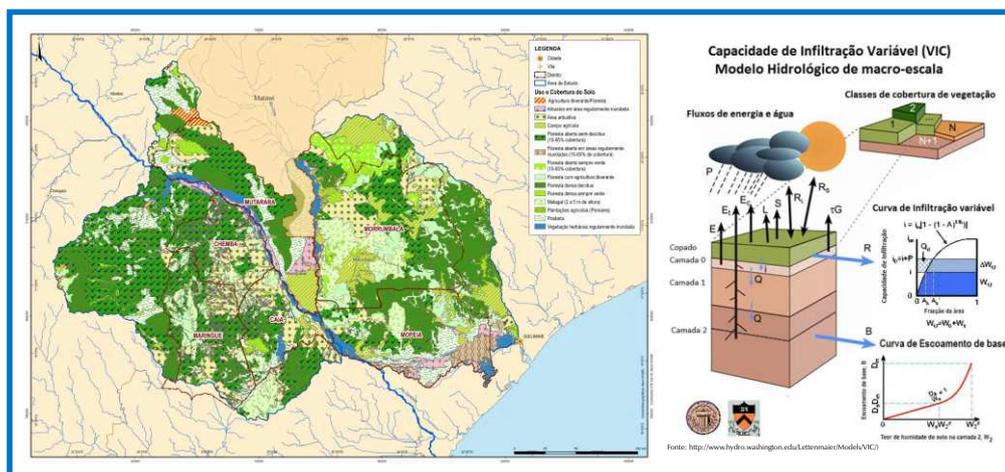




MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL  
DIRECÇÃO NACIONAL DE PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO RURAL

## CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO VIC (VARIABLE INFILTRATION CAPACITY) E ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS DIF (DYNAMIC INFORMATION FRAMEWORK)



### RELATÓRIO FINAL

### VOLUME III - MANUAL DE UTILIZADOR DO MODELO VIC E DO ZAMBEZEDIF

MAIO 2013





**MANUAL DE UTILIZADOR DO  
MODELO VIC**

---

---



# CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO VIC (VARIABLE INFILTRATION CAPACITY) E ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS DIF (DYNAMIC INFORMATION FRAMEWORK)

## RELATÓRIO FINAL

### VOLUME III – MANUAL DE UTILIZADOR DO MODELO VIC



# CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO VIC (VARIABLE INFILTRATION CAPACITY) E ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS DIF (DYNAMIC INFORMATION FRAMEWORK)

## MANUAL DE UTILIZADOR DO MODELO VIC

### ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1-1
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	2-1
2.1	MODELO VIC.....	2-1
2.2	MODELO ROUTING .....	2-5
3	MODELO VIC .....	3-1
3.1	CONFIGURAÇÃO DAS OPÇÕES E MODOS DE SIMULAÇÃO DO MODELO VIC .....	3-1
3.1.1	Modos de simulação.....	3-1
3.1.2	Passo de tempo.....	3-3
3.2	FICHEIROS DE ENTRADA DO MODELO VIC.....	3-3
3.2.1	Organização dos ficheiros de entrada.....	3-3
3.2.2	Ficheiro “Global Parameter” .....	3-3
3.2.3	Ficheiro “user_def.h”.....	3-14
3.2.4	Ficheiro dos dados meteorológicos (“Meteorological Forcing Files”).....	3-18
3.2.5	Ficheiro dos parâmetros dos solos.....	3-19
3.2.6	Ficheiros dos tipos de vegetação (“Vegetation library file”).....	3-24
3.2.7	Ficheiros dos parâmetros da vegetação (“Vegetation parameter file”).....	3-25
3.3	RESULTADOS DO MODELO VIC .....	3-26
3.3.1	Ficheiros de saída do modelo VIC.....	3-26
3.3.2	Ficheiros de saída “padrão”.....	3-30
3.3.3	Informação enviada para o ecrã.....	3-32
3.4	PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DE SAÍDA DO MODELO VIC.....	3-32
4	MODELO ROUTING.....	4-1
4.1	FICHEIROS DE ENTRADA DO MODELO ROUTING .....	4-1
4.1.1	Ficheiro de entrada “SETUP” .....	4-1
4.1.2	Ficheiro da direcção de escoamento (“Flow Direction File”) .....	4-2
4.1.3	Ficheiro da velocidade de escoamento (“Flow Velocity File”) .....	4-3
4.1.4	Ficheiro dos coeficientes de difusão do escoamento (“Flow Diffusion File”) – ficheiro opcional.....	4-4
4.1.5	Ficheiro Xmask – ficheiro opcional.....	4-5
4.1.6	Ficheiro fracção (“Fraction File”) – ficheiro opcional.....	4-6
4.1.7	Ficheiro dos pontos de controlo (“Station Location File”).....	4-7
4.1.8	Ficheiro hidrograma unitário (“UH File”) .....	4-8

4.1.9	Os ficheiros das séries temporais de escoamento gerados pelo modelo VIC .....	4-8
4.2	RESULTADOS DO MODELO ROUTING .....	4-9
4.2.1	Ficheiros de saída do modelo ROUTING .....	4-9
4.2.2	Informação enviada para o ecrã .....	4-9
5	APRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS.....	5-1
6	CALIBRAÇÃO .....	6-1
6.1	NOTAS GERAIS .....	6-1
6.2	CALIBRAÇÃO DO MODELO VIC .....	6-2
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	7-1

# CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO VIC (VARIABLE INFILTRATION CAPACITY) E ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS DIF (DYNAMIC INFORMATION FRAMEWORK)

## RELATÓRIO FINAL

### VOLUME III – MANUAL DE UTILIZADOR DO MODELO VIC

#### 1 INTRODUÇÃO

Em cumprimento do estipulado no contrato para a prestação de serviços relativos ao Estudo de Calibração do Modelo Hidrológico VIC (Variable Infiltration Capacity) e Elaboração da Base de Dados DIF (Dynamic Information Framework), assinado entre a Direcção Nacional de Promoção do Desenvolvimento Rural (DNPDR), e o Consórcio formado pelas empresas Coba e Salomon, apresenta-se de seguida o Manual de Utilização do modelo VIC.

Este manual integra-se dentro do plano de treinamento dos técnicos da ARA-Zambeze e de outras instituições no uso do modelo.

O Manual aqui apresentado é constituído por 7 Capítulos. Para além deste capítulo introdutório, o relatório compreende ainda mais seis capítulos designados por:

- Fundamentos teóricos;
- Modelo VIC;
- Modelo ROUTING;
- Apresentação gráfica dos resultados;
- Calibração; e
- Referências Bibliográfica.



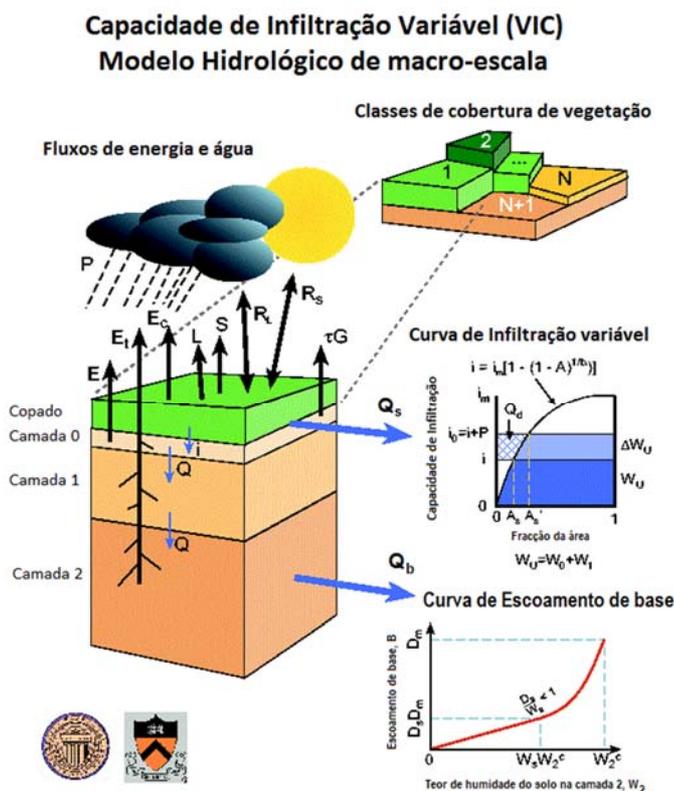
## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 MODELO VIC

O modelo VIC (Variable Infiltration Capacity) desenvolvido por Liang *et al.* (1994, 1996) é um modelo hidrológico de macro-escala semi-distribuído que permite simular o balanço da água e o balanço energético. A parametrização da variabilidade espacial da infiltração e a conceptualização do escoamento de base são as principais características que distinguem o modelo VIC doutros modelos hidrológicos<sup>1</sup>.

A superfície da bacia é representada como uma grelha de células (de dimensão > 1 km) planas e uniformes. O modelo VIC-3L caracteriza o solo como um prisma constituído por 3 camadas (Figura 2.1). A ocupação/uso do solo é descrita por N+1 tipos/classes de vegetação, sendo que a n-ésima classe representa o solo nu. As várias coberturas e tipos de uso da terra são tratados pelo modelo ao nível das células através de distribuições estatísticas.

Para ter em conta a variabilidade espacial dos parâmetros hidráulicos e hidrológicos ao nível das células da grelha que definem a bacia, o modelo VIC-3L adopta o esquema da capacidade de infiltração variável (Figura 2.1) baseado no modelo Xinanjiang (Zhao *et al.*, 1980).



Fonte: <http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>.

Figura 2.1 – Representação esquemática da modelação hidrológica de uma célula do modelo VIC

<sup>1</sup> O modelo permite também modelar a queda de neve, a definição de bandas de neve, o congelamento da água no solo. Estas características do modelo não são analisadas neste manual, uma vez que para o caso de estudo, aqueles processos não tem aplicabilidade.

O modelo assume que o escoamento superficial é gerado a partir das duas camadas superiores do solo na fracção da área da célula, para a qual a precipitação efectiva quando adicionada ao teor de humidade no fim do passo de tempo anterior excede o teor de humidade do solo em condições de saturação natural.

O escoamento superficial é calculado como:

$$Q_s = \begin{cases} P_e - (W_m - W_o), & PE + i_o \geq i_m \\ P_e - (W_m - W_o) + W_m \left(1 - \frac{PE + i_o}{i_m}\right)^{1+b}, & PE + i_o < i_m \end{cases}$$

sendo a variabilidade espacial da infiltração expressa por:

$$i = i_m (1 - (1 - A)^{1/b})$$

$$i_m = (1 + b_i) \times \theta_s \times |z|$$

Onde:

$P_e$  é a precipitação efectiva, definida como precipitação – evapotranspiração potencial;

$W_o$  é o teor de humidade inicial do solo,

$W_m$  é o teor de humidade máximo das duas camadas superiores do solo,

$i$  é a capacidade de armazenamento do solo,

$i_m$  é a capacidade máxima de armazenamento

$A_s$  é a fracção da área da célula que se encontra saturada;

$b$  é o parâmetro de forma da curva de infiltração variável (define o grau de variabilidade espacial);

$\theta_s$  é a porosidade do solo; e

$z$  é a profundidade do solo.

No modelo proposto, a função de distribuição da infiltração tem dois parâmetros;  $i_m$  e  $b$ . Para  $b$  igual a 1, a capacidade de infiltração é uniformemente distribuída.

Como resultado da variação da capacidade de infiltração na célula, o teor de humidade, o escoamento superficial, o escoamento de base e a evapotranspiração também variam espacialmente (Liang *et al.* 1994).

A camada inferior do solo é recarregada pelo fluxo de água proveniente das camadas superiores e perde água de acordo com a função do escoamento de base. O modelo VIC assume que o movimento da água no solo das camadas superiores para a camada inferior é governado exclusivamente pela gravidade, recorrendo à equação empírica proposta por Brooks e Corey (1964) para estimar a condutividade hidráulica:

$$K(\theta) = K_s \left( \frac{W_o - \theta_r}{W_m - \theta_r} \right)^{\frac{2}{B_p} + 3}$$

onde:  $K_s$  é a condutividade hidráulica do solo,  $K(\theta)$  é a condutividade hidráulica,  $\theta_r$  é o teor de humidade residual do solo e o parâmetro  $B_p$  é designado de índice de distribuição dos poros.

A formulação do escoamento de base segue o modelo conceptual de Arno (Franchini e Pacciani, 1991; Todini, 1996):

$$q = \begin{cases} d_1 \times W_2 & : W_2 \leq W_S \times W_2^{max} \\ d_1 \times W_2 + d_2 \times (W_2 - W_S W_2^{max})^{d_3} & : W_2 > W_S \times W_2^{max} \end{cases}$$

onde:

$W_2$  é o teor de humidade da camada inferior do solo (camada 2 – vide Figura 2.1);

$W_2^{max}$  é o teor de humidade máximo da camada inferior do solo;

$d_1$  e  $d_2$  são constantes; e

$d_3$  é factor de forma da zona não linear do escoamento de base.

De acordo com este modelo, a função do escoamento de base é linear quando a quantidade de água no solo é inferior a  $W_S \times W_2^{max}$ , sendo directamente proporcional a  $W_2$ , mas torna-se não linear quando a quantidade de água no solo é superior a  $W_S \times W_2^{max}$ . Esta aproximação implica a parametrização da velocidade de escoamento horizontal na camada inferior do solo.

No modelo VIC, a infiltração, a distribuição da água no solo, o escoamento superficial e o escoamento de base são calculados para cada uma das N+1 classes de cobertura vegetal.

Em função do conjunto de dados meteorológicos disponíveis, o modelo VIC poderá ser executado para modelar o balanço de água e os fluxos de energia entre a superfície terrestre e atmosfera, ou para modelar o balanço de água, calculando a evapotranspiração de acordo com a equação de Penman-Monteith em função da quantidade de energia disponível e do défice de pressão de vapor.

A precipitação, a temperatura máxima e mínima do ar e a velocidade do vento constitui o conjunto mínimo de dados meteorológicos que é necessário fornecer ao modelo (podem ser fornecidos dados diários ou sub-diários).

O copado da vegetação corresponde a um reservatório (Figura 2.2) em que a precipitação (P) é a entrada e as saídas são a evaporação ( $E_c$ ) e o gotejo para o solo ( $P_t$ ) (quando o reservatório está cheio e transborda). Cada copado tem uma capacidade máxima de armazenamento ( $W_{cop}$ ).

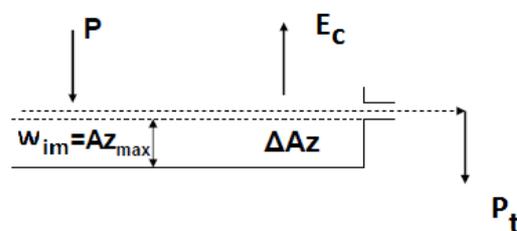


Figura 2.2 - Esquema do balanço de água no copado

### Evapotranspiração

O modelo VIC considera os seguintes três tipos de evaporação: 1) a evaporação a partir do copado,  $E_c$ ; 2) a transpiração,  $E_t$ , de cada uma das classes de vegetação e 3) a evaporação a partir do solo nu,  $E_1$ . A evapotranspiração total sobre cada

uma das células da grelha é calculada como o somatório dos três parâmetros, ponderados de acordo com a percentagem da área total de cada uma das classes de vegetação:

$$E = \sum_{n=1}^N C_n \times (E_{c,n} + E_{t,n}) + C_{n+1} \times E_1$$

Onde  $C_n$  é a percentagem da área ocupada com n-ésima classe de vegetação

Quando a água interceptada pelas copas da vegetação é suficiente para satisfazer a procura da atmosfera, a evaporação a partir do copado corresponde ao seu valor máximo,  $E^*_c$ .

O valor de  $E^*_c$  é função da quantidade máxima de água que o copado pode interceptar ( $W_{im}$ ) da quantidade de água interceptada pelo copado ( $W_{cop}$ ) da evapotranspiração potencial ( $E_p$ ) da resistência da arquitectura da vegetação ( $r_0$ ) e da resistência aerodinâmica ( $r_w$ ) (Figura 2.3).

O valor de  $W_{im}$  é calculado em função do LAI ( $0,2 \times LAI$ , segundo Dickinson, 1984). Os valores de  $r_0$  são fornecidos ao modelo de acordo com características do coberto vegetal (ficheiro “vegetation library”, vide 3.2.6). A resistência aerodinâmica é simulada segundo a aproximação proposta por Monteith e Unsworth (1990) sendo função da velocidade do vento  $u_z$  ( $m\ s^{-1}$ ) medido à altitude  $z$  e do coeficiente de transferência para a água  $C_w$ , calculado pelo algoritmo proposto por Louis (1979).

A evapotranspiração potencial expressa como densidade de fluxo de calor latente ( $\lambda_v E_p$ ) é calculada a partir da equação de Penman-Monteith, onde  $\lambda_v$  representa o calor latente necessário à vaporização de uma unidade de água. A equação de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) inclui todos os parâmetros que governam a troca de energia e o correspondente fluxo de calor latente (evapotranspiração):

$$\lambda_v E_p = \frac{\Delta(R_n - G) + \frac{\rho_a c_p (e_s - e_a)}{r_w}}{\Delta + \gamma}$$

Onde:

$R_n - G$  é a energia disponível ( $W\ m^{-2}$ ) no copado, composta pelos fluxos de radiação líquida ( $R_n$ ) e de calor de (para) o solo ( $G$ );

$r_w$  é a resistência aerodinâmica ( $s\ m^{-1}$ );

$(e_s - e_a)$  representa o défice de pressão de vapor (Pa) aos níveis da superfície evaporativa e de referência, respectivamente;

$\rho_a$  e  $c_p$  a densidade do ar ( $kg\ m^{-3}$ );

$c_p$  é o calor específico do ar húmido ( $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$ );

$\Delta$  representa o declive da curva de pressão de vapor ( $Pa\ K^{-1}$ ) à temperatura  $T_a$ ; e

$\gamma$  é a constante psicrométrica ( $\approx 66\ Pa\ K^{-1}$ ).

A transpiração da vegetação,  $E_t$  (mm), é estimada por (Blondin, 1991; Ducoudre *et al.*, 1993):

$$E_t = \left( 1 - \left( \frac{W_i}{W_{im}} \right)^{2/3} \right) E_p \frac{r_w}{r_w + r_o + r_c}$$

Onde:  $r_c$  ( $m s^{-1}$ ) é a resistência e superfície (ou do copado) calculada em função da resistência mínima do copado ( $r_{min}$ ) dos factores temperatura, défice de pressão de vapor, do fluxo de radiação fotossintética activa (PAR) e teor de humidade e do índice de área foliar.

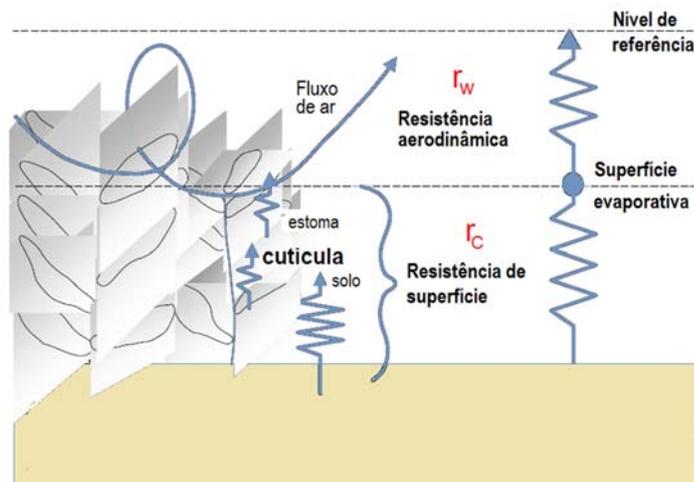


Figura 2.3 - Resistência aerodinâmica e de superfície

A evaporação a partir do solo nu ( $E_1$ ) ocorre apenas ao nível da primeira camada do solo. A formulação de Arno proposta por Franchini e Pacciani (1991) é utilizada para calcular o valor de  $E_1$  quando a superfície do solo não se encontra saturada. Em condições de saturação a taxa de evaporação é dada pela taxa de evaporação potencial.

### Escoamento Total

O escoamento total é expresso:

$$Q = \sum_{n=1}^{N+1} C_n (Q_{d,n} + Q_{b,n})$$

Onde  $Q_{s,n}$  (mm) é o escoamento superficial e  $Q_{b,n}$  (mm) é o escoamento de base, estimados para a  $n$ -ésima classe de vegetação.

O modelo VIC assume que não existe escoamento lateral nas duas primeiras camadas do solo. Assim o movimento da água no solo pode ser caracterizado pela equação unidimensional de Richards.

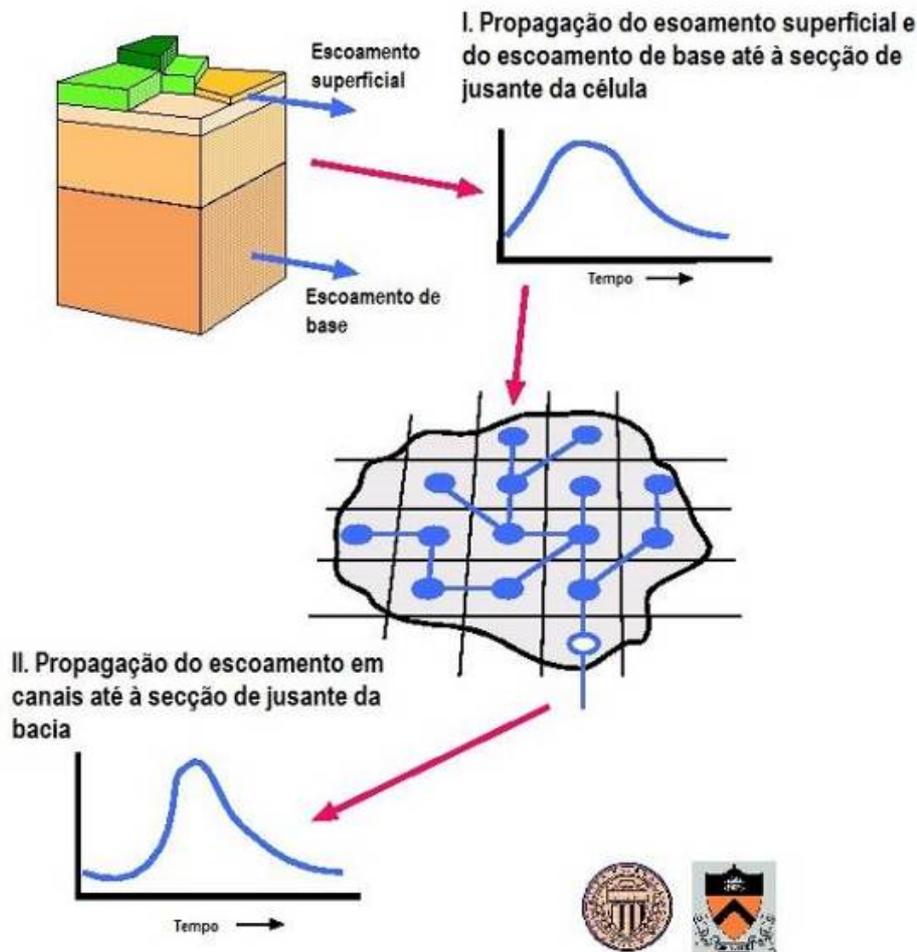
## 2.2 MODELO ROUTING

A geração dos hidrogramas de caudais requer que o escoamento gerado em cada célula pelo modelo VIC seja propagado ao longo da bacia em direcção à secção de saída. A propagação do escoamento superficial e do escoamento de base é feita através do modelo ROUTING, descrito em detalhe em Lohmann *et al.* (1996, 1998a, 1998b).

