

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**EXAME DE ESTADO**

**SIMULAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS  
DA SUB-BACIA DO KAFUE USANDO  
O PROGRAMA VRSM 2000**

**Discente:** Hagy, Badrú N.

**Curso:** Física Aplicada

**Maputo : 28/07/04**



## Abreviaturas

---

CO <sub>2</sub>	- Dióxido de Carbono
WRSM	- Water Resource Simulation Model
RU	- Run off
CR	- Channel
IR	- Irrigation
RV	- Reservoir
Km <sup>2</sup>	- Quilómetro quadrado
Mm <sup>3</sup>	- Milhões de metros cúbicos
POW	- Power of soil moisture/subsurface flow eqn.
SL	- Soil moisture state when subsurface flow=0
ST	- Soil moisture capacity in mm
FT	- Subsurface flow at soil moisture capacity
GW	- Maximum groundwater flow in mm/month
ZMIN	- Minimum catchment absorption in mm/month
ZMAX	- Maximum catchment absorption in mm/month
PI	- Interception storage in mm
TL	- Lag of flow (excluding groundwater)
GL	- Lag of groundwater flow in months
R	- Coeff. in evaporation/soil moisture eqn.

## RESUMO

O efeito da mudança climática nos fluxos dos rios são incertos, mas qualquer mudança significativa teria implicações na geração hidroelétrica. Mesmo antes de se fazer qualquer consideração de efeitos a longo termo das mudanças climáticas na precipitação e temperatura, que por sua vez influenciam o escoamento, as secas recentes já começaram a ter um impacto negativo nos recursos hídricos e consequentemente na geração hidroelétrica.

Com vista ao estudo do impacto das mudanças climáticas na geração hidroelétrica no futuro, teríamos que utilizar instrumentos capazes de prever o comportamento do escoamento nos próximos tempos. Sendo assim, dentre outros programas com esse propósito aqui considereei um mais específico, visto ser possível calibrar especificamente para uma dada bacia hidrográfica.

O Programa que usei é denominado WRSM 2000 também designado modelo de Pitman. Para atingir os objetivos deste trabalho que é a obtenção de parâmetros de fluxo subterrâneo e humidade do solo, utilizarei dados históricos de precipitação, evaporação, e do escoamento do rio Kafue pertencente neste caso a bacia do Kafue na Zâmbia (que é a área deste estudo) e finalmente esses parâmetros de calibração acrescidos de dados de precipitação gerados por outros modelos podem ser usados para simular escoamentos futuros (esta parte não consta neste trabalho).

Como resultados deste trabalho serão apresentados dados estatísticos tabelados e os gráficos dos dados simulados e observados.

<b>Índice</b>	<b>página</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Objectivo	1
1.2. Modelação do balanço hídrico	2
2. Material e Método	3
2.1 Modelo para a simulação dos recursos hídricos	3
2.1.1 Rotas e Módulos	3
(i) Módulo do escoamento	4
(ii) Módulo do canal	4
(iii) Módulo do reservatório	5
(iv) Módulo de irrigação	5
2.1.2 Estações de medição	6
2.1.3 A Rede	6
2.1.4 Ficheiro de precipitação	6
2.1.5 Operação do programa	7
2.2 Dados	7
2.3 Área de Estudo	7
2.4 Formação da rede	8
2.5 Calibração	10
3. Resultados	10
4. Discussão	14
5. Conclusões e Recomendações	15
6. Referencias Bibliográficas	15

## **1. Introdução**

Com vista ao estudo do Impacto das mudanças climáticas na geração hidroeléctrica na bacia do rio Zambeze, torna-se imprescindível a utilização de modelos adequados que possam predirer como irá comportar-se o escoamento no futuro tomando como linha de base o aquecimento global em que se prevê a duplicação da concentração do CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Um dos modelos capazes de simular escoamentos tendo em conta as variáveis meteorológicas que o influenciam, é o modelo de Pitman designado modelo para a simulação dos recursos hídricos que descreveremos na primeira parte deste trabalho.

Simularemos uma sub-bacia do Zambeze, nomeadamente a sub-bacia do Kafue na Zâmbia por um período de 30 anos começando por 1970, visto ser a única que possui dados disponíveis.

Na primeira parte do trabalho começarei por apresentar uma equação que representa o balanço hídrico realçando as variações ou mudanças do fluxo subterrâneo e humidade do solo, seguidamente descreverei o material e o método usado para atingir o objectivo do trabalho focalizando o modelo utilizado e os seus principais componentes. Mais em diante apresentarei os resultados em gráficos e tabelas, seguindo-se uma breve discussão e as conclusões e recomendações finalizando pelas referencias bibliográficas.

