintes dados:

- Dados de chuva:
  - Utilize a IDF do Aeroporto de POA;
  - Chuva de 24 horas;
  - Intervalo de tempo de 1 minuto;
  - Tempo de retorno de 10 anos;
  - Posição do pico de chuva no centro do hietograma;
  - Limite de calculo da intensidade de chuva: 0 minuto (sem limite);
- Dados da bacia hipotética 1, cenário 1:
  - CN de 75;
  - Area de 2.93 km<sup>2</sup>;
  - Tempo de concentração 0.68 horas;
- Dados da bacia hipotética 1, cenário 2:
  - CN de 80;
  - Área de 2.93 km<sup>2</sup>;
  - Tempo de concentração 0.68 horas;
- Dados da bacia hipotética 2, cenário 1:
  - CN de 70;
  - Área de 10.2 km<sup>2</sup>;
  - Tempo de concentração 1.99 horas;
- Dados da bacia hipotética 2, cenário 2:
  - CN de 80;
  - Área de 10.2 km<sup>2</sup>;
  - Tempo de concentração 1.99 horas;



Arquivo de entrada do exemplo 3

INICIO; 1440; 60; 1; 1440; 4;

CHUVA; 1; IDF PORTO ALEGRE;

IDF; 1; 0.5; 10; 826.80; 0.143; 13.3; 0.79; 0;

OPERACAO; 1; Bacia hipotética 1, Cenário 1;

PQ; 1;

CN; 75;

HUT; 2.93; 0.68;

OPERACAO; 2; Bacia hipotética 1, Cenário 2;

PQ; 1;

CN; 80;

HUT; 2.93; 0.68;

OPERACAO; 3; Bacia hipotética 2, Cenário 1;

PQ; 1;

CN; 70;

HUT; 10.2; 1.99;

OPERACAO; 4; Bacia hipotética 2, Cenário 2;

PQ; 1;

CN; 80;

HUT; 10.2; 1.99;

## 5.2 Exemplos de Entrada: Exemplo Número 7

Avalie se a estrutura de extravasão de emergência de uma barragem (vertedor) é capaz de suportar a contribuição de dois canais independentes A e B. Sabe-se que a barragem possui no total 5 estruturas de extravasão, sendo 4 delas orifícios e o vertedor de emergência. Seguem as informações:

- Os orifícios estão operando em paralelo e possuem 1m de diâmetro. Eles estão localizados na cota 5m e seus coeficientes de descarga são 0.5;
- O vertedor de emergência possui 20m de comprimento, 6m de altura e está localizado na cota 15m. O coeficiente de descarga dele é 1.5;
- A informação da curva cota-volume do reservatório está no arquivo "CCVol.txt";
- O canal A possui 20 km de comprimento, 15.3m de diferença de cota, com coeficiente de Manning médio de 0.040 e largura de 25m;
- O canal B possui 17 km de comprimento, 25.8m de diferença de cota, com coeficiente de Manning médio de 0.030 e largura de 30m;
- O hidrograma de entrada do canal A é oriundo da bacia hipotética 1 que possui CN médio de 73.2, área de 52.2km<sup>2</sup> e tempo de concentração de 2.02 horas;
- O hidrograma de entrada do canal B é oriundo da bacia hipotética 2 que possui CN médio de 85.2, área de 72.8km<sup>2</sup> e tempo de concentração de 1.67 horas;
- A chuva que precipita na bacia hipotética 1 tem tempo de retorno de 100 anos e 24 horas de duração. Utilize a IDF do Aeroporto de POA. A posição do pico de chuva deve ser localizada em 50% do tempo. Calcule a chuva sem limites de intensidade, e;
- A chuva que precipita na bacia hipotética 2 tem tempo de retorno de 100 anos e 24 horas de duração. Utilize a IDF do IPH. A posição do pico de chuva deve ser localizada em 50% do tempo. Calcule a chuva sem limites de intensidade.

Arquivo de entrada do exemplo 7.