Este modelo calcula o tempo necessário para que o escoamento gerado numa célula chegue à secção de saída e modela também a propagação do escoamento em canais. A Figura 2.4 apresenta o esquema de cálculo da propagação de escoamento utilizado pelo modelo Routing. O modelo assume que todo o escoamento horizontal dentro duma célula da grelha atinge a rede de canais dentro da célula antes de cruzar a fronteira com outra célula vizinha. O escoamento pode

sair de uma célula em oito direcções possíveis, mas todo o escoamento tem de sair numa única direcção. Uma célula pode também receber o escoamento gerado a montante.

### Modelo Routing - propagação do escoamento



Fonte: <http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>.

*Figura 2.4 – Representação esquemática da propagação do escoamento nas células e nos canais*

Ambos os processos (propagação no interior da célula e propagação em canais) são modelados pelo modelo ROUTING, adoptando modelos lineares, invariantes no tempo e causais. Além disso, as funções de resposta a um determinado impulso (excitação) são sempre positivas.

Os modelos de transferência linear agregam as propriedades do escoamento horizontal e assumem que este é independente do teor de humidade do solo. O modelo ROUTING estende a aproximação FDTF-ERUHDIT (First Differenced Transfer Function-Excess Rainfall and Unit Hydrograph by a Deconvolution Iterative Technique) proposta por (Duband *et al.*, 1993) com uma separação das escalas de tempo e um modelo linear de propagação do escoamento em canais.

Como a resposta do escoamento a um evento de precipitação pode envolver uma escala de tempo muito grande, o modelo trata separadamente a componente do escoamento lento do escoamento rápido, conforme proposto no modelo linear de Rodriguez (1989):

$$\frac{dQ^S(t)}{dt} = -k \times Q^S(t) + b'Q^F(t)$$

Onde:  $Q^S(t)$  é o escoamento lento e  $Q^F(t)$  é o escoamento rápido e

$$Q(t) = Q^S(t) + Q^F(t)$$

é o escoamento total medido. O modelo assume que os parâmetros  $k$  e  $b'$  são constantes.

Esta separação do escoamento total em componente rápida e lenta tem correspondência com o escoamento superficial e o escoamento de base mas a correspondência não de 1 para 1. As duas componentes do escoamento, rápida e lenta, relacionam-se analiticamente da seguinte forma:

$$Q^S(t) = b' \int_0^t \exp(-k(t - \tau)) Q^F(\tau) d\tau + Q^S(0) \exp(-kt)$$

Esta equação mostra que a condição inicial  $Q^S(0)$  decai a  $\exp(-kt)$ . Discretizando a equação tem-se:

$$Q^S(t) = \frac{\exp(-k \times \Delta t)}{1 + b' \times \Delta t} Q^S(t - \Delta t) + \frac{b' \times \Delta t}{1 + b' \times \Delta t} Q(t)$$

Assumindo que existe uma relação linear entre o escoamento e a precipitação eficaz,  $P^{eff}$ , é suficiente encontrar uma função de resposta ao impulso que permite estabelecer a relação entre a componente do escoamento rápido e a precipitação efectiva. A função de resposta pode ser obtida iterativamente através da seguinte equação:

$$Q^F(t) = \int_0^{tmax} UH^F(\tau) P^{eff}(t - \tau) d\tau$$

Onde  $UH^F(\tau)$  é a função de resposta ao impulso (também designada hidrograma unitário) da componente rápida do escoamento e  $tmax$  é o tempo após o qual a componente rápida do escoamento deverá ter decaído.

A propagação do escoamento em canais é descrito pelas equações de Saint Venant que constituem um sistema não linear de equações diferenciais quasi-lineares de primeira ordem às derivadas parciais. A forma linear da equação de Saint Venant é adoptada pelo ROUTING (Mesa e Mifflin, 1986; Fread, 1993):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = D \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - C \frac{\partial Q}{\partial x}$$

Onde  $C$  é a celeridade da onda e  $D$  a difusividade (ou coeficiente de difusão). Estes parâmetros podem ser estimados a partir das características geométricas da rede fluvial da bacia. A equação anterior é resolvida através do integral de convolução:

$$Q(x, t) = \int_0^t U(t - s) h(x, s) ds$$

onde:

$$h(x, t) = \frac{x}{2t\sqrt{\pi t D}} \exp\left(-\frac{(Ct - x)^2}{4Dt}\right)$$

é a função de Green ou a função de resposta ao impulso, com as seguintes condições de fronteira:  $h(x, t) = 0$  para  $x > 0$  e  $h(0, t) = \delta(t)$  para

Devido à linearidade do modelo e à estabilidade numérica da solução, a influência de barragens, descarregadores e utilizações da água nos caudais pode ser facilmente implementada na rede em todas as células da bacia (Lohmann *et al.*, 1996).

## 3 MODELO VIC

### 3.1 CONFIGURAÇÃO DAS OPÇÕES E MODOS DE SIMULAÇÃO DO MODELO VIC

#### 3.1.1 Modos de simulação

##### 3.1.1.1 Introdução

O modelo VIC permite a simulação do processo hidrológico de vários modos (introduzidas desde a versão VIC 4.0.0). Alguns destes modos são definidos no ficheiro “*Global parameter*”, enquanto outros requerem que as opções do pré-processador sejam definidas antes da compilação do modelo.

Os modos de simulação possíveis são:

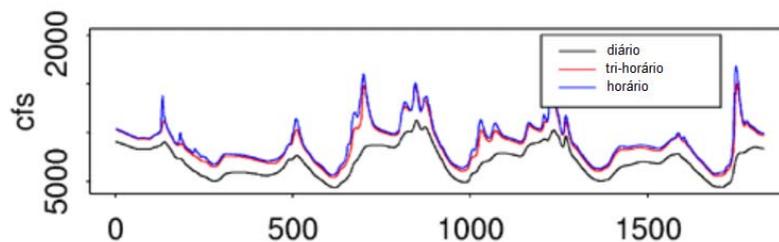
- Balanço da água
- Balanço de energia
  - Fluxo rápido
  - Diferenças finitas
    - Caudal nulo na condição de fronteira
- Processo de congelamento do solo
  - Congelamento rápido
  - Fluxo nulo na condição de fronteira
- Casos particulares
  - Baixa resolução das condições de humidade
  - Optimização dos resultados
  - Estado do modelo
  - Código de depuramento de erros (debug)
- Tempo de Simulação

##### 3.1.1.2 Balanço da água

No modo de simulação do balanço da água, o modelo VIC não resolve o balanço energético da superfície, assumindo que a temperatura da superfície do solo é igual à temperatura do ar. A eliminação da solução do fluxo de calor à superfície, assim como dos processos de cálculo iterativos necessários para fechar o balanço energético, tornam a simulação do balanço de água significativamente mais rápida do que os outros modos de simulação.

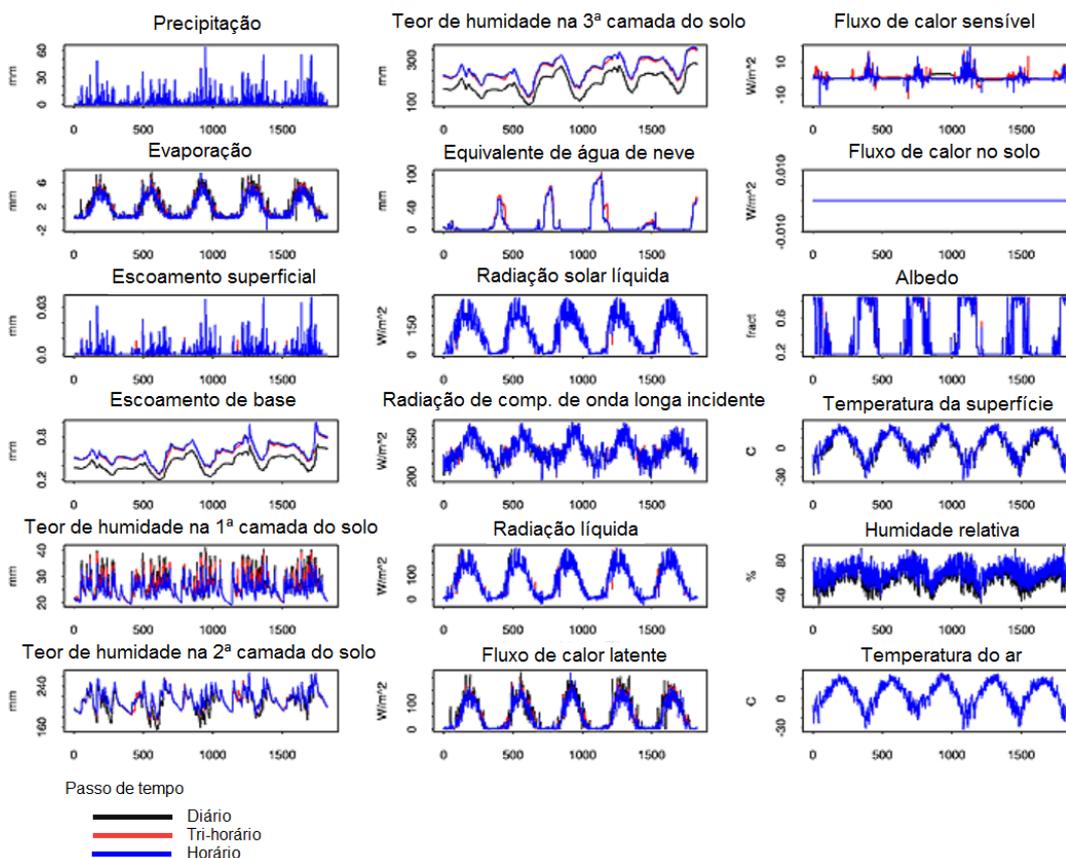
O balanço da água pode ser simulado com passo tempo diário ou sub-diário. Se bem que a solução do balanço diário seja significativamente mais rápida do que a solução do balanço para passos de tempo sub-diários, deve ser notado que tratam-se fundamentalmente de modelos diferentes. A parametrização requerida para o passo de tempo diário é diferente da usada para os passos de tempo sub-diários.

Assim, os parâmetros de calibração obtidos para o passo de tempo diário não podem ser estendidos às simulações com passo de tempo sub-diário. A Figura 3.1 compara os caudais simulados a partir de simulações diárias, horárias e 3-horas da bacia do rio Chippewa, usando o modelo VIC no modo do balanço da água. Esta Figura mostra que os caudais simulados para o passo de tempo diário diferem muito dos simulados para o passo de tempo sub-diário. Na Figura 3.2 mostram-se os fluxos de água e de energia simulados ao nível de uma célula e para os três passos de tempo. As séries apresentadas mostram claramente que no modo de simulação do balanço de água com o passo de tempo diário, a evaporação calculada é significativamente superior, o que conduz a teores de humidade no solo inferiores assim como a um menor escoamento de base. São estas diferenças ao nível da célula que conduzem às diferenças nos caudais simulados (Figura 3.1).



Fonte: <http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>

Figura 3.1 – Caudais simulados através da solução do balanço da água diário e sub-diários. Bacia de rio Chippewa



Fonte: <http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>

Figura 3.2 – Fluxos de energia e balanço de água ao nível da célula da grelha simulados com o modelo VIC no modo balanço de água, para vários passos de tempo. Bacia de rio Chippewa

### 3.1.2 Passo de tempo

A selecção do passo de tempo da simulação é questão fundamental que deverá ser devidamente ponderada antes de se dar início ao processo de modelação e calibração do modelo de macro-escala VIC. A simulação com o passo de tempo diário diminui significativamente o tempo necessário para correr o modelo, mas simultaneamente reduz a precisão da representação dos processos sub-diários (3.1.1.2).

## 3.2 FICHEIROS DE ENTRADA DO MODELO VIC

### 3.2.1 Organização dos ficheiros de entrada

Os dados de base do modelo VIC estão organizados num conjunto de ficheiros:

- Ficheiro “*Global Parameter*”
- Ficheiro “*user\_def.h*”
- Ficheiro dos Dados Meteorológicos (“*Meteorological Forcing Files*”)
- Ficheiro dos Parâmetros dos Solos
- Ficheiro dos Tipos de Vegetação (“*Vegetation Library File*”)
- Ficheiro dos Parâmetros da Vegetação (“*Vegetation Parameter File*”)

Nos capítulos seguintes ver-se-á em pormenor a estrutura de cada um dos ficheiros e como se processa a simulação do processo hidrológico.

### 3.2.2 Ficheiro “Global Parameter”

O ficheiro “*global parameter*” tem dois propósitos principais:

1. Fornecer ao modelo VIC os nomes, as pastas e formatos dos principais ficheiros de entrada e saída; e
2. Definir alguns parâmetros globais da simulação (conhecidos como “*run-time options*”).

A estrutura do ficheiro divide-se em várias secções:

- Principais parâmetros de simulação
- Parâmetros de simulação que raramente são alterados:
  - Parâmetros da temperatura do solo
  - Parâmetros da precipitação
  - Parâmetros do fluxo turbulento
  - Parâmetros de desagregação dos dados meteorológicos
  - Parâmetros diversos
- Ficheiros de estado e parâmetros
- Ficheiros dos dados meteorológicos (“*Meteorological Forcing Files*”)
- Ficheiros dos parâmetros dos solos e da vegetação

- Ficheiros dos parâmetros dos reservatórios (“*Lake parameters*”)
- Ficheiros de saída

### 3.2.2.1 Principais parâmetros de simulação

Nesta secção, são definidas as variáveis que determinam as principais características da simulação, nomeadamente o passo de tempo da simulação, o início e o fim do período da simulação, uso ou não da opção do balanço energético:

*Quadro 3.1 – Principais parâmetros de simulação (Ficheiro “Global Parameter”)*

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
NLAYER	Integer	---	---	Número de camadas do solo. Normalmente 3.
NODES	Integer	---	---	Número de nós na coluna do solo que serão utilizados na resolução explícita dos fluxos térmicos <sup>2</sup> . Um número mínimo de cinco nós é recomendado.
TIME_STEP	Integer	Horas	---	Passo de tempo utilizado na modelação (igual a 24 quando apenas se considera o balanço da água: FULL_ENERGY = FALSE)
SNOW_STEP	Integer	Horas	---	Passo de tempo para resolução do modelo da neve (quando TIME_STEP = 24, deve-se dividir as 24 horas em intervalos iguais; quando TIME_STEP < 24, SNOW_STEP = TIME_STEP) (sem interesse para área de estudo)
STARTYEAR	Integer	Ano	---	Ano inicial do período temporal da simulação
STARTMONTH	Integer	Mês	---	Primeiro mês inicial do período temporal da simulação
STARTDAY	Integer	Dia	---	Primeiro dia do período temporal da simulação
STARTHOUR	Integer	Hora	---	Hora inicial do período temporal da simulação
ENDYEAR	Integer	Ano	---	Ano final do período temporal da simulação
ENDMONTH	Integer	Mês	---	Último mês do período temporal da simulação
ENDDAY	Integer	Dia	---	Último dia do período temporal da simulação
FULL_ENERGY	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	FALSE ⇒ modela apenas o balanço de massa (é admitido que a temperatura da superfície é igual à temperatura do ar) TRUE ⇒ modela o balanço energético completo
FROZEN_SOIL	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	FALSE ⇒ é admitido que a água no solo está sempre no estado líquido TRUE ⇒ as alterações de estado da água (sólido/líquido) no solo são modeladas

### 3.2.2.2 Parâmetros de simulação que raramente tem de ser alterados

Esta secção do ficheiro *Global Parameter* define os valores por defeito (*Default*) mais recomendados para alguns dos parâmetros de determinados processos de cálculo do modelo VIC. Estes valores podem, eventualmente, ser alterados pelo utilizador, mas com muita precaução.

Os parâmetros que são definidos nesta secção do ficheiro “Global Parameter” dividem-se em:

- Parâmetros da temperatura do solo - Quadro 3.2;
- Parâmetros da precipitação (chuva e neve) - Quadro 3.3;

<sup>2</sup> A solução explícita dos fluxos térmicos do solo ocorre apenas quando o modelo é executado com o algoritmo do processo de congelamento do solo.

- Parâmetros do fluxo turbulento - Quadro 3.4;

Parâmetros para desagregação dos dados meteorológicos -

- Quadro 3.5;

Parâmetros diversos -

- Quadro 3.6.

Quadro 3.2 - Parâmetros da temperatura do solo (Ficheiro "Global Parameter")

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
QUICK_FLUX	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>Opção do método de cálculo do perfil vertical da temperatura do solo</p> <p>TRUE ⇒ o método descrito por Liang <i>et al.</i> (1999) é usado para calcular as temperaturas do solo e o fluxo de calor da superfície (este método ignora as mudanças de fases líquido/sólido da água)</p> <p>FALSE ⇒ o método do elemento finito descrito em Cherkauer e Lettenmaier (1999) é utilizado para calcular as temperaturas do solo e o fluxo de calor da superfície (este método é o mais adequado quando é conveniente considerar as mudanças de fase líquida/sólida da água)</p> <p>Default = FALSE</p>
IMPLICIT	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>TRUE ⇒ o modelo recorrerá à solução implícita da equação de fluxo de calor proposta por Cherkauer e Lettenmaier (1999), caso contrário será utilizada a solução explícita.</p> <p>Quando a variável QUICK_FLUX = TRUE, a solução implícita não tem qualquer efeito.</p> <p>Default = TRUE</p>
QUICK_SOLVE	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>Esta opção corresponde a considerar que a variável QUICK_FLUX é simultaneamente TRUE e FALSE.</p> <p>TRUE ⇒ o método proposto por Liang <i>et al.</i> (1999) é utilizado para calcular o fluxo de calor da superfície durante as iterações do balanço de energia, utilizando o método proposto por Cherkauer e Lettenmaier (1999) no último passo do cálculo.</p> <p>Default = FALSE</p>
NOFLUX	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>TRUE ⇒ o modelo admite uma condição de fronteira inferior sem fluxo na solução por diferenças finitas do fluxo de calor no solo (i.e. QUICK_FLUX = FALSE ou FULL_ENERGY = TRUE ou FROZEN_SOIL = TRUE).</p> <p>Default = FALSE (i.e., utiliza uma temperatura constante na condição de fronteira inferior)</p>
EXP_TRANS	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>TRUE ⇒ os nós térmicos no algoritmo de diferenças finitas de Cherkauer e Lettenmaier (1999) são distribuídos exponencialmente, caso contrário será utilizada uma distribuição linear</p> <p>(Esta opção é apenas utilizada quando a variável FROZEN_SOIL = TRUE, isto é quando é necessário modelar as mudanças de estado da água no solo).</p> <p>Default = FALSE</p>
GRND_FLUX_TYPE	String	---		<p>Opções relativas ao fluxo de calor da superfície:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ GF_406 = utiliza as fórmulas (menos corretas) da versão VIC 4.0.6 na modelação do fluxo de calor da superfície</li> </ul>

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
TFALLBACK	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<ul style="list-style-type: none"> <li>GF_410 = utiliza as fórmulas da versão VIC 4.1.0</li> </ul> <p>Esta opção existe para compatibilidade com versões anteriores e provavelmente será removida das próximas versões. Default = GF_410</p> <p>Opções relativas ao processo de cálculo da temperatura: TRUE ⇒ quando a convergência do processo de cálculo da temperatura falha, é utilizado o valor calculado no passo de tempo anterior FALSE ⇒ quando a convergência do processo de cálculo da temperatura falha é enviada uma mensagem de erro</p> <p>Esta opção afecta o cálculo da temperatura do ar junto ao copado, à superfície do solo e ao longo do perfil do solo. Default = TRUE</p>

**Quadro 3.3 - Parâmetros da precipitação (chuva e neve) (Ficheiro "Global Parameter")**

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
SNOW_ALBEDO	String	---	---	Opções para o cálculo do albedo da neve. (sem interesse para área de estudo) Default = USACE
SNOW_DENSITY	String	---	---	Opções para o cálculo da densidade da neve. (sem interesse para área de estudo) Default = DENS_BRAS.
BLOWING	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	TRUE ⇒ os fluxos de evaporação são calculados nas situações de queda de neve acompanhadas de vento (sem interesse para área de estudo) Default = FALSE
COMPUTE_TREELINE	String ou Integer	---	FALSE (Falso) ou veg class id	Opções de abordagem relativamente à linha de árvores
DIST_PRCP	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	TRUE ⇒ o modelo distribui a precipitação ao nível das células da grelha da bacia. Default = FALSE
PREC_EXPT	Float	---	---	Expoente para determinar a fracção da área da célula que recebe precipitação. É utilizado unicamente quando a variável: DIST_PREC = TRUE. Default = 0.6
CORRPREC	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	TRUE ⇒ corrige a precipitação quando existem perdas no processo de medição da precipitação NOTA: Esta opção não é suportada quando são utilizadas as bandas de neve/elevação. Default = FALSE
MAX_SNOW_TEMP	Float	°C	---	Temperatura máxima do ar, para a qual poderá ocorrer neve: Default = 0.5 °C
MIN_RAIN_TEMP	Float	°C	---	Temperatura mínima do ar, para a qual poderá ocorrer chuva: Default = -0.5 °C

**Quadro 3.4 - Parâmetros do fluxo turbulento (Ficheiro "Global Parameter")**

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
MIN_WIND_SPEED	Float	m s <sup>-1</sup>	---	Velocidade mínima do vento (permitida) Default = 0.1 m s <sup>-1</sup>

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
AERO_RESIST_CANSNOW	String	---	---	Opções para o cálculo da resistência aerodinâmica em copados cobertos com neve (sem interesse para área de estudo) Default = AR_406_FULL.