### **1.1 Objectivos**

- Simular os recursos hídricos da sub-bacia do Kafue usando o programa WRRSM 2000
  - Obter os coeficientes relacionados com o fluxo subterrâneo e humidade do solo.

### 1.2 Modelação do Balanço hídrico

Na sua forma mais simples um modelo do balanço hídrico de uma bacia pode ser descrito pela equação abaixo (Naido, 2003).

$$P = Q + E + S + G$$

Onde

P = precipitação

Q = Escocamento superficial e sub-superficial

E = Perdas por evapotranspiração

S = Mudanças na humidade do solo

G = Mudanças no fluxo subterrâneo

O objectivo é determinar Q após a contabilização para perdas por evapotranspiração, humidade do solo e fluxo subterrâneo.

Os escoamentos simulados são derivados da precipitação histórico mensal e da evaporação média mensal da tina evaporimétrica e então comparados aos registos medidos do escoamento para o mesmo período. Este é o processo de calibração do modelo (objecto deste trabalho) que avalia a concordância entre resultados medidos e modelados e permite também a derivação da humidade do solo e parâmetros/coeficientes do fluxo subterrâneo para a sub-bacia.

Estes coeficientes podem ser adoptados para estimar os escoamentos futuros da sub-bacia através da precipitação projectada e da temperatura ou da evaporação.

Que por sua vez, adicionando a demanda futura da água nas subbacias estudadas poder-se-á ver se a energia hídrica será afectada. Esta parte não será estudada neste trabalho.

## **2. Material e Método**

### **2.1 Modelo para a simulação dos recursos hídricos**

O modelo de Pitman chamado modelo para a simulação dos recursos hídricos (WRSM), é um software usado para simular sistemas hídricos . Existem duas versões do software, a versão DOS (WRSM90) e a versão windows (WRSM 2000). A versão windows permite ao usuário criar e editar rede e módulos dentro do programa o que não acontece na versão DOS onde os ficheiros tinham de ser criados externamente.

WRSM 2000 é de uma construção modular, com quatro módulos diferentes ligados por meio de rotas. As rotas representam linhas através da qual a água flui, tal como a extensão de um rio. A maioria dos sistemas hídricos podem ser representados por meio de quatro módulos, ligados usando rotas.

#### **2.1.1 Rotas e módulos**

Cada módulo é ligado a outro módulo por meio de rota. As rotas podem ser visualizadas como extensão do rio sem perdas, canal ou tubulação ligando vários módulos, para formar uma rede coerente. Uma rota é sempre limitada por dois módulos nomeadamente um módulo fonte e um módulo dissipador. Os fluxos ao longo da rota serão da fonte para o dissipador. As rotas são representadas por meio de números e setas.

Os termos módulos ou sub-modelos têm o mesmo significado. WRSM2000 é totalmente modular, isto significa que o número de módulos podem ser ligados juntos de uma forma realizável formando uma rede. As funções dos módulos ou sub-modelos estão abaixo descritas.



*(i) Módulo do escoamento*

O módulo do escoamento é o pivot do WRSM2000, neste módulo as seguintes características são levadas em conta:

- (a) Os factores da tina são lidos como dados, isto é, não são construídos no programa o que possibilita ao usuário adoptar imagens dos factores da tina evaporimétrica .
- (b) O crescimento de áreas arborizadas e impermeáveis é representado por uma leitura de valores acima de 10 anos diferentes.
- (c) O módulo também tem a facilidade de enviar porções fixas do escoamento total ao longo de várias rotas. Esta característica possibilita economizar módulos de escoamento em áreas com relativamente mesmas características.

O módulo de escoamento é representado por meio de um hexágono, e identifica-se por um código RU que provem de "RUlnoff submodel".

*(ii) Módulo do Canal*

A função principal do módulo do canal é de colectar para si os afluentes de várias rotas e redistribuir estes fluxos ao longo de rotas efluentes. Os afluentes podem ser na forma de fluxos predefinidos ou efluentes calculados de quaisquer outros quatro tipos de módulos. O módulo do canal pode ser modulo dissipador para rotas de outro modulo do canal.

Os efluentes também podem ser fluxos predefinidos mas muitas vezes são demandas calculadas de módulos de irrigação adjacentes. A rota principal do efluente representa o canal principal do rio e o fluxo excedente passa através desta rota após todas as demandas serem satisfeitas.

O módulo do canal também faz previsões das perdas do leito e perdas por evaporação das áreas alagadas. Se existir uma área alagada a ser simulada. Um ficheiro de precipitação e precipitação média anual devem serem especificadas para que a perda por evaporação da rede seja calculada.