**Lembrando que esse exemplo não funcionará sem o arquivo CCVol.txt.**

INICIO; 2160; 60; 2; 1440; 6;

CHUVA; 1; IDF Aeroporto de Porto Alegre;

IDF; 1; 0.5; 100; 826.80; 0.143; 13.3; 0.79; 0;

CHUVA; 2; IDF do IPH;

IDF; 1; 0.5; 100; 509.86; 0.196; 10.0; 0.72; 0;

OPERACAO; 1; Bacia hipotética 1;

PQ; 1;

CN; 73.2;

HUT; 52.2; 2.02;

OPERACAO; 2; Bacia hipotética 2;

PQ; 2;

CN; 85.2;

HUT; 72.8; 1.67;

OPERACAO; 3; Canal A;

MKC; 1; 15.3; 20.0; 25.0; 0.040;

OPERACAO; 4; Canal B;

MKC; 2; 25.8; 17.0; 30.0; 0.030;

OPERACAO; 5; Junção dos canais;

JUN; 3; 4;

OPERACAO; 6; Reservatório;

PULS; 5; 15.0; 5;

VERTEDOR; 1.5; 20; 15; 21;

ORIFICIO; 0.5; 0.7854; 1.0; 5;

ORIFICIO; 0.5; 0.7854; 1.0; 5;

ORIFICIO; 0.5; 0.7854; 1.0; 5;

ORIFICIO; 0.5; 0.7854; 1.0; 5;

CCVol.txt;

## 6 INTERPRETANDO OS ARQUIVOS DE SAÍDA

Assim com os arquivos de entrada, as saídas do modelo também são arquivos de texto, com a exceção de possuírem o formato “*ohy*”. As saídas são criadas no mesmo diretório do arquivo de entrada.

Cada tipo de operação hidrológica possui um arquivo de saída, isso significa que em uma simulação com várias operações, todas àquelas que forem do mesmo tipo estarão juntas no mesmo arquivo de saída. Apresentam-se as saídas de cada tipo de operação a seguir.

### 6.1 Saídas das Simulações Chuva-Vazão

Inicialmente apresentam-se as informações gerais da simulação e as características das operações chuva-vazão presentes na simulação. Em seguida são apresentadas algumas informações referentes aos hidrogramas de saída, como vazão de pico e volume escoado.

A primeira tabela do arquivo mostra as chuvas de projeto, que são as chuvas utilizadas para calcular a parcela de escoamento superficial. Ressalta-se que a partir de uma única chuva de projeto é possível calcular várias séries de chuva efetiva.

A seguir apresentam-se as séries de chuva efetiva, que são àquelas utilizadas para calcular o hidrograma de projeto. As séries de chuva efetiva representam a parcela de chuva, em milímetros, que gerou escoamento superficial.

Na última tabela apresentam-se os hidrogramas de projeto, que são as séries de vazões superficiais geradas pela combinação dos pulsos de chuva em uma determinada área, em metros cúbicos por segundo.

### 6.2 Saídas das Simulações Puls

Após apresentar as informações gerais da simulação, são apresentados os resultados de cada simulação de propagação de reservatórios de forma sucessiva.

A apresentação dos resultados consiste em informar o número da operação correspondente, a origem do hidrograma de entrada da operação, o pico de vazão de saída do reservatório e a cota máxima atingida pela água no reservatório. Em seguida, apresenta-se a tabela contendo a vazão de entrada ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), a vazão de saída ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e a cota do nível d'água (m) correspondente a cada intervalo de tempo, referentes à operação especificada no cabeçalho.

### **6.3 Saídas das Simulações Muskingum-Cunge**

Após apresentar as informações gerais da simulação, são apresentados os resultados de cada simulação de propagação de canais de forma sucessiva.

A apresentação dos resultados consiste em informar o número da operação correspondente, a origem do hidrograma de entrada da operação e o pico de vazão de saída do canal. Em seguida, apresenta-se a tabela contendo a vazão de entrada ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e a vazão de saída ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) correspondente a cada intervalo de tempo, referentes à operação especificada no cabeçalho.

### **6.4 Saídas das Simulações de Junção**

A estrutura do arquivo de saída das operações de junção é similar à estrutura dos arquivos de saída das operações de Muskingum-Cunge. Após apresentar as informações gerais da simulação, são apresentados os resultados de cada simulação de junção de forma sucessiva.

A apresentação dos resultados consiste em informar o número da operação correspondente, a origem de cada hidrograma de entrada da operação e o pico de vazão de saída do hidrograma resultante. Em seguida, apresenta-se a tabela contendo cada vazão de entrada ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e a vazão de saída ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) correspondente a cada intervalo de tempo, referentes à operação especificada no cabeçalho.