Quadro 3.5 - Parâmetros para desagregação dos dados meteorológicos (Ficheiro "Global Parameter")

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
PLAPSE	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Opções para o cálculo do valor médio da pressão atmosférica (e densidade) quando esta variável não é explicitamente fornecida nos dados meteorológicos: TRUE ⇒ admite um valor constante para a pressão atmosférica de 95,5 kPa em todas as células da grelha (como nas versões anteriores). FALSE ⇒ considera o gradiente de pressão atmosférica (e da densidade) desde o nível do mar até à altitude média da célula NOTA: esta opção apenas afecta o cálculo do calor sensível, uma vez que no cálculo do calor latente o gradiente de pressão é sempre considerado. Default = TRUE
SW_PREC_THRESH	Float	mm	---	Precipitação mínima diária acima da qual a radiação de curto comprimento de onda recebida é diminuída em 25%. Esta correcção é feita quando a radiação de curto comprimento de onda não é fornecida, sendo estimada a partir da variação da temperatura diária. O propósito desta opção é evitar diminuições erradas da radiação de curto comprimento de onda quando as variáveis meteorológicas fornecidas nos dados de entrada foram previamente agregadas ou redimensionadas a partir duma resolução diferente. O redimensionamento pode por vezes produzir pequenas quantidades de precipitação a partir de células vizinhas que inicialmente não tinham precipitação. O valor adequado para esta variável deverá ser encontrado através da análise dos dados meteorológicos. Default = 0 mm (qualquer precipitação causa diminuição da radiação de curto comprimento de onda)
MTCLIM_SWE_CORR	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Esta variável define a aproximação no cálculo da radiação de comprimento de onda curto (quando esta variável não fornecida ao modelo) na presença de neve. TRUE ⇒ ajusta a radiação de curto comprimento de onda ao efeito do albedo da neve; FALSE ⇒ não é feito qualquer ajustamento (como nas versões anteriores) (sem interesse para área de estudo) Default = TRUE.
VP_ITER	String	---	---	Esta variável controla a interacção entre as estimativas da pressão de vapor e da radiação de comprimento de onda curto: <ul style="list-style-type: none"> <li>VP_ITER_NEVER = não há qualquer interacção, as estimativas dos dois parâmetros são feitas separadamente;</li> </ul>

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
VP_INTERP	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<ul style="list-style-type: none"> <li>VP_ITER_ALWAYS = Considera sempre interacção entre os dois parâmetros (como nas versões anteriores);</li> <li>VP_ITER_ANNUAL = Considera apenas interacção nos climas áridos e nunca nos climas húmidos. A classificação do clima é feita com base na razão entre a precipitação e a evapotranspiração potencial anual.</li> <li>VP_ITER_CONVERGE = Considera apenas interacção até se verificar que os valores da pressão de vapor e da radiação de curto comprimento.</li> </ul> <p>Default = VP_ITER_ALWAYS.</p> <p>Esta variável controla a estimativa sub-diária da humidade relativa:</p> <p>TRUE ⇒ Interpolação linear das estimativas diárias da pressão de vapor entre o nascer do sol de um dia e do próximo dia</p> <p>FALSE ⇒ Considera a pressão de vapor constante durante todo o dia (como nas versões anteriores).</p> <p>Default = TRUE</p> <p>Define o algoritmo que será utilizado no cálculo da radiação de comprimento de onda longo em dias claros:</p>
LW_TYPE	String	---	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>LW_TVA = Algoritmo de Valley Authority (1972) (usado nas versões anteriores)</li> <li>LW_ANDERSON = Algoritmo de Anderson (1964)</li> <li>LW_BRUTSAERT = Algoritmo de Brutsaert (1975)</li> <li>LW_SATTERLUND = Algoritmo de Satterlund (1979)</li> <li>LW_IDSO = Algoritmo de Idso (1981)</li> <li>LW_PRATA = Algoritmo de Prata (1996)</li> </ul> <p>Default = LW_TVA</p> <p>Define o algoritmo que será utilizado no cálculo da radiação de comprimento de onda longo em dias encobertos (com nuvens):</p>
LW_CLOUD	String	---	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>LW_CLOUD_BRAS = Aproximação proposta por Bras (1990) (usada nas versões anteriores)</li> <li>LW_CLOUD_DEARDORFF = Algoritmo de Deardorff (1978)</li> </ul> <p>Default = LW_CLOUD_DEARDORFF.</p>

Quadro 3.6 - Parâmetros diversos (Ficheiro "Global Parameter")

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
CONTINUEONERROR	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Opções do modelo caso ocorram erros fatais durante a simulação: TRUE ⇒ quando numa qualquer célula grelha ocorre um erro fatal, o processo de cálculo passa para a célula seguinte

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
				FALSE ⇒ o processo de simulação é interrompido Default = TRUE

### 3.2.2.3 Definição do Ficheiro de Estado e Respetivos Parâmetros

As opções seguintes controlam os ficheiros de estado de entrada e saída do modelo:

*Quadro 3.7 – Opções dos ficheiros de estado de entrada e saída do modelo*

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição/Observações
INIT_STATE (Directoria/Nome do Ficheiro)	String	---		Se a Directoria/Nome do ficheiro não forem especificados, o modelo VIC atribui o teor de humidade inicial do solo a partir do ficheiro dos parâmetros do solo e define todas as outras variáveis de estado com valores de estado padrão.
STATENAME (Directoria/Nome do Ficheiro)	String	---		Directoria e prefixo do ficheiro de estado que será criado pelo modelo para a data especificada pelo utilizador. A data (dentro do período de simulação) para a qual o estado será guardado é adicionada ao prefixo do ficheiro, obtendo-se o nome completo do ficheiro.
STATEYEAR	Integer			Ano para o qual guardado o estado de simulação
STATEMONTH	Integer			Mês para o qual guardado o estado de simulação
STATEDAY	Integer			Dia para o qual guardado o estado de simulação
BINARY_STATE_FILE	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	FALSE ⇒ os ficheiros de estado de entrada e saída são em formato ASCII TRUE ⇒ os ficheiros de estado de entrada e saída são em formato Binário

### 3.2.2.4 Definição do Ficheiros dos Dados Meteorológicos (“Meteorological Forcing Files”)

Os dados meteorológicos são guardados como séries temporais individualizadas para cada uma das células da grelha. Os ficheiros meteorológicos têm os dados estruturados em colunas em formato ASCII ou Binário. A ordem das colunas é obrigatoriamente a definida no ficheiro *Global Parameter*:

*Quadro 3.8 - Definição do Ficheiros dos Dados Meteorológicos (“Meteorological Forcing Files”)*

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
FORCING1 <sup>3</sup>	String	---		Directoria/Nome do primeiro ficheiro dos dados meteorológicos É indicado o prefixo do nome dos ficheiros dos dados meteorológicos
FORCING2 <sup>3</sup>				Directoria/Nome do segundo ficheiro dos dados meteorológicos, ou “FALSE” quando apenas um ficheiro é usado É indicado o prefixo do nome dos ficheiros dos dados

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
				meteorológicos
FORCE_FORMAT	String	---		Define o formato dos ficheiros meteorológicos: BINARY ou ASCII
FORCE_ENDIAN	String	---		Identifica a arquitectura da máquina utilizada na criação dos ficheiros meteorológicos no formato binário: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ BIG</li> <li>▪ LITTLE</li> </ul> O modelo VIC identifica a extremidade (ordenação) utilizada pelo computador onde será executado o programa. Esta variável é apenas necessária para os ficheiros em formato Binário
N_TYPES	Integer	---		Número de colunas
FORCE_TYPE:				
VarName	String			Define quais as variáveis meteorológicas que serão lidas e a sua ordem no ficheiro de entrada. No Formato ASCII apenas é necessário definir o nome das variáveis (VarName).
un(signed)	String			
multiplier	Float			
FORCE_DT	Integer	horas		Passo de tempo dos dados meteorológicos de entrada em horas
FORCEYEAR	Integer			Primeiro ano das séries temporais das variáveis meteorológicas
FORCEMONTH	Integer			Primeiro mês das séries temporais das variáveis meteorológicas
FORCEDAY	Integer			Primeiro dia das séries temporais das variáveis meteorológicas
FORCEHOUR	Integer			Primeira hora das séries temporais das variáveis meteorológicas
GRID-DECIMAL	Integer			Número de casas decimais que serão usadas nas extensões dos nomes dos ficheiros de arquivo de cada célula da grelha
WIND_H	Float	metros		Altura do anemómetro (acima da superfície de solo nu) A leitura da altura da medição da velocidade do vento acima do coberto vegetal é feita no ficheiro dos tipos de cobertos
MEASURE_H	Float	metros		Altura de medição da humidade relativa do ar
ALMA_INPUT			TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Sistema de unidades dos dados de entrada: FALSE ⇒ são adoptadas as unidades padrão do modelo VIC. Os fluxos de água são expressos em mm e a temperatura em graus C; TRUE ⇒ o modelo adopta a convenção de ALMA <sup>4</sup> . Os fluxos de água são expressos por unidade de tempo: mm/s (kg/m <sup>2</sup> s). A temperatura é expressa em graus K.

A variável Force\_type define quais são as variáveis meteorológicas que são fornecidas ao modelo e a sua ordem no ficheiro de entrada. As variáveis meteorológicas que poderão ser fornecidas ao modelo são:

*Quadro 3.9 – Principais variáveis meteorológicas*

Variável	Unidades	Descrição
AIR_TEMP	°C	Temperatura do ar sub-diária
ALBEDO		Albedo da superfície (fracção)
DENSITY	kg m <sup>-3</sup>	Densidade atmosférica
PREC	mm	Precipitação
PRESSURE	kPa	Pressão atmosférica
SHORT WAVE	W m <sup>-2</sup>	Radiação de curto comprimento de onda
TMAX	°C	Temperatura máxima diária

<sup>4</sup> ALMA – Assistance for Land-Surface Modelling

Variável	Unidades	Descrição
TMIN	°C	Temperatura mínima diária
VP	kPa	Pressão de vapor atmosférica
WIND	m s <sup>-1</sup>	Velocidade do vento
SKIP	---	Variável usada para indicar uma coluna de dados que não será lida pelo modelo

Quando um único ficheiro utilizado para fornecer ao modelo todos os dados meteorológicos, apenas são definidos todos os parâmetros/variáveis associadas à variável FORCING1 e a variável FORCING 2 é definida como “FALSE” (Figura 3.3). Quando os dados meteorológicos são guardados em dois ficheiros, em primeiro lugar definem-se os parâmetros associado ao ficheiro FORCING1 e seguidamente os parâmetros do ficheiro FORCING2, como se mostra na Figura 3.4. Todos os parâmetros precisam ser definidos para os dois ficheiros quando um segundo ficheiro é usado.

FORCING1	FORCING_DATA/LDAS_ONE_DEGREE/data_	FORCING1	FORCING_DATA/LDAS_ONE_DEGREE/data_
N_TYPES	4	N_TYPES	4
FORCE_TYPE	PREC	FORCE_TYPE	PREC UNSIGNED 40
FORCE_TYPE	TMAX	FORCE_TYPE	TMAX SIGNED 100
FORCE_TYPE	TMIN	FORCE_TYPE	TMIN SIGNED 100
FORCE_TYPE	WIND	FORCE_TYPE	WIND SIGNED 100
FORCE_FORMAT	ASCII	FORCE_FORMAT	BINARY
FORCE_DT	24	FORCE_ENDIAN	LITTLE
FORCEYEAR	1950	FORCE_DT	24
FORCEMONTH	1	FORCEYEAR	1950
FORCEDAY	1	FORCEMONTH	1
FORCEHOUR	0	FORCEDAY	1
FORCING2	FALSE	FORCEHOUR	0
		FORCING2	FALSE

Figura 3.3 – Exemplo das instruções quando um único ficheiros de dados meteorológicos é usado

FORCING1	FORCING_DATA/LDAS_ONE_DEGREE/data_
N_TYPES	4
FORCE_TYPE	PREC
FORCE_TYPE	TMAX
FORCE_TYPE	TMIN
FORCE_TYPE	SKIP
FORCE_FORMAT	ASCII
FORCE_DT	24
FORCEYEAR	1950
FORCEMONTH	1
FORCEDAY	1
FORCEHOUR	0
FORCING2	FORCING_DATA/LDAS_ONE_DEGREE/data_
N_TYPES	2
FORCE_TYPE	SKIP
FORCE_TYPE	WIND
FORCE_FORMAT	ASCII
FORCE_DT	1
FORCEYEAR	1950
FORCEMONTH	1
FORCEDAY	1
FORCEHOUR	0

Figura 3.4 – Exemplo das instruções para a definição de dois ficheiros de entrada dos dados meteorológicos

### 3.2.2.5 Definição dos Ficheiros dos parâmetros - solos e vegetação (“Parameter Files”)

A estrutura dos ficheiros e os parâmetros dos solos e do coberto a fornecer ao modelo são definidos pelo conjunto de opções que se apresentam no Quadro 3.10 e que são definidas no ficheiro “Global Parameter”.

Quadro 3.10 - Definição dos Ficheiros dos parâmetros - solos e vegetação (“Parameter Files”)

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
SOIL	String	---		Directoria/Nome do Ficheiro dos parâmetros do solo ou lista dos nomes dos ficheiros de ARC/INFO
ARC_SOIL	String		TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Os dados/parâmetros dos solos podem ser fornecidos ao modelo em dois formatos:  FALSE ⇒ Os dados dos solos são fornecidos num único ficheiro em formato ASCII file, onde cada linha corresponde a uma célula da grelha que representa a bacia e onde cada coluna corresponde a um parâmetro;  TRUE ⇒ são fornecidos ao modelo um conjunto de ficheiros (grid) em ASCII gerados em Arc/Info. Cada ficheiro contém um mapa de valores de um único parâmetro para todas as células da grelha.  Default = FALSE
SOIL_DIR	String	---		Directoria onde estão guardados os ficheiros Arc/Info em ASCII Apenas é necessário quando: ARC_SOIL = TRUE
BASEFLOW	String	---		Esta opção indica ao modelo VIC, quais são os dados (ARNO ou NIJSSEN) que são fornecidos para a modelação do escoamento de base: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ARNO = os campos (colunas) 5 a 8 do ficheiro dos parâmetros do solo são os normalmente utilizados no modelo VIC</li> <li>▪ NIJSSEN2001 = os campos (colunas) 5 a 8 do ficheiro dos parâmetros do solo são parâmetros propostos por Nijssen <i>et al.</i> (2001)</li> </ul> Default = ARNO
JULY_TAVG_SUPPLIED	String		TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	TRUE ⇒ o modelo VIC irá procurar na última coluna do ficheiro dos parâmetros dos solos o valor da temperatura média do mês de Julho.  Default = FALSE
ORGANIC_FRACT	String		TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	TRUE ⇒ o ficheiro dos parâmetros dos solos terá 3 colunas extras com informação sobre a fracção de matéria orgânica, densidade aparente da matéria orgânica e densidade das partículas da matéria orgânica, para cada uma das três camadas que compõem o solo.  FALSE = O ficheiros dos parâmetros dos solos não contém qualquer informação relativamente ao teor de matéria orgânica. O modelo assume que a fracção de matéria orgânica é igual a zero. Default = FALSE.
VEGLIB	String	---		Directoria/Nome do Ficheiro dos tipos/classes de vegetação ("Vegetation library file")
VEGPARAM	String	---		Directoria/Nome do Ficheiro dos parâmetros dos tipos de vegetação ("Vegetation parameter file")
ROOT_ZONES	Integer	---		Número de camadas com raízes que serão utilizadas pelo modelo para fazer a distribuição das raízes
VEGPARAM_LAI	String			TRUE ⇒ o ficheiros dos parâmetros da vegetação tem uma linha extra com os valores mensais do índice de área foliar (IAF/LAI) para cada tipo de vegetação de cada célula da grelha (Figura 3.7) Default = FALSE

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
LAI_SRC	String			Esta opção diz ao modelo onde deverá procurar/ler os valores do índice de área foliar (IAF/LAI): <ul style="list-style-type: none"> <li>LAI_FROM_VEGLIB = são utilizados os valores do IAF fornecidos no ficheiro dos tipos de vegetação;</li> <li>LAI_FROM_VEGPARAM = são utilizados os valores do IAF fornecidos no ficheiro dos parâmetros da vegetação. Esta opção requer que a variável VEGPARAM_LAI = TRUE.</li> </ul> Default = LAI_FROM_VEGLIB.
SNOW_BAND	Integer String	---		Número máximo de bandas de neve que serão utilizadas e Directoria/Nome do Ficheiro com os dados. (sem interesse para área de estudo)

### 3.2.2.6 Definição dos Ficheiros dos parâmetros dos reservatórios

As opções desta secção só importam quando o modelo dos reservatórios (lake model) é executado.

### 3.2.2.7 Definição dos Ficheiros de saída

As opções quanto à estrutura dos ficheiros de saída (nomeadamente passo de tempo, variáveis, unidades, etc.) que serão produzidos pelo modelo são também definidas no ficheiro "Ficheiro Parameter":

Quadro 3.11- Definição dos Ficheiros de saída

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
RESULT_DIR	String			Directoria onde serão guardados os ficheiros de resultados do modelo VIC
OUT_STEP	Integer	horas		Passo de tempo dos resultados
SKIPYEAR	Integer	anos		Número de anos que não serão transpostos para o ficheiro de resultados. Esta variável tem como objectivo reduzir a dimensão dos ficheiros de resultados, não incluindo neles o número de anos do início do período de simulação necessários para os resultados do modelo estabilizarem (spin-up) devido às condições iniciais de humidade do solo impostas ao modelo.
COMPRESS	String		TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	TRUE ⇒ os ficheiros de entrada e dos resultados são comprimidos (o formato gzip é utilizado).
BINARY_OUTPUT	String		TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	TRUE ⇒ os ficheiros dos resultados são escritos em formato binário.
ALMA_OUTPUT	String		TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Sistema de unidades dos resultados do modelo: FALSE ⇒ são adoptadas as unidades padrão do modelo VIC. Os fluxos de água são expressos em mm e a temperatura em graus C; TRUE ⇒ o modelo adopta a convenção de ALMA. Os fluxos de água são expressos por unidade de tempo: mm/s (kg/m <sup>2s</sup> ). A temperatura é expressa em graus K.
MOISTFRACT	String	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)		Define as unidades a utilizar pelo modelo para o teor de humidade do solo FALSE ⇒ são adoptadas as unidades padrão do modelo VIC. O teor de humidade do solo é expresso em mm; TRUE ⇒ O teor de humidade do solo é expresso é fracção de

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
PRT_HEADER	String	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)		<p>volume. Default = FALSE</p> <p>Opções para o cabeçalho (header) dos ficheiros dos resultados. FALSE ⇒ os ficheiros de resultados não tem cabeçalhos; TRUE ⇒ são introduzidos cabeçalhos no início de cada ficheiro de resultados, dando informação quanto ao nome das variáveis de cada campo nos caso dos ficheiros em formato ASCII e/ou do tipo de variáveis, no caso do formato Binário. Default = FALSE</p>
PRT_SNOW_BAND	String	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)		<p>Permite ordenar ao modelo que escreva as variáveis da neve de cada banda num arquivo/ficheiro separado (snow_band_*). (sem interesse para área de estudo)</p>
N_OUTFILES <sup>5</sup>	Integer	---		<p>Número de ficheiros de saída por cada célula da grelha</p>
OUTFILE <sup>5</sup>	String Integer	prefixo		<p>Informação sobre o ficheiro de saída:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prefixo do ficheiro de saída;</li> <li>▪ Número de variáveis no ficheiro de saída;</li> </ul> <p>Esta informação é especificada uma vez para cada ficheiro de saída</p>
OUTVAR <sup>5</sup> :				<p>Informação sobre a variável de saída:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nome (deverá corresponder dos nomes da lista do vicNI_def.h)</li> <li>2. Formato do ficheiro de saída (C printf-style format code)</li> <li>3. Tipo de dados. Uma das seguintes opções: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ OUT_TYPE_DEFAULT;</li> <li>▪ OUT_TYPE_CHAR;</li> <li>▪ OUT_TYPE_SINT;</li> <li>▪ OUT_TYPE_USINT;</li> <li>▪ OUT_TYPE_INT;</li> <li>▪ OUT_TYPE_FLOAT;</li> <li>▪ OUT_TYPE_DOUBLE.</li> </ul> </li> <li>4. Multiplicador – número para multiplicar os dados com o fim de recuperar os valores originais (só é válido quando BINARY_OUTPUT=TRUE)</li> </ol> <p>Estes quatro parâmetros da variável OUTVAR têm de ser definidos para cada uma das variáveis do ficheiro de resultados.</p>
Nome	String			
Formato	String			
Tipo	String			
Multiplicador	Integer			

### 3.2.3 Ficheiro “user\_def.h”

O ficheiro “user\_def.h” não é propriamente um ficheiro de entrada de dados (trata-se de um ficheiro de cabeçalho no código fonte do modelo), sendo aqui incluído uma vez que algumas opções importantes de simulação são definidas neste ficheiro.

O comando:

<sup>5</sup> As variáveis N\_OUTFILES, OUTFILE, e OUTVAR são opcionais. Sempre que estas variáveis são omissas o modelo VIC produz os ficheiros de saída convencionais

./vicNI – o

Permite conhecer as definições do ficheiro “user\_def.h”. Quando o ficheiro “user\_def.h” é alterado é necessário recompilar o modelo, para que as alterações sejam consideradas.

### 3.2.3.1 Definição de opções de simulação

As seguintes opções determinam o tipo de simulação que será realizada:

*Quadro 3.12 – Opções de simulação (ficheiro “user\_def.h”)*

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
VERBOSE	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Esta opção controla as mensagens enviadas para o ecrã: FALSE ⇒ é enviado o mínimo de informação para o ecrã: erros, etc.; TRUE ⇒ a informação enviada para o ecrã inclui mensagens de abertura/fecho de ficheiros, avisos (“warnings”), erros, etc..
CLOSE_ENERGY	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Opção para a definição do modo como os fluxos de energia são tratados entre as várias componentes da superfície terrestre (copado, camada de neve e solo): FALSE ⇒ o balanço de energia de cada uma das componentes é resolvido individualmente, considerando os fluxos de entrada provenientes dos outros componentes calculados no passo de tempo anterior; TRUE ⇒ considera as interações entre os diversos componentes adoptando um processo iterativo: inicialmente cada uma das componentes é calculada individualmente e os fluxos de saída de cada uma delas são actualizados. No passo seguinte cada uma das componentes é recalculada individualmente com os valores de fluxo actualizados. O cálculo termina quando se obtêm valores sucessivos tão próximos quanto se deseja Nota: ambas as aproximações dão resultados similares, mas enquanto a opção CLOSE_ENERGY = FALSE diminui o tempo de cálculo, os erros no balanço de energia são maiores.
QUICK_FS	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Opção para acelerar cálculos na modelação do processo de congelamento do solo: FALSE ⇒ usa as equações completas para estimar a quantidade máxima de água no estado líquido no solo; TRUE ⇒ utiliza a versão linear das equação da quantidade de água no estado líquido, definidas em global.h. Esta aproximação aumenta significativamente a velocidade de processamento quando é simulado o processo de congelamento do solo. NOTA: Este método de cálculo não se encontra totalmente testado
QUICK_FS_TEMPS	Integer			Número de termos que serão usados nas equações linearizadas para o cálculo da quantidade de água no estado líquido. Esta opção é apenas utilizada quando QUICK_FS = TRUE; caso contrário é ignorada.
LOW_RES_MOIST	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	Opção quanto á aproximação que será usada no cálculo do teor de humidade do solo e do fluxo de drenagem FALSE ⇒ o modelo assume um potencial mátrico uniforme dentro de cada camada do solo (esta opção conduz normalmente a uma drenagem do solo excessivamente rápida quando usada num solo representado com 2-4 camadas). TRUE ⇒ o modelo recorre a uma interpolação linear do logaritmo

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
				do potencial mátrico entre duas camadas adjacentes para estimar o fluxo de drenagem através da camada fronteira (Boone e Wetzel, 1996). Esta aproximação permite, que num solo representado com poucas camadas (2 a 4), simular uma maior retenção da água no topo da coluna do solo, tal como acontece num com muitas camadas.
NO_REWIND	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>NOTA: Este método de cálculo não se encontra totalmente testado</p> <p>Opção para controlo de leitura dos ficheiros dos parâmetros (solos e vegetação):</p> <p>FALSE ⇒ Retrocede (volta ao início) dos ficheiros dos parâmetros antes de ler os dados de cada célula</p> <p>TRUE ⇒ Não retrocede na leitura dos ficheiros dos parâmetros, antes de ler os dados de cada célula. Esta opção permite economizar tempo, mas exige que a ordem das células da grelha seja a mesma em todos ficheiros.</p> <p>Opção para desagregação dos dados meteorológicos:</p> <p>FALSE ⇒ Executa a simulação completa do processo hidrológico, incluindo a desagregação dos dados meteorológicos.</p> <p>TRUE ⇒ Apenas o processo de desagregação dos dados meteorológicos é processado. Esta opção permite que o modelo VIC seja utilizado como um modelo de desagregação de dados meteorológicos.</p>
OUTPUT_FORCE	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>Neste modo de operação o modelo VIC deve ser executado da mesma forma, deverá ser preparado o ficheiro "Global Parameter" que fornecerá as instruções da pasta onde se encontram os ficheiros das variáveis meteorológicas e dos parâmetros do solo, assim como a definição dos passos de tempo dos ficheiros dos dados meteorológicos (FORCING1 e/ou FORCING2), o passo de tempo do ficheiro dos resultados (normalmente igual ao passo de tempo da simulação), o início e fim do período da simulação.</p>
OUTPUT_FORCE_STATS	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>Opção de cálculo de estatísticas dos dados meteorológicos:</p> <p>FALSE ⇒ Executa a simulação completa do processo hidrológico, incluindo a desagregação dos dados meteorológicos.</p> <p>TRUE ⇒ Não executada a simulação do processo hidrológico, o modelo apenas irá calcular a média, o desvio padrão e os valores mínimos e máximos das variáveis meteorológicas e escrevê-los no ficheiro stdout.</p>
SPATIAL_FROST	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>Opção quanto à heterogeneidade espacial da temperatura do solo:</p> <p>FALSE ⇒ Assume que a temperatura do solo não varia na horizontal (apenas varia em profundidade).</p> <p>TRUE ⇒ O modelo assume, que para cada profundidade, as temperaturas do solo apresentam uma distribuição uniforme (linear) na horizontal. Deste modo, mesmo quando a temperatura média do solo é inferior a zero para uma dada profundidade, existe uma parte da área da célula em que se verifica uma temperatura acima de zero para essa profundidade.</p> <p>Esta opção requer a especificação no ficheiro dos parâmetros do solo da variável frost_slope (Declive da distribuição uniforme da temperatura do solo) num campo extra, a partir da qual e do valor médio da temperatura do solo serão calculadas as temperaturas máximas e mínimas.</p>
FROST_SUBAREAS	Integer			<p>Número de valores discretos da distribuição da temperatura do solo. Esta variável só é necessária quando SPATIAL_FROST = TRUE, caso contrário será ignorada.</p>
SPATIAL_SNOW	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>Opção quanto à heterogeneidade espacial da altura equivalente de água de neve (considerando uma cobertura parcial da camada de neve) quando a camada de neve se encontra em processo de fusão ou degelo:</p>

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
EXCESS_ICE	String	---	TRUE (Verdade) ou FALSE (Falso)	<p>FALSE ⇒ O modelo assume que a altura equivalente de água de neve é constante em toda a área da célula.</p> <p>TRUE ⇒ O modelo assume que altura equivalente de água de neve é variável no espaço (na célula), sendo descrita por uma distribuição uniforme, e admitindo que existe uma fracção da célula onde a altura de neve é zero.</p> <p>Esta opção requer a especificação no ficheiro dos parâmetros do solo da variável max_snow_distrib_slope (Declive máximo da distribuição uniforme da camada de neve) num campo extra. (sem interesse para área de estudo)</p> <p>Opção de cálculo quanto ao comportamento dos solos do tipo permafrost ou pergelissolo:</p> <p>FALSE ⇒ O modelo assume que não há excesso de gelo no solo. Neste caso os parâmetros do solo (porosidade, densidade, etc.) correspondem aos valores introduzidos no ficheiro parâmetros dos solos, sem qualquer tipo de correcção.</p> <p>TRUE ⇒ O modelo assume a ocorrência de excesso de gelo no solo. Esta opção requer que o utilizador especifique a quantidade inicial de gelo no solo (initial_ice_content) num campo extra do ficheiro parâmetros do solo. O modelo VIC calcula a porosidade efectiva, as densidades do solo, etc., tendo em consideração o excesso de gelo no solo. à medida que ocorre o processo de fusão do gelo, a porosidade efectiva e a densidade do solo aproximam-se dos valores sem gelo (introduzido no ficheiro dos parâmetros dos solos). O excesso de água no solo resultante do degelo irá contribuir para o escoamento superficial ou para o escoamento de base. (sem interesse para área de estudo)</p>
MAXIT_FE	Integer			<p>Número máximo de iterações admitidas na solução do balanço de energia da superfície. (sem interesse para área de estudo)</p>
LAI_WATER_FACTOR	Float			Valor do coeficiente utilizado no cálculo da capacidade de armazenamento do copado em função do índice de área foliar.
LWAVE_COR	Float			Factor de correcção da radiação longo de comprimento de onda incidente estimada pelo modelo (na ausência de registos da radiação de longo comprimento de onda para calibração, deverá ser usado o valor 1).