O módulo do canal representa-se por meio de uma circunferência e pelas letras CR que significam "Channel Reach sub-model"

*(iii) Módulo do reservatório*

O módulo do reservatório pode ser usado para representar um reservatório ou uma barragem equivalente constituído por qualquer número de pequenas barragens. A tolerância é feita para uma única barragem a ser construída (e erguida) durante o período de simulação e para o número de pequenas barragens que mudarem ao longo do tempo inserindo valores do armazenamento e da área superficial para dez anos diferentes.

O Módulo do reservatório colecta afluentes e distribui efluentes de forma similar descrita para o módulo do canal. Uma diferença essencial é o efeito do armazenamento, que significa que o reservatório deve ser enchido antes dos efluentes terem lugar ao longo da rota principal (isto é, rota do derramamento).

O módulo do reservatório representa-se por meio de um triângulo e pelas letras RV que significam “Reservoir submodel”.

*(iv) Módulo de irrigação*

No módulo de irrigação notam-se as características seguintes:

- (a) As mudanças das áreas de irrigação ao longo do tempo podem ser representadas inserindo valores de cerca de dez anos.
- (b) A escolha do tipo de tina evaporimétrica e os factores da tina são ao critério do usuário.
- (c) A precipitação média anual das áreas de irrigação e os seus padrões de precipitação não precisam de ser os mesmos das da sub-bacia (módulo de escoamento) em que ela se situa geograficamente.
- (d) Um limite pode ser submetido em abstracção em qualquer ano e factores efectivos de precipitação podem ser lidos para cada mês.

O módulo de irrigação representa-se por meio de um quadrado e pelas letras RR que provêm de “RRirrigation submodel”.

### **2.1.2 Estações de medição**

As estações de medições estão associadas com as rotas e contêm dados sobre os fluxos históricos observados. Estes dados encontram-se no anexo 3.

Para que se consiga a calibração da rede, as estações de medição são usadas para comparar fluxos simulados com os observados numa rota. É importante distinguir uma estação de medição numa rota de fluxos definidos nessa rota. As Estações de medições são usadas só para comparação visto que fluxos definidos retiram ou trazem fluxos para o módulo.

### **2.1.3 A Rede**

A função principal da rede é de especificar a ordem pela qual os módulos devem ser resolvidos. Em adição, a rede aqui ainda é usada para estabelecer o período de simulação, os arquivos dos dados e dos resultados a serem usados e para especificar as rotas e reservatórios que são relatados no ficheiro do sumário. O ficheiro do sumário é um ficheiro de fácil análise no qual os fluxos em rotas específicas ou armazenamento em reservatórios específicos são guardados numa base mensal quando se corre a simulação.

### **2.1.4 Ficheiros de precipitação**

Um ficheiro de precipitação é um ficheiro que contém uma série temporal mensal de precipitação como percentagem da precipitação média anual para uma área ou uma sub-bacia.

Os ficheiros de precipitação não devem ser confundidos com ficheiro de precipitação medidos. Um ficheiro de precipitação normalmente combina dados de muitas estações de medição numa única série temporal, em adição, os valores são expressados como percentagem da precipitação média anual para a área ou bacia.

Estes ficheiros encontram-se no anexo 2.

### **2.1.5 Operação do programa**

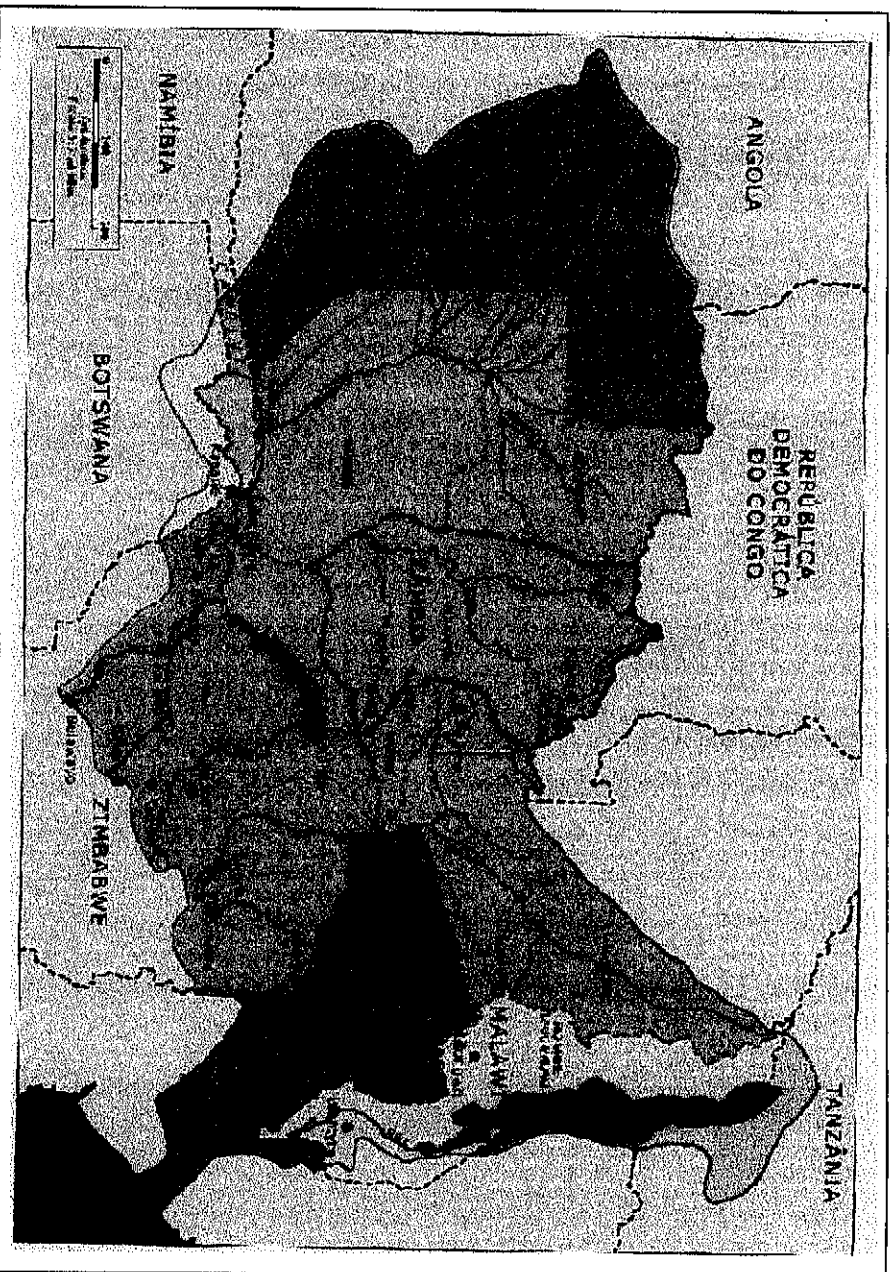
A operação do WRSM2000 é facilitada pelo menu principal do estilo do windows que dá um numero de opções ao usuário, incluindo correr a simulação, ver estatística, traçar gráficos, mudar parâmetros do módulo e escrever resultados no dispositivo de saída. O modelo armazena toda a informação internamente, para que qualquer número de simulações possam ocorrer sem fechar o programa. Esta facilidade, conjuntamente com a habilidade de ver vários pontos de medição na rede, acelera o processo de calibração consideravelmente.

### **2.2. Dados**

Para além dos ficheiros de precipitação, usam-se ainda dados relativos aos reservatórios, áreas irrigadas, arborização, áreas pavimentadas, alagadas e abstracção significativa para uso industrial e abastecimento as cidades (anexo I). Como já foi referenciado anteriormente os dados relativos a este ponto serão usados como “input “ no nosso modelo (wrsm).

### **2.3. Área de Estudo**

A Sub-bacia do Kafue localiza-se ao longo das divisória de águas entre Congo e o Zambeze. Na sua extensão inferior, a bacia estreita-se rapidamente e passa sobre a escarpa do Zambeze. O sistema do rio Kafue tem uma bacia de captação de 154 000 km<sup>2</sup> e um fluxo anual médio de 350 m<sup>3</sup> por segundo (Chenje,2000).