### 3.2.3.2 Definição das dimensões dos dados de entrada

Sempre que necessário, poderão ser alteradas, no ficheiro “user\_def.h”, as dimensões das variáveis indicadas no Quadro 3.13.

*Quadro 3.13 – Dimensões de alguns dados de entrada*

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
MAX_VEG	Integer			O número máximo de classes/tipos de vegetação que podem ser definidos dentro de uma célula da grade (igual ao número de classes de vegetação que são definidas no ficheiro dos tipos de vegetação – “Vegetation library file”).
MAX_LAYERS	Integer			Número máximo de camadas de solo.
MAX_NODES	Integer			Número máximo de nós que podem ser considerados na coluna do solo.
MAX_BANDS	Integer			Número máximo de bandas de elevação neve que podem ser definidas por célula.

Variável	Tipo	Unidades	Domínio	Descrição
				(sem interesse para área de estudo)
MAX_FRONTS	Integer			Número máximo de frentes de congelamento/degelo do solo que podem ser definidas por célula. (sem interesse para área de estudo)
MAX_LAKE_NODES	Integer			Número máximo de nós que podem ser considerados na solução do modelo dos reservatórios/lagos. (sem interesse para área de estudo)

### 3.2.4 Ficheiro dos dados meteorológicos (“Meteorological Forcing Files”)

O modelo permite a introdução de um conjunto muito vasto de variáveis meteorológicas (Quadro 3.14) para a modelação do balanço de água ou do balanço de energia. Sendo que o conjunto mínimo de variáveis meteorológicas requerido pelo modelo VIC é constituído por dados diários:

- da precipitação total (chuva e/ou neve);
- das temperaturas máxima e mínima; e
- da velocidade média do vento.

*Quadro 3.14 - Variáveis meteorológicas que podem ser fornecidas ao modelo VIC*

Variável	Definição	Unidades	
		Default	ALMA
AIR_TEMP	Temperatura do ar	°C	
CHANNEL_IN	Entrada de caudal (versão 4.1.2 ou posterior)	m <sup>3</sup>	
ALBEDO	Albedo da superfície	---	---
CRAINF	Chuva do tipo convectiva	mm	mm s <sup>-1</sup>
CSNOWF	Neve do tipo convectiva	mm	mm s <sup>-1</sup>
DENSITY	Densidade atmosférica	kg m <sup>-3</sup>	
LONGWAVE	Radiação incidente de longo comprimento de onda	W m <sup>-2</sup>	
LSRAINF	Chuva do tipo estratiforme	mm	mm s <sup>-1</sup>
LSSNOWF	Neve do tipo estratiforme	mm	mm s <sup>-1</sup>
PREC	Precipitação	mm	mm s <sup>-1</sup>
PRESSURE	Pressão atmosférica	kPa	Pa
QAIR	Humidade específica	kg kg <sup>-1</sup>	
RAINF	Chuva	mm	mm s <sup>-1</sup>
REL_HUMID	Humidade relativa	---	
SHORTWAVE	Radiação incidente de curto comprimento de onda (radiação solar global)	W m <sup>-2</sup>	
SNOWF	Neve	mm	mm s <sup>-1</sup>
TMAX	Temperatura máxima diária	°C	K
TMIN	Temperatura mínima diária	°C	K
TSKC	Nebulosidade	---	---
VP	Pressão de vapor atmosférica	kPa	Pa

Variável	Definição	Unidades	
		Default	ALMA
WIND	Velocidade do vento	m s <sup>-1</sup>	
WIND_E	Componente zonal da velocidade do vento	m s <sup>-1</sup>	
WIND_N	Componente meridional da velocidade do vento	m s <sup>-1</sup>	
SKIP	Variável usada para indicar uma coluna de dados que não será lida pelo modelo	---	

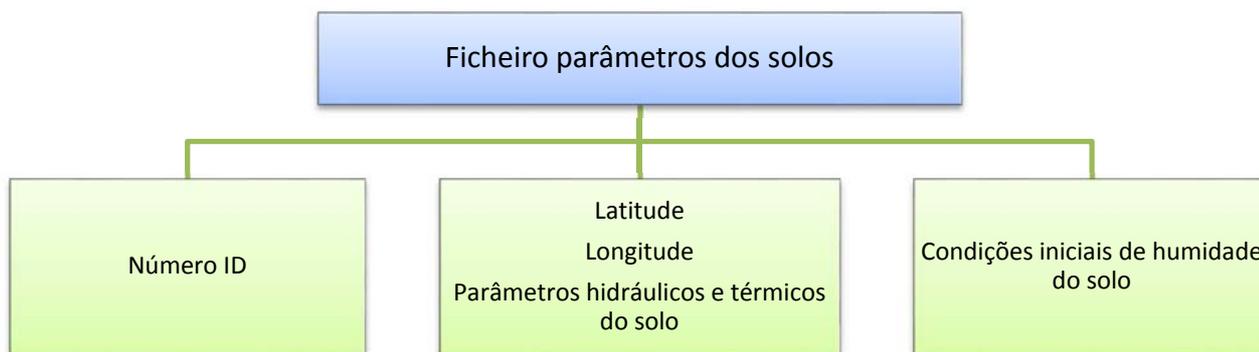
Quando a humidade relativa e a radiação não são fornecidas nos dados de entrada, o modelo VIC usa os algoritmos MTCLIM (Kimball *et al.*, 1997; Thornton e Running, 1999) para estimar a humidade relativa e o algoritmo de Tennessee Vale Authority (Bras, 1990) para estimar a radiação de longo comprimento de onda, a partir dos dados diários da temperatura máxima e mínima do ar. O modelo VIC também calcula a pressão de vapor atmosférica e a densidade atmosférica a partir da altura de elevação das células da grelha que representa a bacia e da taxa média global de diminuição da pressão com a altitude.

Por último, quando o passo de tempo da simulação é sub-diário, o modelo VIC converte os valores diários em sub-diários de acordo com a seguinte aproximação:

- Assumindo algumas hipótese quanto às alturas do dia em que ocorrem as temperaturas máxima e mínima do ar;
- Interpolando as series da temperatura máxima e mínima do ar com uma spline;
- Distribuindo a radiação (solar) de comprimento de onda curto ao longo do dia de acordo com o ângulo de zénite solar;
- Assumindo que a pressão de vapor atmosférica, a pressão atmosférica, a densidade atmosférica e a velocidade do vento são constantes ao longo do dia;
- Calculando os valores sub-diários da radiação de comprimento de onda longo a partir dos valores sub-diários da temperatura do ar e do valor constante da pressão de vapor atmosférica;
- Calculando os valores sub-diários do défice de pressão como a diferença entre os valor sub-diários da pressão de saturação e da pressão de vapor de vapor;
- Repartindo a precipitação total em quantidades iguais pelos intervalos sub-diários.

### 3.2.5 Ficheiro dos parâmetros dos solos

O ficheiro dos parâmetros dos solos tem como principais objectivos fornecer ao modelo os dados dos parâmetros dos solos e as condições iniciais de humidade para cada uma das células da grelha, que são identificadas pelo modelo através do número ID.



O número ID funciona como uma chave primária, permitindo estabelecer a ligação entre a célula da grelha e os seus parâmetros fornecidos em cada um dos ficheiros de entrada.

O ficheiro parâmetros dos solos pode ser escrito em dois formatos alternativos:

- um único ficheiro em formato ASCII, com uma linha por cada célula da grelha, onde cada coluna (campo) corresponde a um parâmetro do solo (Figura 3.5).
- um conjunto de ficheiros em formato ASCII Arc/Info. Cada um dos ficheiros corresponde a um mapa de valores de um único parâmetro para todas as células.

Example Soil Parameter File: VIC 4.0.5/4.0.6 Water Balance

```

#RUN  GRID  LAT  LNG  INFILT  Ds  Ds_MAX  Ws  C  EXPT_1  EXPT_2  EXPT_3  Ksat_1  Ksat_2  Ksat_3...  RESM1  RESM2  RESM3  FS_ACTV  JULY_TAVG
1      7    43.739 -92.4.0 0.010  1.e-4  3.05  0.93  2    4.0    4.0    4.0    250.0  250.0  250.0...  0.02  0.02  0.02  1      18.665
  
```

Figura 3.5 – Exemplo dum ficheiro dos parâmetros do solo em formato ASCII com estrutura colunar

Os parâmetros hidráulicos e térmicos do solo requeridos pelo modelo VIC estão identificados no Quadro abaixo. Todas as colunas do ficheiro de entrada devem ser preenchidas, mas certos parâmetros só são necessários quando se procede à simulação do balanço energético completo ou quando se modela o congelamento da água no solo.

No caso particular do caso de estudo, ambos os processos não simulados.

O utilizador pode adicionar linhas de cabeçalho, colocando no início de cada uma das linhas o carácter '#'.

Quadro 3.15 – Parâmetros e estrutura do ficheiro de solos

Coluna	Variável	Unidades	Nº Valores	Descrição
1	run_cell	---	1	1 = É executada a simulação 0 = Não é executada a simulação
2	gridcel	---	1	Número de identificação da célula (Número ID)
3	lat	graus	1	Latitude da célula da grelha
4	lon	graus	1	Longitude da célula da grelha
5	infiltr	---	1	infiltr (b_infiltr) descreve a Curva Variável de Infiltração.

O Valor deste parâmetro é frequentemente ajustado durante o processo de calibração do modelo VIC. Normalmente, assume um valor dentro do intervalo  $[10^{-5} ; 0.4]$ . O incremento do valor do

Coluna	Variável	Unidades	Nº Valores	Descrição
				b_infiltr produz mais escoamento. O valor 0.2 é frequentemente usado como valor inicial.
6	Ds	---	1	Ds representa a fracção de Dsmax para a qual se inicia o escoamento de base não linear.  O valor deste parâmetro é, normalmente, ajustado durante o processo a calibração do modelo VIC. Um valor inicial de 0.001 pode ser usado. Normalmente, este parâmetro toma valores pequenos (menores que 1).
7	Dsmax	mm dia <sup>-1</sup>	1	Dsmax é a velocidade máxima do escoamento de base (caudal máximo por unidade de área do escoamento de base).  O valor deste parâmetro pode ser estimado a partir da condutividade hidráulica saturada, Ksat, e do declive da célula (Dsmax = Ksat x declive). O termo "Declive" deve ser interpretado como a relação entre o escoamento de base e o teor de água no solo. Se se considerar a Lei de Darcy, o termo declive corresponderá efectivamente ao declive da célula. De acordo com a metodologia proposta pela Universidade de Washington o valor de Dsmax deverá ser sempre obtido mediante através de calibração. Um valor inicial para Dsmax poderá ser obtido a partir da análise de hidrogramas de escoamento observados e estimando a curva de esgotamento.
8	Ws	---	1	Ws é a fracção do teor máximo de água no solo, para a qual ocorre escoamento de base não linear.  Similarmente ao parâmetro Ds, o valor do parâmetro Ws é normalmente ajustado durante o processo de calibração do modelo VIC. Geralmente, o parâmetro Ws toma valores maiores que 0.5. Um valor inicial de 0.9 pode ser utilizado.
9	c	---	1	c é o expoente da curva do escoamento de base, normalmente é fixado em 2
10: (Ncamada+9)	Expt		= Nº camadas	Exponent n – parâmetro da equação de Brooks-Corey, definido como: $n = 3 + 2/\lambda$ , onde $\lambda$ é o índice de distribuição dos poros. Os valores devem ser > 3.0.  Por defeito, a equação de Brooks-Corey é utilizada para modelar o escoamento em meio poroso não saturado.
(Ncamada+10): (2xNcamada+9)	Ksat	mm dia <sup>-1</sup>	= Nº camadas	Ksat é a condutividade hidráulica saturada do solo para cada uma das camadas definidas para representar o solo.  Os valores de Ksat são estimados de forma aproximada para cada uma das camadas a partir dos dados de textura existentes para bacia em estudo.
(2xNcamada+10): (3xNcamada+9)	phi_s	mm mm <sup>-1</sup>	= Nº camadas	phi_s é o coeficiente de difusão da água  Este parâmetro foi previsto nos dados de entrada de modo a ser futuramente, incluído nas equações de transporte de água. A versão actual do modelo, não inclui estas equações, pelo que o valor -999 pode ser introduzido em lugar do valor do parâmetro.
(3xNcamada+10): (4xNcamada+9)	init_moist	mm	= Nº camadas	init_moist é o teor de humidade inicial do solo de cada uma das camadas  Deverá ser atribuído um valor razoável ao teor de humidade do solo. Uma aproximação possível é usar uma fracção do teor de

Coluna	Variável	Unidades	Nº Valores	Descrição
				humidade do solo (expressa como uma fracção do teor de humidade máximo = porosidade x profundidade da camada) num ponto crítico, $W_{cr}$ , a qual poderá ser calculada para cada uma das camadas como uma altura em mm, multiplicando $W_{cr}$ pela profundidade da camada expressa em m, e depois multiplicar por 1000.
(4xNcamada+10)	elev	m	1	Altura de elevação média da célula
(4xNcamada+11): (5xNcamada+10)	depth	m	= N° camadas	depth é a profundidade em m de cada uma das camadas do solo
(5xNcamada+11)	avg_T	°C	1	Este parâmetro poder ser alterado no processo de calibração. Avg_T é a temperatura média do solo, usada com condição fronteira inferior na modelação dos fluxos de calor no solo.
(5xNcamada+12)	dp	m	1	Esta variável é a temperatura do solo na profundidade de amortecimento, definida como a profundidade do solo na qual a temperatura permanece praticamente constante ao longo de todo o ano. Normalmente assume-se que é igual à média da temperatura anual do ar. Esta temperatura é usada como condição de fronteira inferior nos cálculos dos fluxos de calor ao longo do perfil do solo. (Esta variável só é necessária para o modo de simulação do balanço de energia) dp é a profundidade de amortecimento (profundidade do solo na qual a temperatura permanece praticamente constante ao longo de todo o ano, ~4 m)
(5xNcamada+13): (6xNcamada+12)	bubble	cm	= N° camadas	(Esta variável só é necessária para o modo de simulação do balanço de energia) Pressão à qual o ar entra no solo (bubbling pressure)
(6xNcamada+13): (7xNcamada+12)	quartz	---	= N° camadas	(Esta variável só é necessária para o modo de simulação do balanço de energia e do congelamento do solo) Quantidade de Quartzo no solo
(7xNcamada+13): (8xNcamada+12)	bulk_density	kg m <sup>-3</sup>	= N° camadas	(Esta variável só é necessária para o modo de simulação do balanço de energia) Densidade aparente
(8xNcamada+13): (9xNcamada+12)	soil_density	kg m <sup>-3</sup>	= N° camadas	Densidade de partículas do solo, normalmente 2 685 kg m <sup>-3</sup> .
(Opcional)	organic	---	= N° camadas	Fracção da camada do solo que é matéria orgânica
(Opcional)	bulk_dens_org	kg m <sup>-3</sup>	= N° camadas	Esta variável só é definida quando ORGANIC_FRACT = TRUE no ficheiro "global parameter" (versão 4.1.2 ou posterior) Densidade aparente do solo correspondente à fracção da matéria orgânica
(Opcional)	soil_dens_org	kg m <sup>-3</sup>	= N° camadas	Esta variável só é definida quando ORGANIC_FRACT = TRUE no ficheiro "global parameter" (versão 4.1.2 ou posterior) Densidade de partículas do solo correspondentes à fracção da matéria orgânica, normalmente 1 300 kg m <sup>-3</sup>

Coluna	Variável	Unidades	Nº Valores	Descrição
(9xNcamada+13)	off_gmt	horas	1	<p>Esta variável só é definida quando ORGANIC_FRACT = TRUE no ficheiro "global parameter" (versão 4.1.2 ou posterior)</p> <p>Fuso horário contabilizado a partir do meridiano de Greenwich – GMT. Este parâmetro determina o modo como o modelo VIC interpreta os passos de tempo sub-diários relativamente à data e hora indicadas para o início da simulação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>off_gmt = 0 indica ao modelo que a data/hora do período de simulação corresponde à Hora Média de Greenwich</li> <li>off_gmt = grid_cell_longitude*24/360, indica que a data/hora do início do período da simulação é relativo à hora local.</li> </ul> <p>Os resultados sub-diários apresentados nos ficheiros de saída são referenciados à data/hora de início do período de simulação e ao parâmetro off_gmt. Assim, quando off_gmt = 0, os resultados correspondem à hora de Greenwich, e quando off_gmt = grid_cell_longitude (* 24/360) os resultados são referenciados para a hora local.</p> <p>O modelo assume que os dados meteorológicos diários reportam-se ao período de 24 horas medido a partir da meia-noite da hora local. Quando o modelo VIC desagrega os dados diários em dados sub-diários, o parâmetro off_gmt será usado para determinar o tempo de atraso entre o início do ciclo diurno dos dados meteorológicos e o início do período da simulação</p> <p>Quando são fornecidos dados meteorológicos sub-diários, o modelo assume que correspondem ao fuso horário indicado pelo parâmetro off_gmt. Nestes casos os resultados de saída sub-diários correspondem aos mesmos instantes dos dados meteorológicos de entrada.</p> <p>Quando são fornecidos nos dados de entrada meteorológicos diários e sub-diários, é importante garantir que todos os dados sub-diários de entrada reportam-se ao fuso horário dado pelo parâmetro off_gmt.</p>
(9xNcamada+14): (10xNcamada+13)	Wcr_FRACT	---	= Nº camadas	<p>TWcr_Fract é a fracção do teor de água no solo (expressa como a quantidade máxima de água no solo = porosidade x profundidade da camada) correspondente ao ponto crítico (<math>\approx 70\%</math> do teor de humidade do solo à capacidade de campo).</p> <p>A capacidade de campo é definida no modelo como o teor de água à tensão de -33 kPa.</p>
(10xNcamada+14): (11xNcamadas+13)	Wpwp_FRACT	---	= Nº camadas	<p>Wpwp_FRACT é a fracção do teor de água no solo (expressa como a quantidade máxima de água no solo = porosidade x profundidade da camada) correspondente ao coeficiente de emurchecimento.</p> <p>O coeficiente de emurchecimento do solo é definido como o teor de água retido pelo solo contra uma sucção de 1500 kPa.</p>
(11xNcamada+14)	rough	m		<p>Rugosidade da superfície do solo nu, expresso em metros.</p> <p>O valor de 0,001 m pode ser inicialmente atribuído a este parâmetro. Devendo posteriormente ser ajustado com dados locais.</p>
(11xNcamada+15)	snow_rough	m		<p>Rugosidade da camada de neve, expressa em metros.</p> <p>O valor de 0,0005 m pode ser inicialmente atribuído a este parâmetro. Devendo posteriormente ser ajustado com dados locais.</p>

Coluna	Variável	Unidades	Nº Valores	Descrição
(11xNcamada+16)	annual_prec	mm		Precipitação média anual  A regressão proposta por Kimball <i>et al.</i> (1997) é utilizada pelo modelo VIC para melhorar a estimativa temperatura do ponto de orvalho nas regiões áridas. Sendo necessário fornecer os valores da precipitação média anual em mm para em cada célula da grelha.
(11xNcamada+17): (12xNcamada+16)	resid_moist	---		Teor de humidade residual expresso como fracção  O teor de humidade residual é definido com a quantidade de água no solo que não pode ser removida nem pela drenagem nem pela evapotranspiração. Quando se considera que o teor de humidade residual do solo é nulo (resid_moist = 0 mm/mm), a condutividade hidráulica não saturada é estimada pelo modelo de Campbell (1974), caso contrário é adoptado o modelo de Brooks e Corey (1966).
(12*Ncamada+17)	fs_active	---	0 ou 1	Se fs_active =1, então o processo de congelamento do solo é simulado para a célula em causa. Caso contrário (fs_active =0), o processo de congelamento do solo não é simulado, mesmo que as temperaturas do solo caiam abaixo do 0 °C.
(Opcional)	frost_slope	° C	1	Declive da distribuição uniforme da temperatura do solo (quando a variável SPATIAL_FROST = TRUE no ficheiro user_def.h).
(Opcional)	max_snow_distrib_slope			Declive máximo da distribuição da camada de neve (quando a variável SPATIAL_SNOW = TRUE no ficheiro user_def.h ).  (sem interesse para a área de estudo)
(Opcional)	initial_ice_content			Quantidade inicial de gelo no solo (quando a variável EXCESS_ICE = TRUE no ficheiro user_def.h ).  (sem interesse para a área de estudo)
(Opcional)	July_Tavg			Valor médio da temperatura do ar do mês de Julho, utilizado para calcular a linha de árvores (quando JULY_TAVG_SUPPLIED = TRUE no ficheiro "global parameter").

### 3.2.6 Ficheiros dos tipos de vegetação ("Vegetation library file")

Os parâmetros necessários para cada tipo de vegetação são fornecidos num ficheiro em formato ASCII com uma estrutura colunar (Figura 3.6). Os parâmetros são fornecidos para cada um dos tipos de vegetação referenciados no ficheiro parâmetros da vegetação (fornece informação quanto ao número de classes de vegetação e usos presentes em cada umas das células e respectivas frequências relativas).