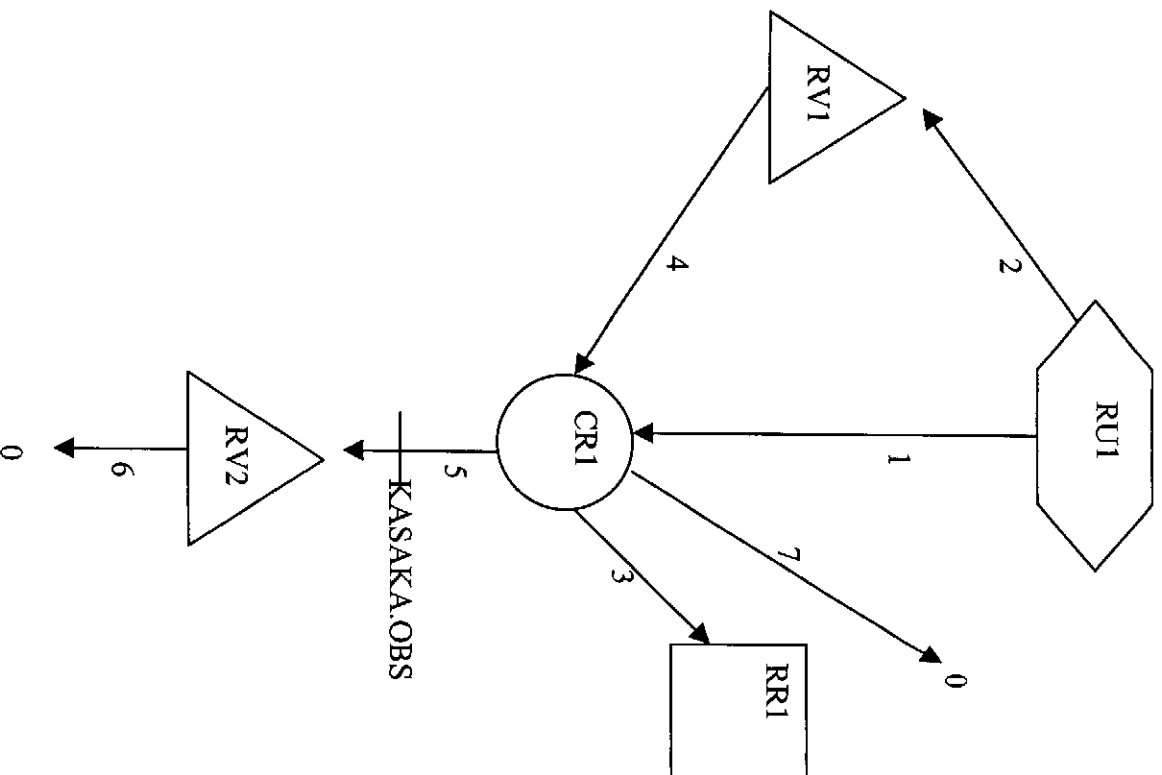
**Figura 1 : Mapa mostrando a Bacia do Zambeze e a sub-bacias do Kafue na Zâmbia**

Fonte: Cheyge, M.(2000) . Estado do Ambiente na Bacia do Zambeze 2000 ,SADC,JUCN,ZIRA SADR,C,Maseru/ Lusaka/Farare

## 2.4 Formação da Rede

Desenhando a rede é a melhor forma de se poder determinar que e quantos sub-modelos precisaremos para descrever o sistema natural como uma rede de WRSIM2000 e como estes módulos devem estar ligados uns aos outros.

## A rede "H10"



**Figura 2:** O diagrama da bacia do Kafue .

Agora considerando o diagrama da rede (figura 2), começando com o módulo de escoamento RU1, pode-se observar que duas rotas emergem do RU1, que são a rota 1 e a rota 2. A rota 1 está ligada ao módulo CR1, que é o alcance do canal. A Rota 2 estende-se do módulo do escoamento 1 (RU1) ao reservatório 1 (RV1 "barragem de Itezhi-Tezhi"). Isto indica que alguma água do módulo do escoamento vai para o módulo do alcance do canal e outra vai para o reservatório 1. Uma parte da água do reservatório 1 flui via rota 4 para o canal 1 (CR1). Este é o derrame do módulo do reservatório 1.

Existem duas rotas (1 e 4) entrando no canal 1 e três rotas (3, 5 e 7) emergindo fora dela . Uma parte da água do canal 1 flui via rota 3 para o bloco de irrigação 1 (designado RR1) e outra através da rota 7 para o módulo dissipador zero. A água que flui através da rota 7 é usada pela empresa de águas e indústrias locais (anexo 1). A outra parte da água flui do canal através da rota 5, que é para o reservatório 2 (designado RV2 designado barragem de “Kafue Gorge”).

Deve ser notado que o traço transversal na rota 5 a jusante do canal 1, representa uma estação de medição. Este será um ponto de observação na rota 5, que se chama Kasaka. Existem dados de fluxo para esta rota que pode servir para verificar se a simulação esta correcta.

A rota 6 carrega o efluente final da rede para o modulo dissipador zero.

### ***2.5 Calibração***

A calibração é feita variando os parâmetros de calibração no módulo de escoamento até que os fluxos observados e os simulados estejam balanceados.

## **3. Resultados**

**Tabela 1. Parâmetros de calibração**

Módulo	POW	SL	ST	FT	GW	ZMIN	ZMAX	PI	TL	GL	R
1	5.15	9.60	260.00	405.00	800.00	500.00	1030.00	19.95	10.00	18.60	0.90

Onde:

POW- poder de humidade do solo/equação do fluxo sub-superficial

SL- estado da humidade do solo quando o fluxo sub-superficial =0

ST- Capacidade de humidade do solo em mm

FT- Fluxo sub-superficial quando se obtém a capacidade de humidade do solo

GW – Fluxo subterrâneo máximo em mm/mês

ZMIN – Absorção mínima da bacia em mm/mês

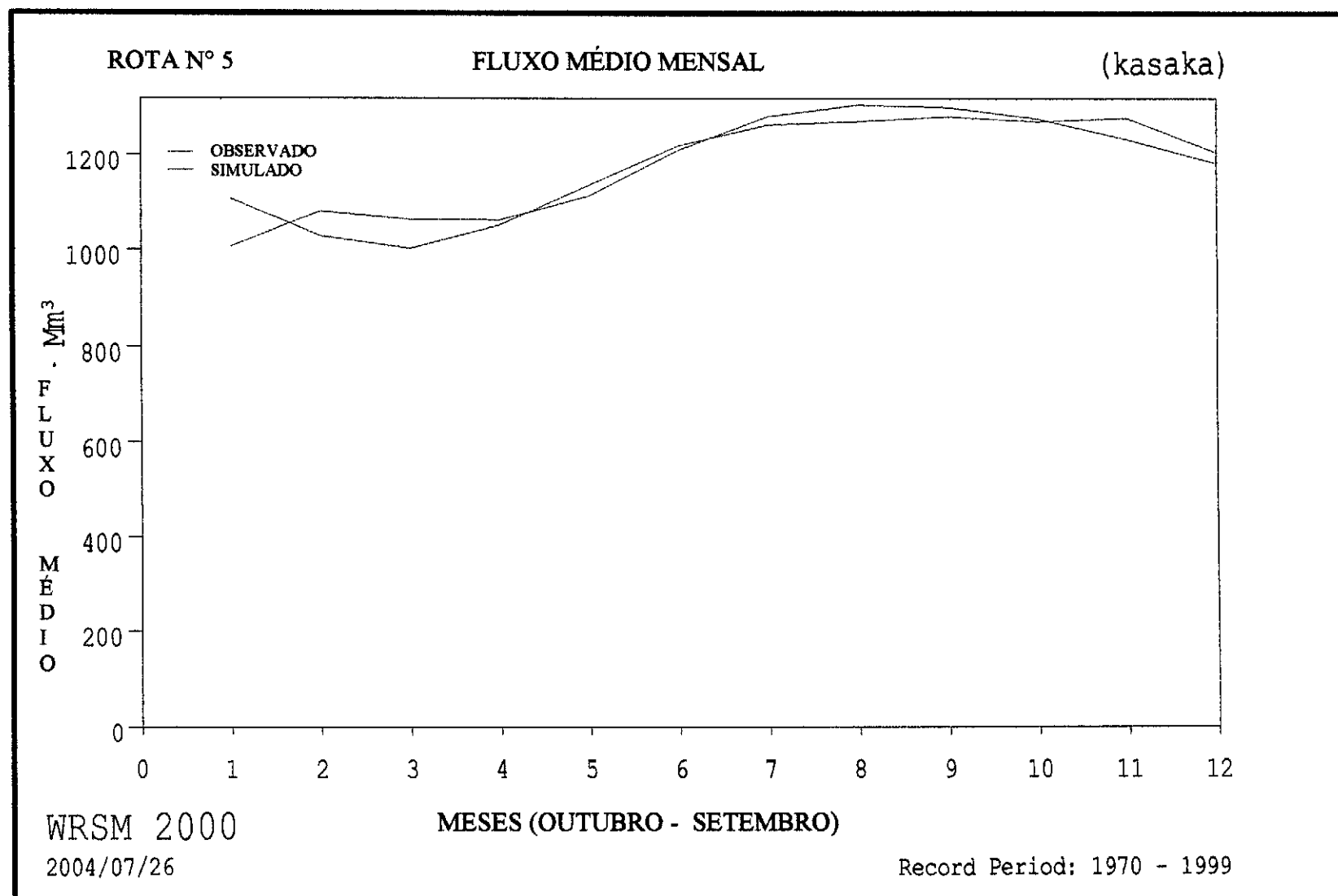
ZMAX – Absorção máxima da bacia em mm/mês

PI – Armazenamento por intercepção em mm

TL – retardamento do fluxo (excluindo subterrâneo)