Um cabeçalho e linhas com notas/observações podem ser adicionados ao ficheiro desde que se coloque no início o carácter '#.'

```
Vegetation parameters for agricultural region:
#Class  OvrStyrc  Rarc  Rmin  JAN-LAI  FEB-LAI  MAR-LAI  APR-LAI  MAY-LAI  JUN-LAI  JUL-LAI  AUG-LAI  SEP-LAI  OCT-LAI  NOV-LI  wind_atten  truck_ratio  COMMENT
2      0      25.0  220.  0.000  0.000  0.000  0.000  1.000  2.500  4.000  4.500  0.500  0.000  0.000  0.5  0.2  Corn Field
3      0      25.0  220.  0.000  0.000  0.000  0.000  1.000  3.000  5.000  6.000  3.000  0.000  0.000  0.5  0.2  Soy Field
```

Figura 3.6 – Exemplo dum ficheiro dos tipos de vegetação em formato ASCII com estrutura colunar

*Quadro 3.16 – Parâmetros e estrutura do ficheiro dos tipos de vegetação*

Coluna	Variável	Unidades	Nº Valores	Descrição
1	veg_class	---	1	Número de identificação do tipo/classe de vegetação/uso da terra
2	overstory	---	1	Variável ("flag") que indica se a classe de vegetação/uso do solo possui um copado que fecha ou não TRUE ⇒ quando existe um copado que fecha (ex.: árvores) FALSE ⇒ quando existem abertas (ex.: gramado)
3	rarc	s/m	1	Resistência da arquitectura da vegetação (~2 s/m)
4	r <sub>min</sub>	s/m	1	Resistência estomática mínima do tipo de vegetação (~100 s/m)
5 : 16	LAI	---	12	Índice de área foliar do tipo de vegetação São fornecidos os valores mensais de Janeiro a Dezembro
17 : 28	Albedo	adim.	12	Albedo do tipo de vegetação São fornecidos os valores mensais de Janeiro a Dezembro
29 : 40	rough	m	12	Rugosidade característica da vegetação. Normalmente assume-se que esta variável é igual a 0.123 x altura da média da vegetação São fornecidos os valores mensais de Janeiro a Dezembro
41 : 52	displacement	m	12	Altura do plano de deslocamento nulo Normalmente assume-se que esta variável é igual <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.67 x altura da média da vegetação, para culturas agrícolas;</li> <li>▪ 0.78 x altura da média da vegetação, para florestas.</li> </ul> São fornecidos os valores mensais de Janeiro a Dezembro
53	wind_h	m	1	Altura à qual a velocidade do vento é medida
54	RGL	W/m <sup>2</sup>	1	Valor mínimo da radiação de curto comprimento de onda para o qual ocorrerá transpiração
55	rad_atten	---	1	Factor de atenuação da radiação. Normalmente considera-se igual a 0.5 (apenas nas latitudes elevadas poderá ser necessário ajustar esta variável).
56	wind_atten	---	1	Factor de atenuação do vento ao longo dos copados que fecham Por defeito assume-se igual a 0.5.
57	trunk_ratio	---	1	Fracção da altura total da árvore que é tronco (sem ramos). Por defeito assume-se igual a 0,2.
58	comment	---	1	Comentário O utilizador poderá escrever um comentário que permite identificar o tipo de vegetação

### 3.2.7 Ficheiros dos parâmetros da vegetação ("Vegetation parameter file")

Os parâmetros da vegetação requeridos pelo modelo VIC estão listados nos quadros seguintes. O número de classes de vegetação e respectivas áreas expressas como fracção tem de ser indicadas para célula da grelha

Variável	Unidades	Descrição
gridcel	---	Número de identificação da célula
Nveg	---	Número de tipos/classes de vegetação usos presentes na célula

Variável	Unidades	Descrição
veg_class	---	Número de identificação do tipo/classe de vegetação/uso da terra. Funciona com chave primária, permitindo estabelecer a relação com o ficheiro dos tipos de vegetação
Cv	---	Fracção da célula da grelha coberta pelo tipo de vegetação/ uso da terra

Para cada tipo/classe de vegetação, é necessário indicar para cada camada da zona radical<sup>6</sup>:

Variável	Unidades	Descrição
root_depth	m	Espessura da camada
root_fract	---	Fracção de raízes na camada

As variáveis seguintes só são definidas quando no ficheiro dos parâmetros globais, a variável BLOWING é TRUE<sup>7</sup>.

Variável	Unidades	Descrição
sigma_slope	---	Desvio padrão dos declives do terreno dentro de cada tipo/classe de vegetação
lag_one	---	Autocorrelação dos declives do terreno com tempo de atraso de 1 dentro de cada tipo/classe de vegetação
fetch	m	O <i>fetch</i> (distância percorrida pelo vento sem obstáculos) médio para cada tipo/classe de vegetação da célula

Quando no ficheiro dos parâmetros globais, a variável VEGPARAM\_LAI toma o valor TRUE, é necessário definir os valores mensais da do Índice de área foliar.

Variável	Unidades	Descrição
LAI	---	Valores mensais do índice de área foliar para cada tipo de vegetação de cada célula da grelha

```

### Two vegetation tiles with three root zones in the seventh grid cell
### with LAI included.

7 2

8 0.102679 0.10 0.10 1.00 0.65 0.50 0.25

0.312 0.413 0.413 0.413 0.413 0.488 0.975 1.150 0.625 0.312 0.312 0.312

10 0.897321 0.10 0.10 1.00 0.70 0.50 0.20

0.212 0.262 0.275 0.338 0.750 1.275 0.950 0.650 0.450 0.288 0.237 0.212

```

Figura 3.7 - Exemplo dum ficheiro dos parâmetros da vegetação em formato ASCII

### 3.3 RESULTADOS DO MODELO VIC

#### 3.3.1 Ficheiros de saída do modelo VIC

O nome e conteúdo dos ficheiros de saída do modelo VIC pode ser definido pelo utilizador, através do conjunto de opções/instruções do ficheiro "Global Parameter". Quando não é fornecida qualquer instrução ao modelo, este cria os

<sup>6</sup> O número de camadas radicais é definido no ficheiro "Global Parameter"

<sup>7</sup> No caso particular da bacia do Zambeze a variável BLOWING será definida como FALSE, pelo que as variáveis sigma\_slope, lag\_one e fetch não serão definidas.

ficheiros tipo (criados pelas versões iniciais): os ficheiros "fluxes" e "snow", e adicionalmente os ficheiros "fdepth" quando a variável FROZEN\_SOIL = TRUE e "snowband" se PRT\_SNOW\_BAND = TRUE.

Nas versões mais recentes do modelo VIC, os ficheiros de saída podem apresentar qualquer combinação das variáveis indicadas no Quadro seguinte<sup>8</sup>, através das opções/instruções do ficheiro "Global parameter":

*Quadro 3.17 – Resultados do modelo VIC*

Variável	Unidades	Descrição
Resultados do balanço da água (variáveis de estado)		
OUT_ASAT	---	Fracção de área da célula que se encontra saturada (não inclui a área dos lagos, assim a área total da célula que se encontra completamente é dada por: OUT_ASAT + OUT_LAKE_AREA_FRAC) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_AREA_FRAC	---	Área da superfície do lago expressa com fracção da área total da célula (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_DEPTH	m	Profundidade do lago (distância entre a superfície e o ponto mais profundo) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_ICE	mm	Água armazenada sob forma de gelo (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_ICE_FRAC	---	Fracção da superfície da célula coberta de lago gelado (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_ICE_HEIGHT	cm	Espessura da camada de gelo (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_MOIST	mm	Quantidade de água no estado líquido e sólido armazenado no(s) lago(s) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_SURF_AREA	m <sup>2</sup>	Área da superfície do lago (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_SWE	m	Altura equivalente de água de neve sobre a área do(s) lago(s) gelado(s) (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_SWE_V	m <sup>3</sup>	Volume equivalente de água de neve sobre a área do(s) lago(s) gelado(s) (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_VOLUME	m <sup>3</sup>	Volume do lago
OUT_ROOTMOIST	mm	Teor de água na zona radical
OUT_SMFROZFRAC	---	Fracção do teor de água que se encontra no estado sólido, para cada camada do solo (sem interesse para a área de estudo)

<sup>8</sup> Os parâmetros de cálculo do balanço energético não são apresentados neste manual, uma vez que a modelação hidrológica da área de estudo é feita simulando apenas o balanço de massa

Variável	Unidades	Descrição
OUT_SMLIQFRAC	---	Fracção do teor de água que se encontra no estado líquido, para cada camada do solo (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SNOW_CANOPY	mm	Quantidade de neve interceptada e armazenada no copado (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SNOW_COVER	---	Fracção da área da célula coberta com neve (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SNOW_DEPTH	cm	Altura de neve acumulada (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SOIL_ICE	mm	Quantidade de água que se encontra no estado sólido, para cada camada do solo (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SOIL_LIQ	mm	Quantidade de água que se encontra no estado líquido, para cada camada do solo
OUT_SOIL_MOIST	mm	Quantidade total de água que se encontra no estado líquido, para cada camada do solo
OUT_SOIL_WET	mm mm <sup>-1</sup>	Média vertical de: (teor de água no solo – teor de água correspondente ao coef. de emurchecimento) / (teor de água máximo no solo - teor de água correspondente ao coef. de emurchecimento)
OUT_SURFSTOR	mm	Quantidade de água líquida e gelada (exclui neve) sobre a superfície (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SURF_FROST_FRAC	---	Fracção da superfície do solo que está gelada (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SWE	mm	Equivalente de água de neve (sem interesse para a área de estudo)
OUT_WDEW	mm	Quantidade total de água interceptada e armazenada no copado
OUT_ZWT	cm	Posição da toalha freática, considerando a camada do solo menos saturada: Valores positivos ⇒ acima da superfície do solo 0 ⇒ ao nível da superfície Valores negativos ⇒ abaixo da superfície do solo
OUT_ZWT_LUMPED		Posição da toalha freática, ponderando o teor de humidade de todas as camadas: Valores positivos ⇒ acima da superfície do solo 0 ⇒ ao nível da superfície Valores negativos ⇒ abaixo da superfície do solo
<b>Resultados do balanço da água (fluxos)</b>		
OUT_BASEFLOW	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Escoamento de base na camada inferior do solo
OUT_DELINTERCEPT	mm	Alteração da quantidade de água armazenada no copado
OUT_DELSOILMOIST	mm	Alteração da quantidade de água armazenada no solo
OUT_DELSURFSTOR	mm	Alteração da quantidade de água no estado líquido armazenada superficialmente
OUT_DELSWE	mm	Alteração do equivalente de água de neve
OUT_EVAP	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Evaporação líquida total
OUT_EVAP_BARE	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Evaporação líquida a partir do solo nu
OUT_EVAP_CANOP	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Evaporação líquida a partir do copado
OUT_INFLOW	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Quantidade de água que atinge a superfície do solo

Variável	Unidades	Descrição
OUT_LAKE_BF_IN	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Escoamento de base proveniente da bacia dum lago (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_BF_IN_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Escoamento de base (em volume) proveniente da bacia dum lago (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_BF_OUT	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Escoamento de base proveniente dum lago para a rede de canais (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_BF_OUT_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Escoamento de base (em volume) proveniente dum lago para a rede de canais (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_CHANNEL_IN	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Caudal de entrada a montante na rede de canais
OUT_LAKE_CHANNEL_IN_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Caudal de entrada (em volume) a montante na rede de canais
OUT_LAKE_CHANNEL_OUT	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Caudal de saída
OUT_LAKE_CHANNEL_OUT_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Caudal de saída (em volume)
OUT_LAKE_DSTOR	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Alteração da quantidade de água armazenada no(s) lago(s) (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_DSTOR_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Alteração da quantidade de água armazenada no(s) lago(s) em volume (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_DSWE	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Alteração da altura equivalente de água de neve no topo dos lagos gelados (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_DSWE_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Alteração da altura equivalente de água de neve em volume no topo dos lagos gelados (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_EVAP	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Evaporação líquida a partir da superfície do lago (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_EVAP_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Evaporação líquida (em volume) a partir da superfície do(s) lago(s) (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_LAKE_PREC_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Precipitação (em volume) sobre a superfície do(s) do lago(s) (versão 4.1.2 ou posterior)
OUT_LAKE_RCHRG	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Recarga do lago para as áreas em redor (versão 4.1.2 ou posterior)
OUT_LAKE_RCHRG_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Recarga do lago (em volume) para as áreas em redor (versão 4.1.2 ou posterior)
OUT_LAKE_RO_IN	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Escoamento superficial proveniente da bacia hidrográfica do lago (versão 4.1.2 ou posterior)
OUT_LAKE_RO_IN_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Escoamento superficial (em volume) proveniente da bacia hidrográfica do lago (versão 4.1.2 ou posterior)
OUT_LAKE_VAPFLX	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Sublimação a partir da neve sobre um lago gelado (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)

Variável	Unidades	Descrição
OUT_LAKE_VAPFLX_V	m <sup>3</sup> (ALMA_OUTPUT: m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Sublimação a partir da neve (em volume) sobre um lago gelado (versão 4.1.2 ou posterior) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_PET_SATSOIL	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Evaporação potencial a partir de um solo nu saturado
OUT_PET_H2OSURF	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Evaporação potencial a partir de superfícies líquidas (lagos, áreas pantanosas)
OUT_PET_SHORT	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Transpiração potencial (apenas transpiração) a partir de uma cultura de referência de altura baixa (grama ou alfalfa)
OUT_PET_TALL	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Transpiração potencial a partir de uma cultura de referência de altura baixa (grama)
OUT_PET_NATVEG	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Transpiração potencial da cultura/vegetação (que ocorre na célula) e considerando a resistência da arquitectura do copado actual
OUT_PET_VEGNOCR	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Transpiração potencial da cultura/vegetação (que ocorre na célula) e assumindo uma resistência da arquitectura do copado nula
OUT_PREC	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Precipitação (chuva + neve)
OUT_RAINF	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Quantidade de Chuva
OUT_REFREEZE	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Recongelamento da água na neve (sem interesse para a área de estudo)
OUT_RUNOFF	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Escoamento superficial
OUT_SNOW_MELT	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Escoamento superficial produzido a partir de neve derretida (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SNOWF	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Quantidade de neve (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SUB_BLOWING	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Sublimação líquida ocorrida nas situações de queda de neve acompanhadas de vento (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SUB_CANOP	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Sublimação líquida a partir da neve sobre o copado (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SUB_SNOW	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Sublimação total líquida a partir da neve acumulada (na superfície e na atmosfera devido a situações de vento) (sem interesse para a área de estudo)
OUT_SUB_SURFACE	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Sublimação total líquida a partir da neve acumulada na superfície (sem interesse para a área de estudo)
OUT_TRANSP_VEG	mm (ALMA_OUTPUT: mm s <sup>-1</sup> )	Transpiração líquida a partir da transpiração
OUT_WATER_ERROR	mm	Erro de fecho do balanço
Outros resultados		
OUT_AERO_COND	m s <sup>-1</sup>	Condutância aerodinâmica resultante do cenário de ocupação e uso do solo
OUT_AERO_COND1	m s <sup>-1</sup>	Condutância da superfície
OUT_AERO_COND2	m s <sup>-1</sup>	Condutância aerodinâmica

Muitos dos parâmetros apresentados no Quadro não tem interesse para área de estudo uma vez que os modelos de congelamento do solo, da neve e mesmo dos reservatórios não são aplicáveis.

### 3.3.2 Ficheiros de saída “padrão”

Como já foi referido, quando não é fornecido ao modelo VIC, os resultados da modelação são guardados em ficheiros tipo (criados pelas versões iniciais): “flux”; “snow”; “frozen soil”; “snow band”; e “lake”. Neste Capítulo apresenta-se a estrutura do ficheiro “flux”, uma vez que apenas este tipo de ficheiros de resultados é aplicável à área de estudo.

O principal ficheiro de saída do modelo VIC-NL é o ficheiro “flux”, que guarda os resultados referentes ao balanço de água para cada passo de tempo. A estrutura e formato deste ficheiro são apresentados no Quadro 3.18.

Quadro 3.18 – Estrutura e formato do ficheiro flux

Coluna	Variável	Unidades	Descrição
1	year	ano	Ano
2	month	mês	Mês
3	day	dia	Dia
4	hour	hora	Hora (quando o passo de tempo é sub-diário)
5	OUT_PREC	mm	Precipitação
6	OUT_EVAP	mm	Evaporação
7	OUT_RUNOFF	mm	Escoamento superficial
8	OUT_BASEFLOW	mm	Escoamento de base
9	OUT_WDEW	mm	Quantidade de água interceptada pelo copado
10: Nlayer+9	OUT_SOIL_LIQ	mm	Teor de água do solo para cada uma das camadas

Nota: o número de variáveis do ficheiro de saída “flux” padrão do modelo VIC depende do modo de simulação seleccionado. Neste quadro inscreveram-se apenas as variáveis relativas ao balanço de água. O número de variáveis guardadas é maior quando se procede à modelação do fluxo energético completo (FULL\_ENERGY = TRUE no ficheiro “Global Parameter”) e/ou quando devido às características da bacia em estudo é considerado o processo de congelamento do solo (FROZEN\_SOIL = TRUE no ficheiro “Global Parameter”)

1949 04 05 1.2793 0.7832 0.0000 0.2945 0.0000 14.9114 46.1990 123.8160 11.5400 0.3619 0.0991 0.0000 0.0000 0.2810 0.4461 83.0749 -9.3150 0.8264 94.9987 293.0051 0.4239 9.8100
1949 04 06 0.0000 0.1865 0.0000 0.2938 0.0000 14.9098 46.1967 123.8290 17.3137 -0.9046 0.0000 0.0000 0.0000 0.0292 0.1272 129.9997 -9.2973 0.7824 84.9710 220.4947 -1.9841 1.9000
1949 04 07 0.0000 0.0551 0.0000 0.2991 0.0000 14.9024 46.1894 123.2426 21.0239 6.8730 0.0000 0.0000 0.0000 0.0010 0.0841 209.3218 -9.8244 0.7761 85.7302 228.0580 -3.2724 1.9100
1949 04 08 0.0000 0.9959 0.0000 0.2924 0.0000 14.9979 46.1921 122.9970 23.0421 6.7139 0.0000 0.0000 0.0000 0.0471 0.3139 97.9051 -4.4213 0.7596 87.3699 224.9790 -1.9556 2.9100
1949 04 09 0.0000 0.1204 0.0000 0.2919 0.0000 14.9624 46.1909 122.4700 20.8422 19.1641 0.0000 0.0000 0.0000 0.1146 134.0113 -4.1414 0.7454 86.2601 222.2694 -1.7619 1.2400
1949 04 10 3.9500 0.2880 0.0000 0.2911 0.1414 14.8880 46.1873 122.3576 12.2147 4.8519 0.1132 0.0000 0.0000 0.2838 0.2088 200.1822 -0.7541 0.7463 85.0249 232.8594 0.8761 1.2500
1949 04 11 3.1750 0.7445 0.0000 0.2904 0.0000 14.8246 46.1832 122.1540 12.3341 4.1439 0.2309 0.0000 0.0000 0.1396 0.3234 97.2464 -1.7092 0.7714 83.2426 234.1210 1.8241 2.4300
1949 04 12 0.1000 0.6396 0.0000 0.2897 0.0000 14.8032 46.1820 121.8110 11.9468 3.8966 0.0101 0.0000 0.0000 0.0993 0.8292 48.2472 -1.6377 0.7520 83.9712 230.7799 -0.5855 3.3200
1949 04 13 0.0280 0.2682 0.0000 0.2891 0.0000 14.8738 46.1804 121.8387 11.2299 1.6322 0.0023 0.0000 0.0000 0.0426 0.2233 104.9743 -3.8548 0.7466 84.8390 236.8118 -1.0207 1.1200
1949 04 14 0.0000 0.2439 0.0000 0.2884 0.0000 14.8714 46.1780 121.2371 12.2490 8.8942 0.0000 0.0000 0.0000 0.0322 0.2112 66.4342 -3.7392 0.6944 84.6391 224.4327 -1.2423 1.9300
1949 04 15 0.0000 0.1487 0.0000 0.2878 0.0000 14.9074 46.1768 120.9761 28.0639 20.8029 0.0639 0.0000 0.0000 -0.0039 0.1101 109.8776 -1.7494 0.6174 89.4054 232.8184 1.1910 1.9700
1949 04 16 0.0000 0.2794 0.0000 0.2871 0.0000 14.9740 46.1842 120.6930 34.3787 16.1472 0.1139 0.0000 0.0000 -0.0322 0.1937 88.0984 -0.8746 0.6696 86.0003 240.0490 1.1977 1.7300
1949 04 17 0.2800 0.1667 0.1423 0.2864 0.0000 14.9923 47.1718 120.4192 18.7870 27.8812 0.1593 0.0000 0.0000 -0.0022 0.0796 176.8842 -0.3710 0.8264 87.7804 269.4924 1.1781 0.6500
1949 04 18 0.1300 0.1584 0.1362 0.2858 0.0000 14.9458 46.1849 120.1670 11.1497 11.2942 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0048 0.1291 49.4599 0.0000 0.4756 89.4442 249.0222 4.2615 1.3700
1949 04 19 13.0000 0.9959 0.1732 0.2853 0.0000 14.8242 46.1873 120.0137 9.4988 -1.0354 0.1053 0.0000 0.0000 0.1381 0.4973 85.7301 -2.0539 0.7593 89.3300 270.4754 -0.3239 2.9300
1949 04 20 14.4230 0.7148 0.0262 0.2850 0.0000 13.8742 46.4941 119.5498 10.4332 -2.1841 0.0000 0.0000 0.0000 0.2349 0.4800 114.9933 -3.1414 0.8468 83.3294 234.1573 -1.9209 1.0600
1949 04 21 4.6300 0.6860 0.0000 0.2849 0.0000 14.7801 46.4880 119.9300 9.1391 -0.7747 0.0000 0.0000 0.0000 0.1471 0.3189 118.8428 -4.9708 0.8493 88.0246 234.6420 -0.8784 0.0200
1949 04 22 7.8000 0.1549 0.0000 0.2848 0.0000 13.6763 46.4844 119.8386 10.5022 -1.1262 0.0000 0.0000 0.0000 0.0476 0.0873 328.4398 -3.8011 0.6491 85.6587 249.3028 -2.8659 1.0900
1949 04 23 13.1800 0.4782 0.1143 0.2845 0.0000 14.2842 46.4399 119.4609 12.2120 -0.0461 0.0000 0.0000 0.0000 0.1831 0.2981 142.7270 -1.1448 0.8451 82.3213 231.4619 -1.2272 2.2000
1949 04 24 9.7500 0.6380 0.0141 0.2842 0.0000 14.1902 46.4329 119.5461 11.0284 -1.8828 0.0000 0.0000 0.0000 0.1492 0.2928 194.8649 -1.4243 0.8455 87.0689 237.8757 -0.9998 1.9500
1949 04 25 15.0000 0.2088 0.0000 0.2838 0.0000 14.9454 46.1927 119.4030 11.1497 -1.2942 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0048 0.1291 49.4599 0.0000 0.4756 89.4442 249.0222 4.2615 1.3700
1949 04 26 0.0000 0.0363 0.0000 0.2833 0.0000 14.0416 46.2421 119.2393 12.1491 1.0497 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0248 0.0717 237.0977 -2.1309 0.8264 82.9877 234.8748 -0.1419 1.8100
1949 04 27 2.4230 0.0970 0.2096 0.2831 0.0000 13.2728 46.4902 119.0894 14.7904 9.4990 0.0812 0.0000 0.0000 0.0000 0.0016 490.8812 0.0000 0.7502 94.2192 268.7699 2.8287 0.6300
1949 04 28 8.0000 1.1675 0.4318 0.2827 0.1414 14.0566 46.3817 119.9942 15.4927 13.7555 0.8394 0.0000 0.0000 0.0404 0.2947 40.8758 -0.1462 0.6319 80.3317 269.9495 2.5845 2.8000
1949 04 29 3.3500 1.2024 0.1241 0.2829 0.0000 17.3996 31.1100 119.1838 11.9789 3.0332 0.3097 0.0000 0.0000 0.2167 0.6800 37.2921 -2.8328 0.7639 66.3470 264.1231 -0.8189 3.8700
1949 04 30 0.0780 0.3913 0.0000 0.2833 0.0000 14.9401 31.1464 119.5076 9.1992 -0.8346 0.0000 0.0000 0.0000 0.1441 0.2473 133.0893 -3.7894 0.8462 72.1854 260.0031 -2.4099 2.6900
1949 05 01 10.3000 0.9200 0.0000 0.2830 0.0000 14.7104 31.0894 119.3444 9.7076 -0.1696 0.0000 0.0000 0.0000 0.1911 0.4279 129.9792 -9.3051 0.9191 78.4000 249.1919 -2.3429 2.9900
1949 05 02 12.9780 0.8952 0.0000 0.2833 0.0000 14.0384 30.9493 119.2015 9.2141 -0.7761 0.0000 0.0000 0.0000 0.2119 0.3699 115.4937 -4.0379 0.8455 72.0000 232.3597 -2.7019 1.0500
1949 05 03 3.8500 0.3094 0.0000 0.2833 0.0000 14.6424 30.8899 119.2296 7.4934 -1.7873 0.0000 0.0000 0.0000 0.1818 0.3183 120.1340 -4.7080 0.8494 47.7509 236.4291 -1.8424 2.9300
1949 05 04 0.0000 0.0830 0.0000 0.2831 0.0000 14.8807 30.7873 119.1307 14.9028 -0.4834 0.0000 0.0000 0.0000 0.0447 0.0893 226.8810 -4.9400 0.8497 61.8720 219.8009 -4.0639 1.8800
1949 05 05 0.0000 -0.0571 0.0004 0.2829 0.0000 14.2766 30.7899 119.0193 11.4009 8.4773 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0496 0.0933 206.9995 -3.8460 0.8289 56.6237 229.1890 -0.3972 1.0500
1949 05 06 0.0000 0.4683 0.3764 0.2824 0.1791 17.3209 31.2344 118.8940 31.5937 31.7644 0.8219 0.0000 0.0000 -0.0417 0.0244 48.4119 -0.0119 0.5906 63.5473 246.0534 1.8448 1.9700
1949 05 07 0.0000 0.1338 1.4841 0.2825 0.0000 19.0499 30.5214 119.2369 28.0010 78.8274 0.1791 0.0000 0.0000 0.0087 38.2894 0.0000 0.2213 88.8552 262.8748 7.4834 1.9200
1949 05 08 0.0000 2.4877 0.4474 0.2822 0.0000 22.3811 30.7873 122.9778 40.2449 78.0593 0.0000 0.0000 0.0000 0.0132 32.9782 0.0000 0.2268 84.7440 270.7978 7.8291 2.0400
1949 05 09 0.0000 0.0300 0.4811 0.2827 0.0000 21.2149 44.1317 121.4274 41.1204 78.1043 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0044 0.0000 29.9003 0.0000 0.2124 44.8923 242.2487 1.1267 1.2300
1949 05 10 0.0000 0.0142 4.4977 0.3110 0.0000 24.9454 48.4044 124.5454 44.9369 81.9442 0.0000 0.0000 0.0000 0.0182 31.2910 0.0000 0.2189 84.7321 244.1019 4.4607 2.1500
1949 05 11 0.0000 -0.0102 5.9446 0.3221 0.0000 26.0749 78.2382 145.5707 46.9098 90.4511 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0102 38.2248 0.0000 0.2157 85.4551 249.0232 6.1996 1.7600
1949 05 12 0.0000 -0.0262 7.0181 0.3400 0.0000 24.6399 76.3999 138.3396 44.2030 89.7043 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0262 39.3739 0.0000 0.2129 84.9943 273.2937 10.0747 1.7000
1949 05 13 0.0000 -0.0889 7.4236 0.3923 0.0000 28.8928 78.1892 172.8393 50.0619 89.1043 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0889 48.1482 0.0000 0.2103 83.5813 246.8114 8.2418 1.7800
1949 05 14 0.0000 -0.0302 6.1380 0.4239 0.0000 29.9491 82.4837 189.6390 50.7622 101.0927 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0302 44.4831 0.0000 0.2079 81.2515 272.3959 8.4964 1.0400
1949 05 15 0.0000 -0.1232 8.2939 0.4474 0.0000 29.9519 81.7475 204.2170 51.0998 92.0592 0.0000 0.0000 0.0000 -0.1232 34.9311 0.0000 0.2057 84.7440 270.7978 7.8291 2.0400
1949 05 16 0.4750 0.6990 0.4054 0.5287 0.1380 27.6249 83.4214 221.4274 41.1204 78.1043 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0424 0.0440 19.4640 0.0000 0.2413 89.3358 234.3030 1.0207 3.9500
1949 05 17 0.8000 0.8764 1.4860 0.6061 0.5871 29.4403 89.1844 231.8498 14.3943 24.8367 0.3444 0.0000 0.0000 -0.0333 0.2440 38.4900 -0.1274 0.4344 88.9911 291.2448 2.4991 2.3400
1949 05 18 0.0250 0.1149 1.4993 0.5978 0.5012 29.4987 78.2513 237.9403 15.2322 29.5797 0.0116 0.0000 0.0000 -0.0627 0.1639 29.2322 0.0000 0.4697 89.0240 271.3941 3.8172 0.9000
1949 05 19 0.8500 0.4140 3.0643 0.6720 0.5872 27.1276 79.2834 244.2025 11.3781 47.2877 0.3797 0.0000 0.0000 -0.0393 0.0646 36.2808 0.0000 0.3980 82.2770 279.8943 6.0007 1.4800