GL – retardamento do fluxo subterrâneo

R – Coeficiente em evaporação / equação da humidade do solo



**Figura 3** : Gráfico do fluxo médio mensal



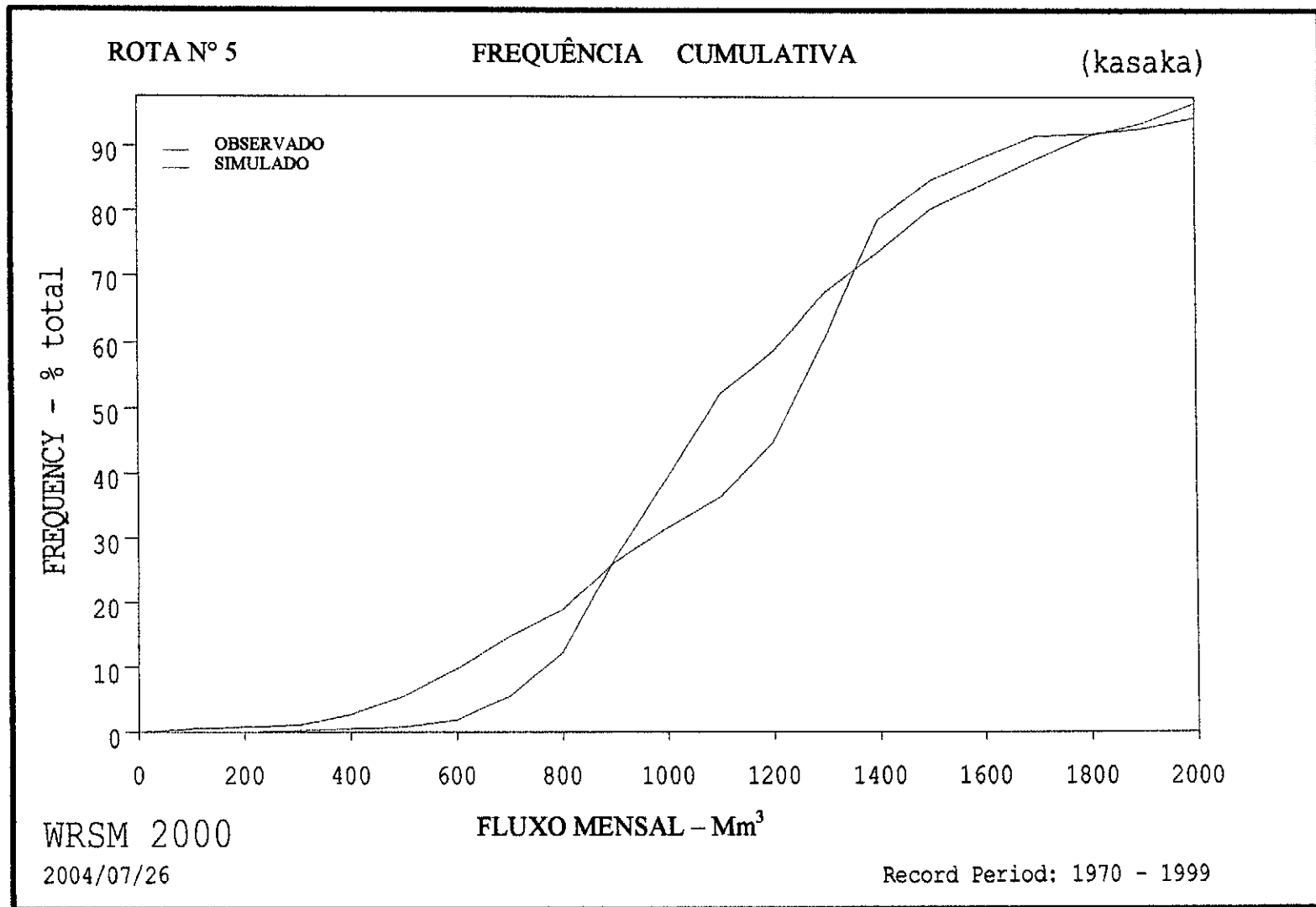


Figura 4 :Gráfico da frequência cumulativa



**Tabela 2. Estatística do escoamento para a rota n°5**

<b>Índice</b>	<b>Unidade</b>	<b>Observado</b>	<b>Simulado</b>
Escoamento médio anual(EMA)	Milhões de m <sup>3</sup>	14115.09	14118.12
Desvio standard do fluxo anual (s)	Milhões de m <sup>3</sup>	4100.72	4170.50
Coefficiente de variabilidade(s/EMA)	Porcentagem	29.05	30.54
Média dos logaritmos do fluxo anual	Milhões de m <sup>3</sup>	4.1295	4.1327
Índice de variabilidade sazonal	Porcentagem	3.94	3.94

Os fluxos simulados e observados encontram-se no anexo 4.

#### **4. Discussão**

- Os valores da tabela 2 foram obtidos variando os parâmetros da tabela 1 e analisando a tendência do gráfico da figura 3.
- Verifica-se através da tabela 2 que foi possível obter um escoamento médio anual próximo do valor observado.
- Na figura 3 pode se ver que as linhas do gráficos estão consideravelmente próximas, não obstante alguma divergência nos primeiros meses.
- A figura 6 mostra que os anos de 1975 a 1980 foram os anos como maior escoamento simulado enquanto que o observado refere-se exatamente ao ano de 1975, sendo o ano de 1995 o ano com o menor mínimo observado.

## **5. Conclusões e recomendações**

Visto os resultados estatísticos podemos concluir que se atingiu o objectivo do trabalho.