Fonte: Extracto do ficheiro fluxes\_48.5625\_-120.9375 do exemplo STEHEKIN disponível em

<http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>

Figura 3.8 – Exemplo de um ficheiro de resultados (“Flux File”) criado pelo modelo VIC

O modelo VIC cria um ficheiro de saída para cada célula da grelha. O nome destes ficheiros obedece à seguinte estrutura:

“fluxes\_xx.yy.yy” (exemplo: fluxes\_48.5625\_-120.9375)

onde xx.xx é a latitude e yy.yy é a longitude.

O número de casas decimais utilizados para a latitude e longitude é fixado pelo parâmetro GRID\_DECIMAL no ficheiro “global parameter”. Os valores da latitude e longitude do centro de gravidade de cada uma das células da grelha são fornecidos ao modelo no ficheiro dos parâmetros dos solos (vide Capítulo 3.2.5).

### 3.3.3 Informação enviada para o ecrã

Durante o processo de simulação, o modelo VIC envia diversas mensagens para o ecrã relativas ao estado da simulação, avisos e erros. A quantidade de informação enviada para o ecrã é controlada pelo parâmetro VERBOSE no ficheiro `user_def.h` (Capítulo 3.2.3). É recomendável que esta informação seja também escrita num ficheiro log, para posterior análise do comportamento do modelo. Para tal, quando o modelo é executado, a instrução deverá ter a seguinte estrutura:

```
vicNI -g global_parameter_filename >& log.txt
```

onde: `global_parameter_filename` = nome do ficheiro “global parameter” correspondente ao projecto e `log.txt` o nome do ficheiro log onde serão escritas as mensagens enviada para ecrã durante a simulação.

## 3.4 PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DE SAÍDA DO MODELO VIC

### Agregação temporal: conversão dos resultados finais horários em diários

Quando o modelo VIC é executado para simular processos hidrológicos com passo de tempo sub-diário, por defeito os ficheiros de saída serão escritos também com passo de tempo sub-diário. Esta característica conduz à produção de um volume elevadíssimo de dados, que na maioria das situações não são relevantes para análise do sistema hidrológico. Para solucionar este problema, no ficheiro “global parameter” deverá ser especificado que `OUT_STEP = 24` (Capítulo 3.2.2). Neste caso, o modelo VIC irá agregar os dados sub-diários em dados diários antes de escrever os resultados nos ficheiros de saída, quando utilizador

Nas situações em que resultados sub-diários são relevantes sendo também necessário agregá-los em diários, uma alternativa é a utilização dos scripts disponibilizados no site do modelo VIC:

<http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/Documentation/TemporalAggregation.shtml>).

Existem também scripts que possibilitam a agregação espacial dos dados de entrada e de saída do modelo VIC.

## 4 MODELO ROUTING

### 4.1 FICHEIROS DE ENTRADA DO MODELO ROUTING

#### 4.1.1 Ficheiro de entrada "SETUP"

Os dados de entrada do modelo ROUTING são organizados em diversos ficheiros. O ficheiro de entrada "SETUP" contém as pastas e os nomes dos ficheiros dos parâmetros assim como alguns parâmetros requeridos pelo modelo. Quando o modelo Routing é executado, o nome do ficheiro de entrada é passado como um argumento da linha de comando:

```
./rout <infile>
```

Na Figura 4.1 apresenta-se a estrutura e um exemplo dum ficheiro de entrada do modelo ROUTING.

MAIN TITLE	# INPUT FILE FOR THE COLUMBIA
TEXT	BASIN.
<flow direction file>	# NAME OF FLOW DIRECTION FILE
TEXT	direc.cmb
boolean (.TRUE. or .FALSE.)	# NAME OF VELOCITY FILE
<flow velocity file> or float	.false.
TEXT	1.5
boolean (.TRUE. or .FALSE.)	# NAME OF DIFF FILE
<diffusion file> or float	.false.
TEXT	800
boolean (.TRUE. or .FALSE.)	# NAME OF XMASK FILE
<xmask file> or float	.false.
TEXT	25000
boolean (.TRUE. or .FALSE.)	# NAME OF FRACTION FILE
<contributing fraction file> or float	.true.
TEXT	./rout_input/fraction.cmb
station location file	# NAME OF STATION FILE
TEXT	stations.cmb
location of vic input files and prefix	# PATH OF INPUT FILES AND
No. of decimal places used in VIC input	PRECISION
filenames	./vic/vic_out/fluxes_
TEXT	3
output directory	# PATH OF OUTPUT FILES
TEXT	rout_out/
start and stop year/month of the VIC	# MONTHS TO PROCESS
simulation	1969 1 1979 12
first and last year/month to write output	1969 1 1979 12
TEXT	# NAME OF UNIT HYDROGRAPH FILE
<unit hydrograph file>	uh_all

Fonte: <http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>.

Figura 4.1 – Estrutura e exemplo dum ficheiro de entrada "setup" do modelo Routing

No ficheiro "Setup" são definidos os nomes dos seguintes ficheiros de parâmetros:

- Ficheiro da direcção de escoamento ("*Flow Direction File*")
- Ficheiro da velocidade de escoamento ("*Flow Velocity File*") – ficheiro opcional
- Ficheiro da difusão do escoamento ("*Flow Diffusion File*") – ficheiro opcional
- Ficheiro Xmask – ficheiro opcional
- Ficheiro Fracção ("*Fraction File*") – ficheiro opcional
- Ficheiro dos pontos de controlo ("*Station Location File*")
- Ficheiro hidrograma unitário ("*UH File*")

Quando um ficheiro opcional não é fornecido ao modelo, em sua substituição deverá ser fornecido um valor constante, conforme o exemplo da Figura 4.1.

No ficheiro “setup” é ainda definida a pasta e o prenome dos ficheiros criados pelo modelo VIC, a pasta onde serão guardados os ficheiros de saída do modelo ROUTING, o início e fim do período da simulação, conforme a estrutura e o exemplo apresentados na Figura 4.1.

#### 4.1.2 Ficheiro da direcção de escoamento (“*Flow Direction File*”)

O ficheiro da direcção do escoamento estabelece a ligação entre as células da grelha. O escoamento superficial e de base simulados numa célula pelo modelo VIC são na sua totalidade direccionados para uma única célula.

A direcção do escoamento é dada por um número inteiro:

- 1            norte
- 2            nordeste
- 3            este
- 4            sudeste
- 5            sul
- 6            sudoeste
- 7            oeste
- 8            noroeste

O formato do ficheiro é em ASCII com uma estrutura matricial (grelha). As seis primeiras linhas do ficheiro contêm informação quanto à estrutura e georreferenciação da grelha: número de colunas (ncols); número de linhas (nrows); latitude da célula do canto inferior esquerdo (xllcorner); longitude da célula do canto inferior esquerdo (yllcorner); tamanho da célula em graus (cellsize), valor reservado para identificar uma célula fora do limite da bacia (NODATA-value).

Na Figura 4.2 apresenta-se um exemplo dum ficheiro da direcção de escoamento.

```

ncols          22
nrows         20
xllcorner     -97.000
yllcorner     38.000
cellsize      0.50
NODATA_value  0
0 0 0 5 5 5 5 6 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 4.0 4.0 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 5 3 5 5 5 7 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 5 4.0 5 5 5 5 6 7 5 5 5 7 5 0 0 0 0 0 0 0
0 0 5 4.0 5 4 5 5 7 7 5 5 5 7 5 5 0 0 0 0 0 0
4.0 5 7 4.0 3 5 5 7 5 5 7 4 5 6 0 0 0 0 0 0 0
4.0 3 4.0 4.0 5 5 5 5 7 7 4 5 6 0 0 0 0 0 0 0
0 4.0 4.0 3 1 2 4.0 4 5 7 5 5 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 5 4 5 1 8 4 5 4.0 5 5 5 5 6 5 0 0 0 0 0 0
0 0 0 3 4 5 5 4 5 4 3 5 6 7 5 5 7 0 0 0 0 0 0
0 0 0 4 3 5 3 4.0 4 3 4 3 5 5 7 7 0 0 0 0 0 0
0 0 0 4.0 5 4.0 4 3 4.0 4 5 5 5 7 7 0 0 0 0 0
0 0 0 0 4.0 4.0 4.0 4.0 4 3 3 5 7 5 5 6 0 5 7
0 0 0 0 0 4.0 5 4 5 5 5 2 7 6 9 5 7 7 7 7 7
0 0 0 0 0 0 0 0 4.0 4 5 7 5 6 7 1 7 1 7 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 3 4.0 5 5 5 7 7 6 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 4.0 5 7 1 7 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 3 4 5 7 7 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 4.0 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

Fonte: <http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>.

Figura 4.2 – Exemplo de um ficheiro da direcção de escoamento (“Flow Direction File”)

O valor 9 deve ser usado para indicar as células de saída de caudal.

#### 4.1.3 Ficheiro da velocidade de escoamento (“Flow Velocity File”)

Este ficheiro contém os valores da velocidade de escoamento, expressa em  $m\ s^{-1}$ , requeridos para a componente de propagação da onda em canais. A criação deste ficheiro permite diferenciar a velocidade de escoamento na rede de canais.

O formato do ficheiro é em ASCII com uma estrutura matricial (grelha). As seis primeiras linhas do ficheiro contêm informação quanto à estrutura e georreferenciação da grelha: número de colunas (ncols); número de linhas (nrows); latitude da célula do canto inferior esquerdo (xllcorner); longitude da célula do canto inferior esquerdo (yllcorner); tamanho da célula em graus (cellsize), valor reservado para identificar uma célula fora do limite da bacia (NODATA-value).

Na Figura 4.3 apresenta-se um exemplo de um ficheiro da velocidade de escoamento.

```

ncols      22
nrows     20
xllcorner -97.000
yllcorner  38.000
cellsize   0.50
NODATA_value 0
0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1
0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
  
```

Fonte: <http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>.

Figura 4.3 – Exemplo de um ficheiro da velocidade de escoamento (“Flow Velocity File”)

Quando o ficheiro não é construído, a velocidade de escoamento é definida no ficheiro “setup” do modelo ROUTING e terá o mesmo valor em todas as células.

#### 4.1.4 Ficheiro dos coeficientes de difusão do escoamento (“Flow Diffusion File”) – ficheiro opcional

Este ficheiro contém os valores do coeficiente de difusão ( $m^2 s^{-1}$ ), necessário para modelação da propagação do escoamento em canais.

O formato do ficheiro é em ASCII com uma estrutura matricial (grelha). As seis primeiras linhas do ficheiro contêm informação quanto à estrutura e georreferenciação da grelha: número de colunas (ncols); número de linhas (nrows); latitude da célula do canto inferior esquerdo (xllcorner); longitude da célula do canto inferior esquerdo (yllcorner); tamanho da célula em graus (cellsize), valor reservado para identificar uma célula fora do limite da bacia (NODATA-value).

Na Figura 4.4 apresenta-se um exemplo de um ficheiro dos coeficientes de difusão.

```

ncols      22
nrows     20
xllcorner  -97.000
yllcorner  38.000
cellsize   0.50
NODATA_value  0
0 0 0 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0
0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0
1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0
1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0
0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0
0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0
0 0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0
0 0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0
0 0 0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 1000 1000
0 0 0 0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000
0 0 0 0 0 0 0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1000 1000 1000 1000 1000 1000 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1000 1000 1000 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

Fonte: <http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>.

Figura 4.4 – Exemplo de um ficheiro dos coeficientes de difusão (“Flow Diffusion File”)

À semelhança do ficheiro da velocidade de escoamento, o ficheiro dos coeficientes de difusão é também opcional. Em sua substituição, pode ser fornecido um único valor no ficheiro “setup”, que será utilizado pelo modelo routing em todas as células da grelha.

#### 4.1.5 Ficheiro Xmask – ficheiro opcional

Os tamanhos das células (expresso em m) da grelha podem ser fornecidos ao modelo ROUTING através do ficheiro xMask. Quando este ficheiro não é construído, o modelo assume que todas as células têm o mesmo tamanho, sendo este parâmetros fornecido no ficheiro SETUP.

O formato do ficheiro é em ASCII com uma estrutura matricial (grelha). As seis primeiras linhas do ficheiro contêm informação quanto à estrutura e georreferenciação da grelha: número de colunas (ncols); número de linhas (nrows); latitude da célula do canto inferior esquerdo (xllcorner); longitude da célula do canto inferior esquerdo (yllcorner); tamanho da célula em graus (cellsize), valor reservado para identificar uma célula fora do limite da bacia (NODATA-value).

Na Figura 4.5 apresenta-se um exemplo de um ficheiro Xmask.



latitude da célula do canto inferior esquerdo (xllcorner); longitude da célula do canto inferior esquerdo (yllcorner); tamanho da célula em graus (cellsize), valor reservado para identificar uma célula fora do limite da bacia (NODATA-value).

Na Figura 4.7 apresenta-se um exemplo de um ficheiro fracção.

```
ncols      22
nrows     20
xllcorner -97.000
yllcorner  38.000
cellsize   0.50
NODATA_value 0.00
0.00 0.00 0.00 0.11 0.38 0.63 0.65 0.33 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.78 1.00 1.00 1.00 0.83 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.64 1.00 1.00 1.00 1.00 0.87 0.35 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.83 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.93 0.73 0.90 0.64 0.39 0.49 0.44 0.33 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.90 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.91 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
1.00 0.99 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.75 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.52 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.29 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.57 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.98 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.57 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.73 0.21 0.40 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.26 0.82 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.56 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.41 0.99 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.82 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.34 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.84 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.57 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.96 0.15 0.00 0.28 0.28
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.48 0.97 0.99 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.88 0.83 0.65 0.43
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.53 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.91 0.99 0.65 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.13 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.42 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.93 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.42 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.52 0.86 1.00 1.00 0.87 0.56 0.30 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.31 0.57 0.05 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
```

Fonte: <http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/>.

Figura 4.7 – Exemplo de um ficheiro fracção (“Fraction File”)

#### 4.1.7 Ficheiro dos pontos de controlo (“Station Location File”)

O ficheiro dos pontos (ou estações) de controlo identifica as células da grelha para as quais deverão ser produzidos os hidrogramas de escoamento. O modelo permite a definição de qualquer número de estações no interior da bacia e um único ponto terminal de agregação do escoamento (saída de caudal) por bacia.

O ficheiro é escrito em ASCII. Cada linha com os dados duma estação de controlo é seguida de outra linha que informa o modelo ROUTING se para aquela estação foi ou não gerado um ficheiro uh\_s. Se não (“NONE”), o modelo ROUTING irá gerar um ficheiro uh\_s na presente directoria, caso contrário o modelo irá ler o ficheiro uh\_s definido.

A linha com os dados de localização dos pontos de controlo apresenta a seguinte estrutura colunar:

- a primeira coluna (número inteiro 1 ou 0) informa o modelo se a estação é activa (1) ou não (0);
- na segunda coluna é guardado o nome da estação que será usado em todos os ficheiros de saída do modelo ROUTING (os primeiros 5 caracteres são usados para formar a raiz dos ficheiros de saída);
- na terceira coluna, é guardado o número da coluna, contada a partir da esquerda, onde fica localizada a estação;
- na quarta coluna, é guardado o número da linha, contada a partir do fundo, onde fica localizada a estação; e
- a quinta coluna está reservada para guardar a área da bacia (presentemente, este dado não é utilizado).

Na Figura 4.8 apresenta-se um exemplo de um ficheiro dos pontos (ou estações) de controlo.

```

1 UPMIS          14  2  -9999
NONE
1 WISCR          14 11  -9998
WISCR.uh_s
1 ANOKA          8 15  -9998
store/ANOKA.uh_s

```

Figura 4.8 – Exemplo de um ficheiro dos pontos (ou estações) de controlo (“Station Location File”)

#### 4.1.8 Ficheiro hidrograma unitário (“UH File”)

Este ficheiro (de extensão uh\_s) guarda a função de resposta a impulso unitário.

Na Figura 4.9 apresenta-se um exemplo de um ficheiro hidrograma unitário (o somatório da segunda coluna tem de ser igual a 1).

```

0  0.0100
1  0.2400
2  0.3300
3  0.1800
4  0.1200
5  0.0500
6  0.0200
7  0.0100
8  0.0100
9  0.0100
10 0.0100
11 0.0100

```

Figura 4.9 – Exemplo de um ficheiro do hidrograma unitário (“Station Location File”)

Este ficheiro poderá ser usado sem modificações, quando a modelação o processo hidrológico é efectuado apenas para se obterem caudal mensais.

#### 4.1.9 Os ficheiros das séries temporais de escoamento gerados pelo modelo VIC

As séries temporais, com passo de tempo diário, do escoamento superficial e de base produzidos ao nível de cada uma das células da grelha que formam a bacia, são fornecidas ao modelo ROUTING através de um conjunto de ficheiros (um por célula) em ASCII. Este conjunto de ficheiros tem por base a estrutura dos ficheiros de saída “flux” criados pelo modelo VIC.

São ficheiros escritos em ASCII com a estrutura e formato apresentadas no

Quadro 4.1:

Quadro 4.1 – Estrutura e formato ficheiros das séries temporais de escoamento gerados pelo modelo VIC

Coluna	Variável	Unidades	Formato	Descrição
1	year	ano	YYYY (4 dígitos)	Ano
2	month	mês	MM (2 dígitos)	Mês
3	day	dia	DD (2 dígitos)	Dia
4	SKIP	mm		Esta coluna corresponde aos valores diários da precipitação e é ignorada pelo modelo ROUTING
5	SKIP	mm		Esta coluna corresponde aos valores diários da evaporação e é ignorada pelo modelo ROUTING
6	OUT_RUNOFF	mm dia <sup>-1</sup>		Escoamento superficial
7	OUT_BASEFLOW	mm dia <sup>-1</sup>		Escoamento de base
...	-	-	-	O ficheiro poder ter mais colunas (com resultados do modelo VIC) mas que são ignoradas pelo modelo ROUTING

## 4.2 RESULTADOS DO MODELO ROUTING

### 4.2.1 Ficheiros de saída do modelo ROUTING

Para cada ponto ou estação de controlo (definidas nos dados de entrada no ficheiro pontos de controlo, “*Station Location File*”), o modelo ROUTING cria três ficheiros de saída em ASCII:

- Caudais diários simulados – dia (“*station.day*”; formato: YYYY MM DD) e caudal simulado na estação de controlo (“*station.day\_mm*”) expresso em cfs (pé cubico por segundo) ou em mm sobre a bacia;
- Caudais mensais simulados - mês (“*station.month*”; formato: YYYY MM), caudal simulado na estação de controlo (*station.month\_mm*) expresso em cfs (pé cubico por segundo) ou em mm sobre a bacia;
- Caudais anuais simulados - ano (“*station.year*”; formato: YYYY), caudal simulado na estação de controlo (*station.month\_mm*) expresso em cfs (pé cubico por segundo) ou em mm sobre a bacia;

### 4.2.2 Informação enviada para o ecrã

Durante o processo de simulação, o modelo ROUTING envia a seguinte informação para o ecrã:

- Número de dias e meses simulados ;
- Para cada ponto ou estação de controlo definida nos dados de entrada:
  - o número de células a montante da estação de controlo;
  - a abertura do ficheiro hidrograma unitário (*uh\_s*);
- Para cada célula a montante dum ponto ou estação de controlo:
- Nome da respectiva série de escoamento (ficheiro de resultados do modelo VIC);
- Mensagens de alertas ou de erros encontrado durante o processo de simulação (como sejam ficheiros em falta; erros de formato dos ficheiros de entrada, etc.)

A informação que é enviada para o ecrã pode guardada num ficheiro log.. Para tal, quando o modelo é executado, a instrução deverá ter a seguinte estrutura:

```
rou input_filename >& log.txt
```

onde: input\_filename = nome do ficheiro de entrada "SETUP" correspondente ao projecto e log.txt o nome do ficheiro log onde serão escritas as mensagens enviada para ecrã durante a simulação.

## 5 APRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS

Os resultados do modelo VIC podem ser facilmente representados graficamente através dos programas informáticos: S-PLUS (ou R) ou do GMT script.

Foram desenvolvidos um conjunto de scripts, para o programa S-PLUS (que também correm na plataforma R), que permitem visualizar rapidamente os principais resultados do modelo VIC. A livreria completa dos scripts desenvolvidos (R\_plot\_scripts.tgz) pode ser obtida na página:

<http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/SourceCode/Download.shtml>

No Quadro 5.1 identificam-se os principais scripts da livreria criada para o programa S-PLUS, normalmente utilizados na análise e representação gráfica dos resultados do modelo VIC.

*Quadro 5.1 – Principais scripts desenvolvidos para Splus (ou R) para visualização dos resultados do modelo VIC*

Nome da Função	Descrição
compare.results.s	Este script lê os resultados de duas simulações e cria um ficheiro onde escreve as duas séries de valores simulados, a série temporal das diferenças entre os valores simulados e representa o gráfico de dispersão dos valores simulados.
func.plot.compare.nottime.s	Este script considera duas séries temporais e produz dois gráficos: 1) a representação gráfica das duas séries temporais e 2) a representação gráfica da série temporal das suas diferenças
func.plot.scatter.compare.s	Este script considera duas séries temporais e produz o gráfico de dispersão dos valores simulados
func.read.flux.files.s	Este script lê o ficheiro de saída "flux" do modelo VIC e devolve as séries temporais de cada uma das variáveis como componentes numa lista.
func.read.snow.files.s	Sem interesse para a área de estudo
func.read.fdepth.files.s	

No âmbito deste Projecto foi desenvolvido um programa em VBA, especificamente para área de estudo, para leitura das séries temporais com passo de tempo diário dos ficheiros de resultados criados por defeito pelo modelo VIC. Este programa permite dos valores diários em valores mensais e anuais. O programa permite ainda a visualização espacial dos valores anuais para qualquer um dos anos simulados.

O modelo criado lê as seguintes séries dos ficheiros de resultados do modelo VIC:

- Precipitação
- Evapotranspiração
- Escoamento superficial;
- Escoamento de Base;
- Água interceptada pelo copado;
- Quantidade de água na primeira camada do solo;
- Quantidade de água na segunda camada do solo;
- Quantidade de água na terceira camada do solo



## 6 CALIBRAÇÃO

### 6.1 NOTAS GERAIS

Embora alguns dos parâmetros requeridos para a modelação hidrológica com os modelos VIC e ROUTING sejam obtidos com base em observações de satélite e levantamentos de campo, alguns desses parâmetros são bastante variáveis no espaço e as avaliações *in situ* não são suficientes para se obter valores representativos de grandes áreas (> 1 km). Por outro lado, algumas variáveis têm um significado mais conceptual (como sejam as profundidades das camadas do solo) do que significado físico. Para estes parâmetros, é necessário fazer suposições sobre os seus valores ou calibrá-los

O processo de calibração é, na maioria dos casos de estudo, feito apenas para o modelo VIC. Esta simplificação deve-se ao facto dos modelos VIC e ROUTING serem utilizados fundamentalmente para estimar caudais mensais de grandes bacias hidrográficas, não sendo por isso necessário uma precisão muito grande nos parâmetros requeridos pelo modelo de propagação.

Parâmetros como a direcção de escoamento e fracção da célula dentro da bacia são determinados a partir do modelo digital do terreno, existindo ferramentas de cálculo automático desenvolvidas para o efeito. Para os outros parâmetros como sejam a velocidade de escoamento, difusividade e o hidrograma unitário, é aconselhável a adopção de valores físicos razoáveis, sem recurso à calibração.

Lohmann *et al.* (1996) na modelação efectuada para a bacia Wese (na Alemanha) refere valores da velocidade de escoamento entre 1 e 3 m s<sup>-1</sup> e valores da difusividade no intervalo entre 200 e 4000 m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>.

Nijssen *et al.* (1997) refere valores de velocidade de escoamento entre 0,5 e 2,0 m s<sup>-1</sup> na bacia Columbia e de 1,0 m s<sup>-1</sup> para a bacia Delaware.

Quando a modelação hidrológica é efectuada para se obterem caudais mensais, considera-se aceitável adoptar para a difusividade um valor constante de 800 m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> e para a velocidade um valor constante de 1,5 m s<sup>-1</sup>.

Nos estudos onde se quer obter caudais diários é necessário proceder à calibração dos parâmetros: velocidade de escoamento, difusividade e do hidrograma unitário do modelo ROUTING, para a qual deverá ser seguida a metodologia proposta em Lohmann *et al.* (1996, 1998a, 1998b).

De um modo geral, a calibração dos modelos hidrológicos é efectuada com registos de caudais. Para tal é necessário executar o modelo ROUTING (recorrendo a estimativas adequadas dos parâmetros requeridos por este modelo) para converter o escoamento superficial e de base simulados pelo modelo VIC em caudais. A série de registos das vazões observadas deverá ser dividida em duas partes independentes, sendo uma utilizada para a calibração e a outra para o processo de validação.

Os parâmetros do modelo VIC podem também ser calibrados utilizando observações *in situ* do teor de humidade do solo, da altura da camada de neve, da evapotranspiração. Neste caso, o modelo VIC é calibrado sem ser necessário executar o modelo ROUTING: As imagens de satélite poderão também ser utilizadas para se obterem os valores dos parâmetros com os quais serão comparados os valores simulados durante o processo de calibração do modelo VIC.

## 6.2 CALIBRAÇÃO DO MODELO VIC

Embora o modelo de VIC tenha muitos parâmetros, é mais apropriado ajustar apenas alguns parâmetros durante o processo de calibração. Muitas vezes, a distinção baseia-se na medida em que os valores dos parâmetros podem ser realmente medidos ou observados. Os parâmetros que são mais comumente ajustados durante a calibração do modelo VIC são:

- **b\_infilt** [ $>0$  a  $\sim 0.4$ ] - este parâmetro descreve a forma da curva variável de infiltração, isto é descreve a capacidade de armazenamento da célula em função da fracção da área da célula que se encontra saturada. Um valor mais alto de b\_infilt traduz-se numa menor capacidade de armazenamento da célula em função da área saturada e consequentemente conduz a valores de escoamento mais elevados;
- **Ds** [ $>0$  a  $1$ ] – representa a fracção de Dsmax para a qual se inicia o escoamento de base não linear (aumentando rapidamente). Quanto maior o valor de Ds, maior será o escoamento de base para valores baixos do teor de humidade da última camada do solo;
- **Ws** [ $>0$  a  $1$ ] – é a fracção do teor máximo de água da camada inferior do solo, a partir da qual se inicia o escoamento de base não linear. Um valor alto de Ws traduz-se num aumento do teor de humidade do solo a partir do qual o escoamento de base aumenta rapidamente, retardando o pico do escoamento.
- **Dsmax** [ $>0$  a  $\sim 30$ ], representa o fluxo máximo de base (expresso em  $\text{mm dia}^{-1}$ ) que pode ocorrer a partir da camada inferior do solo, depende sobretudo da condutividade hidráulica do solo]; e
- **profundidade do solo** (de cada uma das camadas) [normalmente entre  $0.1$  a  $1.5$  m] - a profundidade das camadas do solo influencia muitas variáveis do modelo. De um modo geral, e para efeitos de escoamento, os solos profundos tendem a amortecer os caudais máximos (o escoamento de base é dominante) e a aumentar as perdas por evapotranspiração.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen R.G., M Smith. e Pereira L.S., (1998), *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper n° 56*. Roma (Itália), FAO. 300 pp.
- Anderson E.R., (1954), Energy-budget studies. USGS Prof Pap 269:71–119
- Blondin C., (1991), Parameterization of land-surface processes in numerical weather prediction, *in* Land Surface Evaporation: Measurements and Parameterization, edited by T. J. Schmugge and J. C. Andre, pp. 31-54, Springer-Verlag, New York.
- Boone A. e P.J. Wetzel, (1996), Issues related to low resolution modeling of soil moisture: Experience with the PLACE model. *Global and Plan. Change*, 13, 161-181.
- Bras R.L., (1990), *Hydrology: An Introduction to Hydrologic Science*, Addison-Wesley, Reading, MA, p. 643.
- Brooks R.H. e A.T. Corey, (1964), *Hydraulic Properties of Porous Media*. Colorado State University, Hydrology Paper n°3, 27 pp.
- Brooks R.H. e A.T. Corey, (1966), Properties of porous media affecting fluid flow. *J. Irrig. Drainage Division Am. Soc. Civil Eng.*, 92:61-88.
- Brutsaert W., (1975), On a derivable formula for long-wave radiation from clear skies. *Water Resour. Res.* 11, 742–744.
- Campbell G.S., (1974), A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. *Soil Sci.*, 117:311-314.
- Cherkauer, K.A. e D.P. Lettenmaier, (1999), Hydrologic effects of frozen soils in the upper Mississippi River basin, *J. Geophys. Res.*, 104(D16), 19,599-19,610.
- Deardorff J.W., (1978), Efficient prediction of ground surface temperature and moisture, with an inclusion of a layer of vegetation. *J. Geophys. Res.*, 83, 1889–1903.
- Dickinson, R.E., (1984), Modeling evapotranspiration for three-dimensional global climate models. *Climate Processes and Climate Sensitivity, Geophys. Monogr.*, No. 29, Amer. Geophys. Union, 58-72.
- Duband D., C. Obled e J. Rodriguez, (1993), Unit hydrograph revisited: an alternate iterative approach to UH and effective precipitation identification. *J. Hydrology*. 150, 115–149.
- Ducoudre N.I., K. Laval e A. Perrier, (1993), SECHIBA, a New Set of Parameterizations of the Hydrologic Exchanges at the Land Atmosphere Interface within the Lmd Atmospheric General-Circulation Model, *J. Clim.*, 6(2), 248-273.
- Franchini M. e M. Pacciani, (1991), Comparative-analysis of several conceptual rainfall runoff models, *Journal of Hydrology*, 122(1-4), 161-219.
- Fread D.L., (1993), Flow routing. In: Maidment, *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, New York.
- Idso S.B., (1981), A set of equations for full spectrum and 8 –14-m and 10.5–12.5-m thermal radiation from cloudless skies. *Water Resour. Res.* 17 (1), 295– 304.
- Kimball J.S., S.W. Running, e R.R. Nemani, (1997), An improved method for estimating surface humidity from daily minimum temperature, *Agr. Forest Meteorol.*, 85, 87-98.

- Liang X., D.P. Lettenmaier, (1994), A simple hydrologically based model of land-surface water and energy fluxes for general-circulation models, *J. Geophys. Res.*, 99(D7), 14415-14428.
- Liang X., E. F. Wood, e D. P. Lettenmaier, (1999), Modeling ground heat flux in land surface parameterization schemes, *J. Geophys. Res.*, 104(D8), 9581-9600.
- Liang X., E.F. Wood e D.P. Lettenmaier, (1999), Modeling ground heat flux in land surface parameterization schemes, *J. Geophys. Res.*, 104(D8), 9581-9600.
- Liang X., E.F. Wood, e D.P. Lettenmaier, (1996), Surface soil moisture parameterization of the VIC-2L model: Evaluation and modification, *Global Planet Change*, 13(1-4), 195-206.
- Lohmann D., B. Nijssen e D.P. Lettenmaier, (1998), Regional scale hydrology: I. Formulation of the VIC-2L model coupled to a routing model, *Hydrol. Sci. J.*, 43(1), 131-141.
- Lohmann D., E. Raschke, B. Nijssen, D.P. Lettenmaier, (1998), Regional scale hydrology: II. Application of the VIC-2L model to the Weser River, Germany. *Hydrol. Sci. J.*, 43(1): 143±158
- Lohmann D., R. Nolte-Holube and E. Raschke, (1996), A large scale horizontal routing model to be coupled to land surface parameterization schemes, *Tellus (48A)*, 708-721.
- Mesa, O.J. e E.R Mifflin, (1986). On the relative role of hillslope and network geometry in hydrologic response. *In: Scale Problems in Hydrology* (ed. V. K. Gupta, I. Rodriguez-Iturbe & E. F. Wood), 1-17. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, The Netherlands.
- Nijssen, B., D.P. Lettenmaier, X. Liang, W. Wetzel e E.F. Wood, (1997), Stream simulation for continental-scale river basins, *Water Resour. Res.*, 33(4), pp711-724.
- Prata A.J., (1996), A new longwave formula for estimating downwelling clear sky radiation at the surface. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 122, 1127–1151.
- Rodriguez J.Y. (1989), *Modélisation pluie-débit par la méthode DPFT*. Thèse de doctorat, Grenoble, France.
- Satterlund D.R., (1979), An improved equation for estimating longwave radiation from the atmosphere. *Water Resour. Res.*, 15, 1649–1650.
- Thornton, P.E. e S.W. Running, (1999), An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity, and precipitation, *Agr. Forest Meteorol.*, 93, 211-228.
- Todini E., (1996), The ARNO rainfall-runoff model, *Journal of Hydrology*, 175, 339-382.
- TVA, (1972), Heat and mass transfer between a water surface and the atmosphere. *Water Resources Report No. 0-6803* 14. Tennessee Valley Authority.
- Zhao R.J., Y.L. Zuang, L.R. Fang, X.R. Liu e Q.S. Zhang, (1980), The Xinanjiang model. *Hydrological Forecasting (Proceedings Oxford Symposium)*, IASH 129, 351-356.

**MANUAL DE UTILIZADOR DO  
ZAMBEZEDIF**

---

---



**CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO VIC (VARIABLE INFILTRATION CAPACITY) E  
ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS DIF (DYNAMIC INFORMATION FRAMEWORK)**

**RELATÓRIO FINAL**

**VOLUME III – MANUAL DE UTILIZADOR DO ZAMBEZEDIF**



# CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO VIC (VARIABLE INFILTRATION CAPACITY) E ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS DIF (DYNAMIC INFORMATION FRAMEWORK)

## VOLUME III – Manual de Utilizador do ZambezeDIF

### ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1-1
2	ESTRUTURA DA PÁGINA WEB .....	2-1
3	DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO DA PAGINA WEB .....	3-1
4	ESTRUTURA DA BASE DE DADOS EXTERNA.....	4-1
5	CONCLUSÃO .....	5-1



# CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO VIC (VARIABLE INFILTRATION CAPACITY) E ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS DIF (DYNAMIC INFORMATION FRAMEWORK)

## RELATÓRIO FINAL

### VOLUME III – Manual de Utilizador do ZambezeDIF

#### 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o previsto, foi elaborada uma plataforma para a estruturação e divulgação dos dados do projecto. Esta plataforma, designada ZambezeDIF inclui para além de uma estrutura Web implementada em *html*, com várias páginas *WEB* apresenta as principais áreas do projecto e os principais dados e resultados sob a forma gráfica, uma base de dados contendo todos dados recolhidos e tratados e os resultados de exploração do modelo VIC. A implementação em *html* permite uma fácil edição, com a ajuda de vários programas de edição livres, disponíveis para *download* na internet.

Pretendeu-se elaborar uma página de internet simples, clara e concisa, organizada em várias sub páginas de acordo com a estrutura do projecto. A informação disponível pretende ser um resumo dos dados e da metodologia usados ao longo deste projecto, sendo igualmente possível o acesso aos vários relatórios entregues desde o início deste estudo.

Devido ao volume de dados gerados e recolhidos ao longo do projecto e aos custos de armazenamento de toda esta informação na WEB, foi decidido construir uma base de dados exterior à página Web, com todos os dados e resultados obtidos da aplicação do modelo VIC. Esta base de dados do ZambezeDIF será instalada num disco externo, que será entregue ao Cliente e que se pode ligar a qualquer computador e em último caso, se houver condições para isso, transferir dados para um site.



## 2 ESTRUTURA DA PÁGINA WEB

A página web apresentada foi organizada por páginas, em que cada uma descreve sumariamente uma parte do projecto agora apresentado. Cada página apresenta informação textual e figuras que ilustram algumas informações veiculadas no texto.

Algumas figuras, devido ao seu conteúdo e devido ao espaço disponível, apresentam-se em tamanho considerado pequeno para uma confortável leitura dos dados que contêm, por essa razão, e sempre que indicado, ao clicar em cima da própria figura, poder-se-á abri-la em tamanho grande no formato pdf, ocupando assim a totalidade da janela do explorador de internet e permitindo uma leitura mais fácil.

Numa das páginas é possível consultar em formato pdf, todos os relatórios entregues durante a elaboração deste estudo. Para poder ter acesso a esta informação, basta ir para a página respectiva e clicar em cima do relatório desejado.

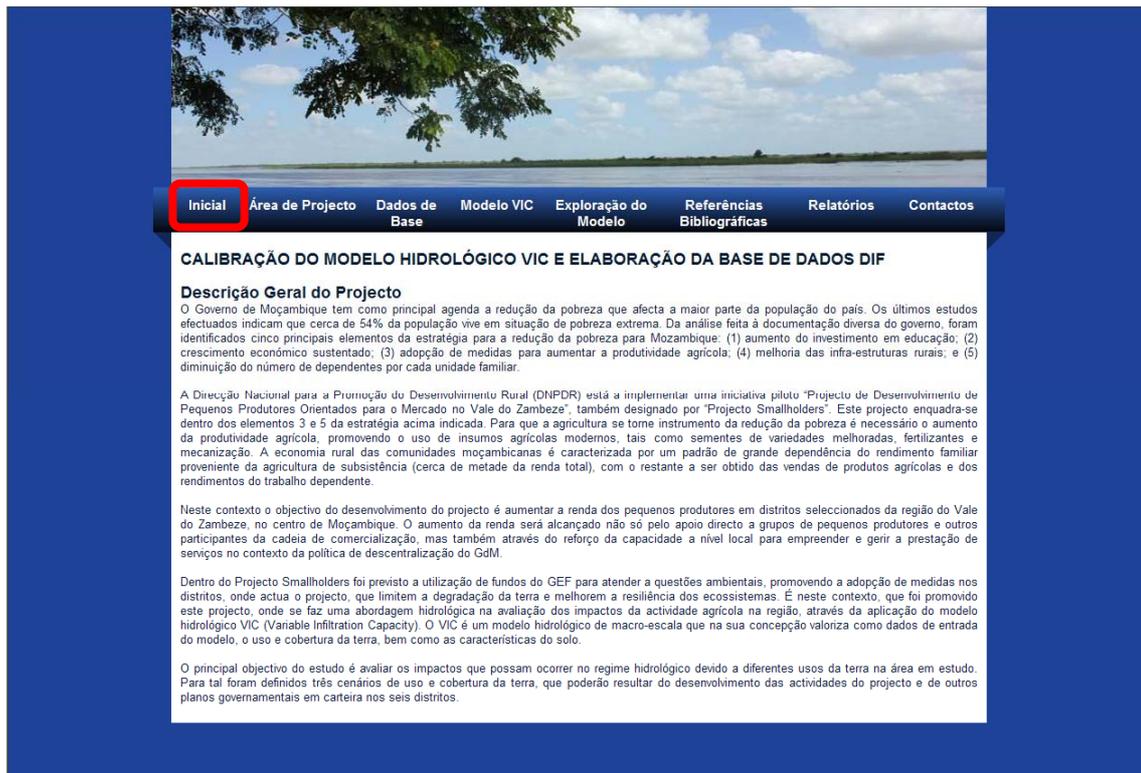
A página poderá ser acedida via explorador de internet por qualquer pessoa, desde que devidamente publicada na world wide web. Para já ela encontra-se alojada no servidor da COBA e apenas se consegue ter acesso a ela através do endereço [www.coba.pt/VIC](http://www.coba.pt/VIC). Aguarda-se informação do cliente de onde será alojada futuramente, prevendo-se a sua instalação aquando da deslocação a Moçambique dos técnicos envolvidos no projecto, para o programa de formação previsto. Nessa altura, a estrutura da página realizada irá ser entregue em formato digital, juntamente com os dados do projecto e os relatórios elaborados.



### 3 DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO DA PAGINA WEB

A organização e a sequência de páginas apresentadas pretendem mostrar a informação mais relevante, usada no projecto que agora se entrega.

A página de entrada possui um enquadramento do projecto e dos pressupostos que conduziram ao seu desenvolvimento. De um modo geral o projecto é enquadrado e são descritas medidas directas e indirectas que se pressupõem com a sua implementação.



Nesta página inicial, é possível antever desde logo as diferentes páginas que podem ser consultadas:



1) Inicial; 2) Área de Projecto; 3) Dados de Base; 4) Modelo VIC; 5) Exploração do Modelo; 6) Referências Bibliográficas; 7) Relatórios; e 8) Contactos.

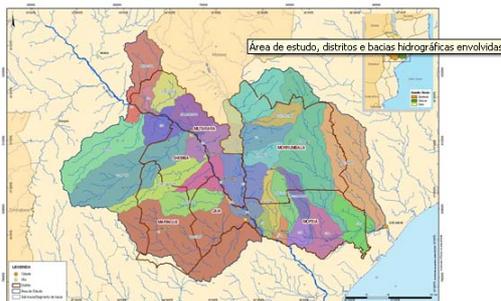
Na página seguinte, na "Área de Projecto", é apresentada uma descrição geral do projecto, com algumas informações genéricas, nomeadamente os distritos afectados, as bacias hidrográficas em estudo e alguma informação sobre demografia. É também apresentada informação sobre os modelos que foram utilizados, nomeadamente do modelo hidrológico VIC, onde é criada uma grelha de células que abranja toda a área de estudo e que permite simular o balanço da água e o balanço energético e o ROUTING, um modelo usado para propagação do escoamento dentro da célula e entre células.



Inicial **Área de Projecto** Dados de Base Modelo VIC Exploração do Modelo Referências Bibliográficas Relatórios Contactos

**ÁREA DE PROJECTO**

A área de estudo integra os distritos de Chemba, Maringué e Caia da província de Sofala, o distrito de Mutarara da província de Tete e os distritos de Mopeia e Mornumbala da província da Zambézia, cujos limites administrativos, áreas e respectivas populações se apresentam de seguida. Inclui igualmente a área total das bacias hidrográficas que drenam os referidos distritos.



CLICAR NA FIGURA PARA VER EM TAMANHO GRANDE

Província	Distrito	Área	População Residente (2007)	Densidade Demográfica
		(km <sup>2</sup> )	(hab.)	(hab./km <sup>2</sup> )
Tete	Mutarara	6 367	207 010	32,5

De seguida, existe uma página com uma descrição geral dos dados de base que foram utilizados no estudo. Ao longo dessa página é descrito o procedimento utilizado para a obtenção da informação necessária ao estudo, a relativa ao modelo digital do terreno, aos dados climáticos (precipitação, temperatura e vento), aos solos, ao coberto vegetal e uso da terra e aos caudais.



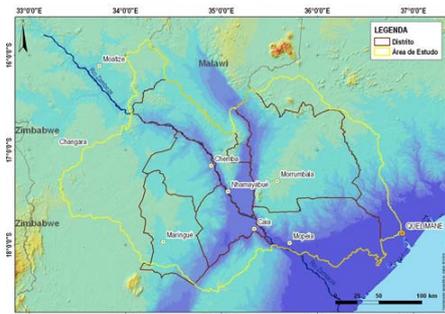
Inicial Área de Projecto **Dados de Base** Modelo VIC Exploração do Modelo Referências Bibliográficas Relatórios Contactos

**DADOS DE BASE**

Os diferentes tipos de dados que são indispensáveis ao adequado funcionamento do modelo, foram recolhidos, tratados e manipulados de modo a constituírem entradas adequadas à calibração, numa primeira fase, e à exploração.

**MODELO DIGITAL DE TERRENO**

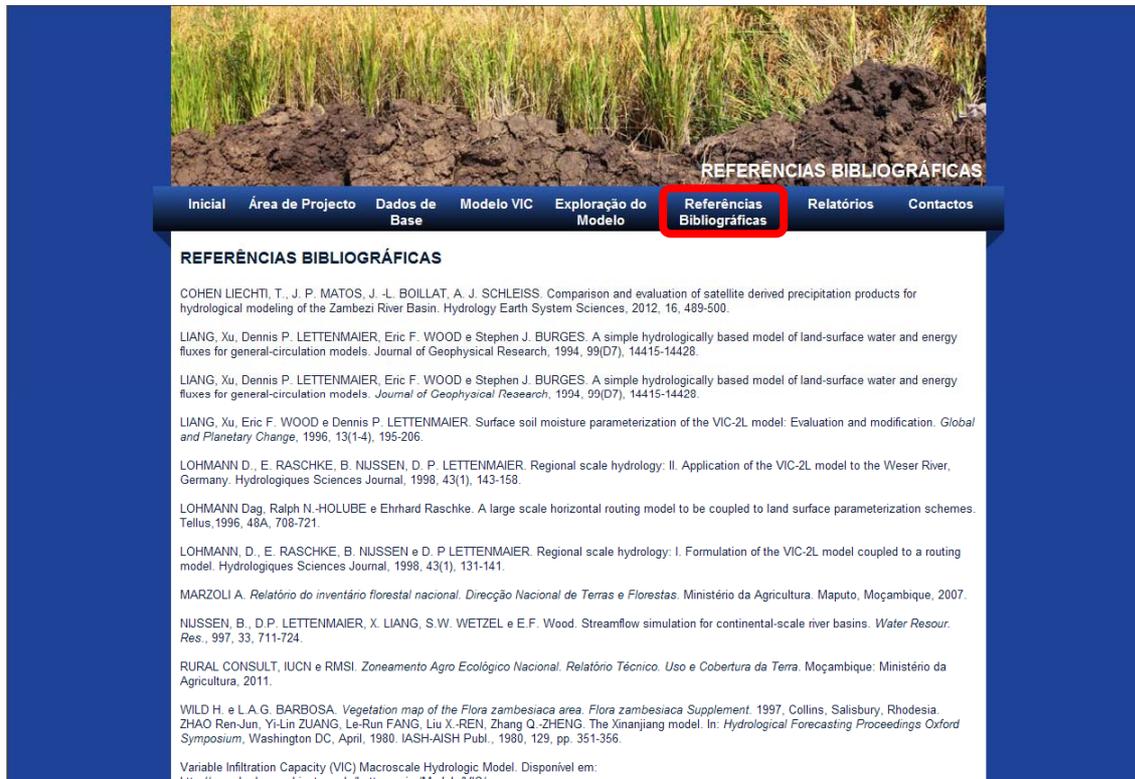
O modelo foi submetido a processos para verificar a incoerência e lacuna de informação em células que tomariam a matriz incongruente. De modo a garantir a coerência na matriz na vizinhança de toda a área de estudo foi tratada uma área consideravelmente superior.



Para esta área, foi calculada a matriz de escoamento e a matriz das linhas de máxima acumulação, o que permitiu determinar o traçado das linhas de água na área de estudo. Com base nos elementos descritos anteriormente, foram delimitadas as bacias hidrográficas que posteriormente foram sujeitas a uma análise de sensibilidade pelos especialistas envolvidos nos estudos.



As referências bibliográficas consultadas são apresentadas numa página à parte.



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

COHEN LIECHTI, T., J. P. MATOS, J. L. BOILLAT, A. J. SCHLEISS. Comparison and evaluation of satellite derived precipitation products for hydrological modeling of the Zambezi River Basin. *Hydrology Earth System Sciences*, 2012, 16, 489-500.

LIANG, Xu, Dennis P. LETTENMAIER, Eric F. WOOD e Stephen J. BURGESS. A simple hydrologically based model of land-surface water and energy fluxes for general-circulation models. *Journal of Geophysical Research*, 1994, 99(D7), 14415-14428.

LIANG, Xu, Dennis P. LETTENMAIER, Eric F. WOOD e Stephen J. BURGESS. A simple hydrologically based model of land-surface water and energy fluxes for general-circulation models. *Journal of Geophysical Research*, 1994, 99(D7), 14415-14428.

LIANG, Xu, Eric F. WOOD e Dennis P. LETTENMAIER. Surface soil moisture parameterization of the VIC-2L model: Evaluation and modification. *Global and Planetary Change*, 1996, 13(1-4), 195-206.

LOHMANN D., E. RASCHKE, B. NIJSSEN, D. P. LETTENMAIER. Regional scale hydrology: II. Application of the VIC-2L model to the Weser River, Germany. *Hydrologiques Sciences Journal*, 1998, 43(1), 143-158.

LOHMANN Dag, Ralph N.-HOLUBE e Ehrhard Raschke. A large scale horizontal routing model to be coupled to land surface parameterization schemes. *Tellus*, 1996, 48A, 708-721.

LOHMANN, D., E. RASCHKE, B. NIJSSEN e D. P. LETTENMAIER. Regional scale hydrology: I. Formulation of the VIC-2L model coupled to a routing model. *Hydrologiques Sciences Journal*, 1998, 43(1), 131-141.

MARZOLI A. *Relatório do inventário florestal nacional. Direcção Nacional de Terras e Florestas. Ministério da Agricultura. Maputo, Moçambique, 2007.*

NIJSSEN, B., D. P. LETTENMAIER, X. LIANG, S. W. WETZEL e E. F. Wood. Streamflow simulation for continental-scale river basins. *Water Resour. Res.*, 1997, 33, 711-724.

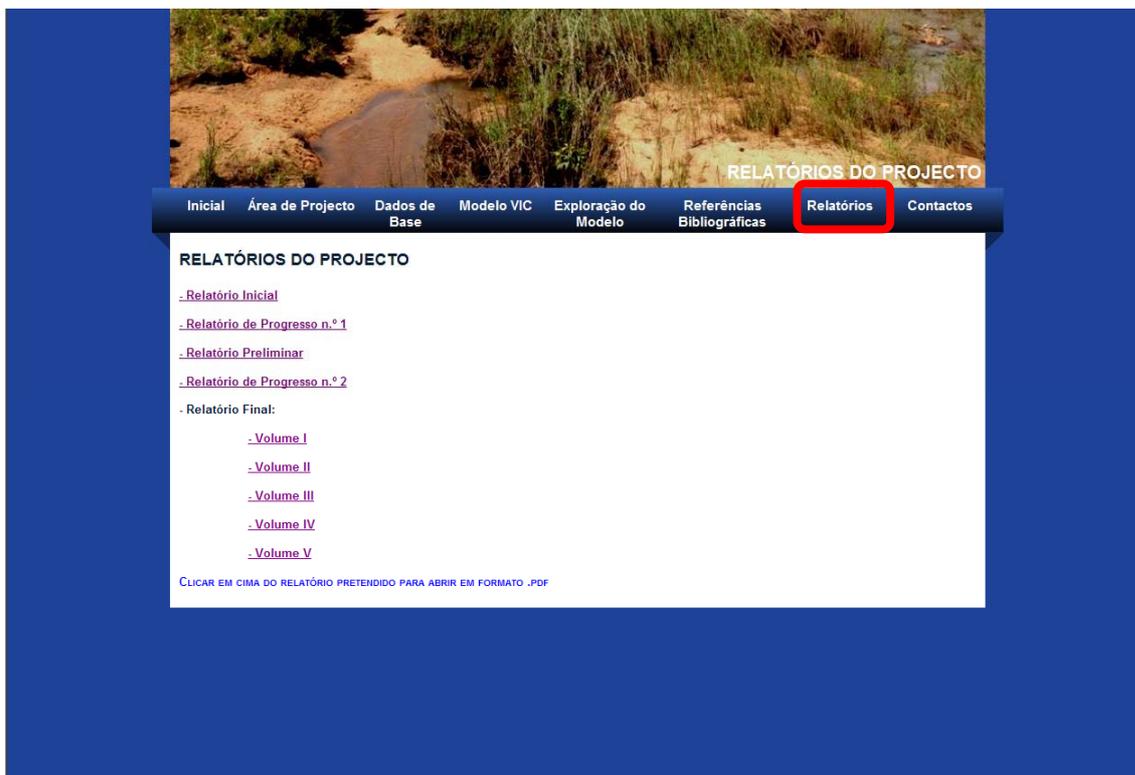
RURAL CONSULT, IUCN e RMSI. *Zonamento Agro Ecológico Nacional. Relatório Técnico. Uso e Cobertura da Terra. Moçambique: Ministério da Agricultura, 2011.*

WILD H. e L. A. G. BARBOSA. *Vegetation map of the Flora zambesiaca area. Flora zambesiaca Supplement. 1997, Collins, Salisbury, Rhodesia.*

ZHAO Ren-Jun, Yi-Lin ZUANG, Le-Run FANG, Liu X.-REN, Zhang Q.-ZHENG. The Xinanjiang model. In: *Hydrological Forecasting Proceedings Oxford Symposium, Washington DC, April, 1980. IASH-AISH Publ.*, 1980, 129, pp. 351-356.

Variable Infiltration Capacity (VIC) Macroscale Hydrologic Model. Disponível em: <http://www.hydro.washington.edu/lettenmaier/Model/VIC/>

Na penúltima página encontram-se hiperligações com acesso aos vários relatórios entregues no decorrer deste estudo, onde as informações disponíveis no *site* estão bastante mais desenvolvidas. Este conjunto permite avaliar a evolução do estudo desde o seu início.



**RELATÓRIOS DO PROJECTO**

[. Relatório Inicial](#)

[. Relatório de Progresso n.º 1](#)

[. Relatório Preliminar](#)

[. Relatório de Progresso n.º 2](#)

**Relatório Final:**

[. Volume I](#)

[. Volume II](#)

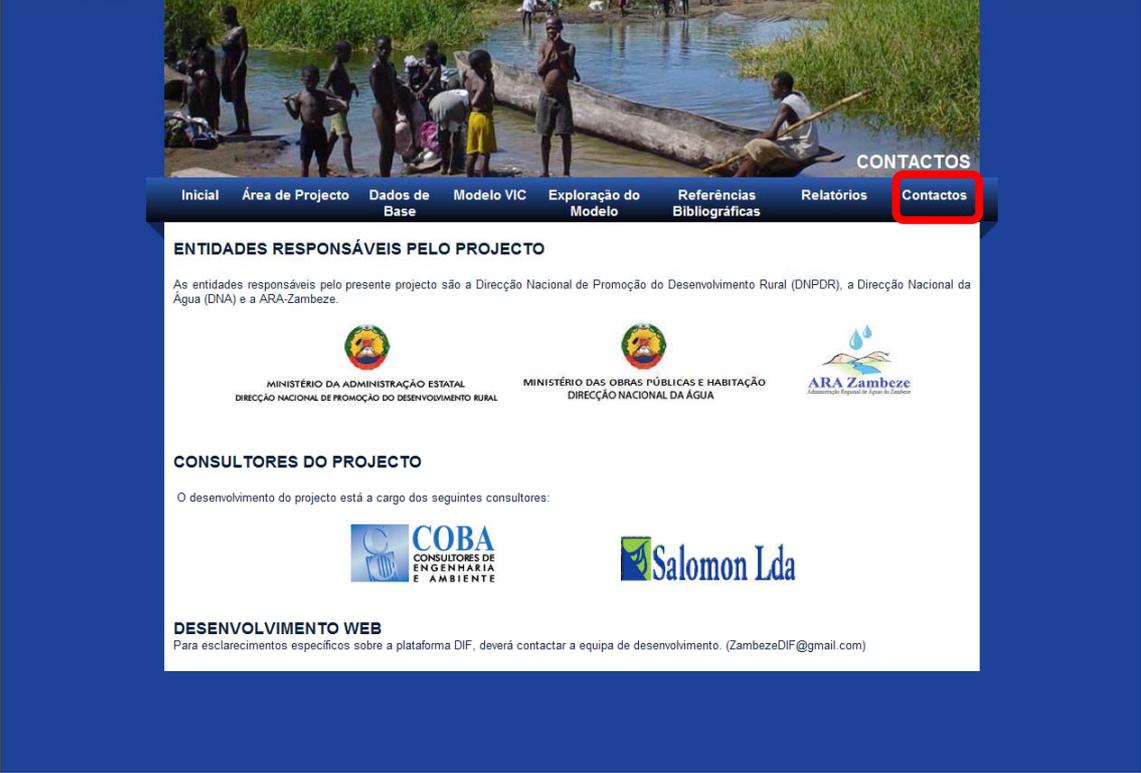
[. Volume III](#)

[. Volume IV](#)

[. Volume V](#)

CLICAR EM CIMA DO RELATÓRIO PRETENDIDO PARA ABRIR EM FORMATO .PDF

Por fim, apresentam-se as entidades envolvidas no projecto, incluindo os consultores responsáveis pela sua apresentação, bem como os respectivos contactos. Caso se pretenda, clicando em cima do logótipo de cada uma das entidades, é possível abrir a página web respectiva.



**CONTACTOS**

Inicial Área de Projecto Dados de Base Modelo VIC Exploração do Modelo Referências Bibliográficas Relatórios **Contactos**

**ENTIDADES RESPONSÁVEIS PELO PROJECTO**

As entidades responsáveis pelo presente projecto são a Direcção Nacional de Promoção do Desenvolvimento Rural (DNPDR), a Direcção Nacional da Água (DNA) e a ARA-Zambeze.


 MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL  
DIRECÇÃO NACIONAL DE PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO RURAL


 MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS E HABITAÇÃO  
DIRECÇÃO NACIONAL DA ÁGUA


 ARA Zambeze  
Administração Regional de Água de Zambézia

**CONSULTORES DO PROJECTO**

O desenvolvimento do projecto está a cargo dos seguintes consultores:


 COBA  
CONSULTORES DE  
ENGENHARIA  
E AMBIENTE


 Salomon Lda

**DESENVOLVIMENTO WEB**

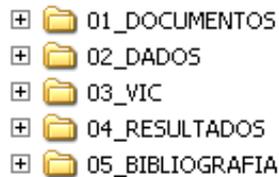
Para esclarecimentos específicos sobre a plataforma DIF, deverá contactar a equipa de desenvolvimento. (ZambezeDIF@gmail.com)



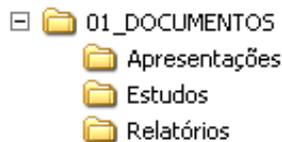
## 4 ESTRUTURA DA BASE DE DADOS EXTERNA

Para maior conforto e leitura, os dados utilizados foram organizados numa estrutura intuitiva, onde será possível consultar não só os dados de base, como a informação final, com resultados e cenários de projecção. A estrutura proposta inicialmente sofreu alguns ajustes, de modo a assegurar uma maior eficácia na sua manipulação. Esta estrutura com os dados de projecto organizados será entregue em formato digital, aquando da entrega do relatório final.

A organização da informação faz-se em cinco grandes grupos como seguidamente se apresenta:



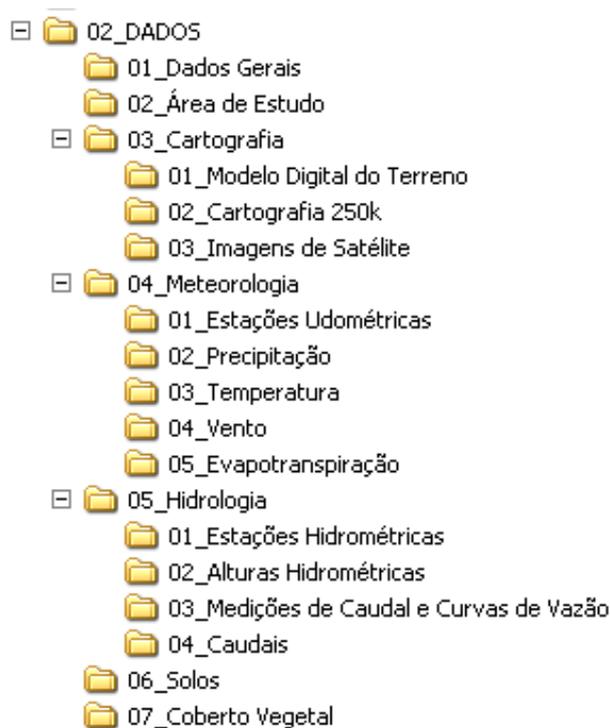
No grupo dos documentos, serão organizados todos os documentos que façam parte do projecto e que sejam apresentados ou utilizados durante o mesmo, nomeadamente apresentações feitas pelo consórcio, estudos intermédios necessários à execução de um dado factor e os relatórios finais entregues.



No grupo dos dados, serão organizados todos os elementos em formato vectorial, raster, ascii, texto, que tenham tido uma influência directa ou indirecta no cálculo de parâmetros para o modelo VIC, bem como os cenários previstos.

De seguida apresenta-se de um modo sumário os dados que cada pasta apresentará:

- Dados Gerais, onde se incluirão os dados de enquadramento da área de estudo;
- Área de Estudo, onde se incluiu o limite da área de estudo e células usadas como unidade de cálculo;
- Cartografia, onde serão organizadas os dados referentes aos dados de superfície, nomeadamente o Modelo Digital do Terreno, à cartografia 250 e às imagens de satélite existentes;
- Meteorologia, onde estão organizadas as informações sobre as estações udométricas, a precipitação, a temperatura e a velocidade do vento, bem como a evapotranspiração;
- Hidrologia, onde são apresentadas as estações hidrométricas, as alturas hidrométricas, as medições de caudal e curvas de vazão e os caudais propriamente ditos;
- Solos, onde são apresentados os elementos gráficos e alfanuméricos do estudo dos solos;
- Coberto Vegetal, onde são apresentados os dados e as cartas associadas ao uso e cobertura da terra.



No grupo do VIC, irão estar presentes todos os dados de entrada, bem como os resultados, tanto do modelo VIC como do ROUTING. Este grupo será o mais complexo, uma vez que se optou por utilizar a estrutura que o próprio modelo VIC apresenta, para facilitar uma futura actualização deste modelo. Quer o modelo quer os dados de entrada estão dentro da pasta Cygwin que é o emulador do Linux para a Microsoft Windows. Na pasta VIC incluem-se os modelos e o conjunto de ficheiros de entrada e de resultados. Os ficheiros com as instruções dos dados de entrada ficam na mesma directoria do modelo e o mesmo acontece com o ficheiro de instruções do modelo ROUTING.

Os ficheiros de entrada e de resultados estão guardados dentro da pasta Zambeze com excepção dos ficheiros de instrução do modelo VIC e ROUTING, que estão em duas pastas distintas.

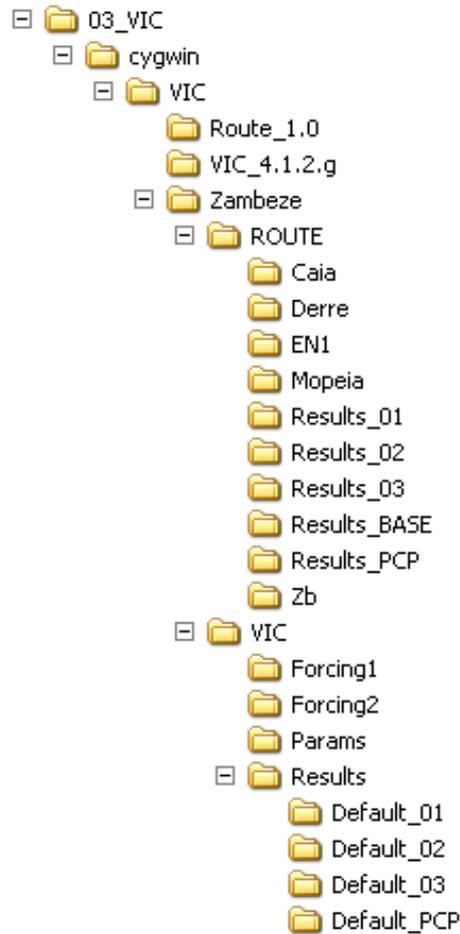
A pasta VIC tem a seguinte organização:

- Forcing1 – Onde se encontram os ficheiros dos dados da temperatura e velocidade do vento;
- Forcing 2 – Onde se encontram os ficheiros da precipitação;
- Params – Onde se encontram os ficheiros dos solos e da vegetação;
- Results – Os resultados do modelo VIC são escritos na directoria RESULTS que se divide em Default\_01; Default\_02, Default\_03; Default\_PCP.

Por sua vez, dentro da pasta ROUTE encontram-se as seguintes pastas:

- CAIA, DERRE, EN1 e Mopeia – que contêm os ficheiros de entrada do modelo Routing, para o processo de calibração;
- Results\_01, Results\_02, Results\_03 e Results\_BASE – onde se guardam os resultados de exploração do modelo e que têm correspondência directa com as pastas Default\_01, Default\_02, Default\_03 e Default\_PCP, da pasta VIC anterior;
- Results\_PCP – onde se guardam os ficheiros dos resultados do processo de calibração;
- Zb – que guarda os ficheiros de entrada do modelo Routing na utilização normal do modelo.

A organização das pastas apresenta-se na figura seguinte:



No grupo Resultados, apresentam-se os resultados do modelo, já fora da estrutura do modelo, através de ficheiro excel, que incluem o processamento de resultados de para facilitar a leitura e a interação.

 04\_RESULTADOS

Finalmente, todas as referências bibliográficas identificadas e utilizadas serão recolhidas e apresentadas neste último grupo denominado bibliografia.

 05\_BIBLIOGRAFIA



## 5 CONCLUSÃO

A página web apresentada pretende fazer uma síntese do Projecto “Calibração do Modelo Hidrológico VIC (Variable Infiltration Capacity)” e ser uma plataforma informativa para quem pretenda seguir de perto esta metodologia. Pretende-se uma abordagem simplificada, para que seja possível a qualquer pessoa, compreender os princípios básicos que revestem a aplicação e calibração do modelo VIC aparentemente complexo.

O ZambezeDIF e em particular a estrutura dos dados, inclui todos os dados recolhidos e tratados e constitui um processo fácil de actualização e manutenção, pois todos os ficheiros são em formato ASCII ou Excel ou então estão associados a pequenos programas em Visual Basic, de transformação de formatos.