Este trabalho em si não é conclusivo requer ainda ser complementado usando dados projectados de precipitação para o futuro (obtidos através de modelos de circulação geral ou regional “GCM ou RCM”) que por sua vez serviriam para predizer a tendência do escoamento no futuro. Usando estes resultados pode-se calcular a quantidade de energia que se pode obter, que comparados com os valores actuais, pode-se tomar decisões sobre as medidas a tomar no futuro.

O mesmo trabalho será efectuado para o bacia do Zambeze na região Moçambicana.

## **6. Referências Bibliográficas**

- Naidoo, Siven (2003) . *Impacts of local, Regional e Global Climate Change with Particular Reference to Hydroelectric Generation in the Zambezi River Basin.* South Africa, eskom.
- Chenje, M.(2000) . *Estado do Ambiente na Bacia do Zambeze 2000* ,SADC,IUCN,ZRA SADRC,Maseru/Lusaka/Harare
- Pitman, W.V., J.P. Kakebeke e A.K. Bailey (2001). *Water Resources Simulation Model for Windows – User’s Guide* – Stewart Scott Lda.
- WMO, (1970) -*Earth Science. Compendium of Lecture notes for training Class IV. Meteorological Personnel*-Vol.1. 185 pgs

# MEMORANDUM

**Tabela 1. Alguns Dados usados da sub-bacia do Kafue para a simulação**

Área da sub-bacia (Km <sup>2</sup> )*	154000
Precipitação Média Anual (mm)**	729

\* fonte : Chenje, M.(2000) ; Estado do Ambiente na Bacia do Zambze 2000 ;SADC, IUCN,ZRA SADR,C,Maseru/ Lusaka/Harare

**Tabela 2. Dados de evaporação mensal e factores da tina \*\***

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep
Evaporação (mm)	196	196	202	190	156	145	108	86	68	79	115	159
Factor da tina	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8

**Tabela 3. Áreas de irrigação por ano \*\***

Ano	1970	1971	1980	1995	1996	1997	1999
Área (km <sup>2</sup> )	10	10	10	10	10	10	10

**Tabela 4. Dados sobre a barragem de Itezhi tezhi\*\***

Ano	1969	1977	1978	1981	1986	1990	1993	1999
Area(km <sup>2</sup> )	392	268	330	346	346	314	374	364
Volume(Mm <sup>3</sup> )	974	2852	4047	4385	4385	3725	4925	4740

**Tabela 5. Dados sobre a barragem de Kafue Gorge\*\***

Ano	1969	1977	1978	1981	1986	1990	1993	1999
Area(km <sup>2</sup> )	263	263	423	431	431	331	423	709
Volume(Mm <sup>3</sup> )	235	235	430	440	440	310	430	725

\*\* fonte : Exame de Estado – Dambo, Ivódia, 2004.

A sub-bacia do Kafue não possui áreas de arborização, pavimentadas e alagadas.



# ANEXO 2



Ficheiro 2: Dados de precipitação (Como percentagem da precipitação média anual)  
Nome do Ficheiro : Kafuerainf1le.RAN

KAF01	70	3.11	18.87	22.90	27.54	19.80	7.51	4.39	0.51	0.01	0.00	0.00	0.00	0.48
KAF02	71	2.66	14.21	19.88	24.27	9.81	21.14	7.56	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
KAF03	72	4.75	5.97	16.72	15.08	16.06	7.87	1.48	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74
KAF04	73	3.88	15.84	25.43	24.01	25.92	15.99	4.26	2.41	0.00	0.00	0.00	0.21	0.44
KAF05	74	2.99	14.83	31.06	28.08	18.46	19.13	4.07	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
KAF06	75	3.33	6.02	23.63	25.65	19.76	24.72	9.97	3.64	0.00	0.00	0.00	0.26	3.42
KAF07	76	4.51	10.39	21.24	19.31	23.14	17.88	5.72	0.54	0.00	0.00	0.02	0.26	0.83
KAF08	77	1.89	11.94	27.53	23.33	23.82	27.62	11.76	0.05	0.04	0.00	0.02	0.02	0.47
KAF09	78	4.40	17.44	30.19	23.39	18.99	16.06	0.56	0.02	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00
KAF10	79	5.66	21.60	28.83	14.53	17.73	16.34	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.61
KAF11	80	5.72	16.66	19.85	20.69	29.50	22.27	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	1.19
KAF12	81	3.10	13.79	11.73	21.32	16.19	5.83	5.93	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
KAF13	82	9.83	15.56	14.47	23.06	10.27	11.69	5.12	1.86	0.01	0.00	0.00	0.00	0.45
KAF14	83	5.73	10.82	21.33	18.53	15.59	14.34	1.98	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45
KAF15	84	4.05	13.64	18.65	20.18	19.64	14.74	3.75	0.29	0.00	0.07	0.00	0.00	0.49
KAF16	85	3.76	6.71	20.53	23.73	16.36	21.66	8.10	0.82	0.00	0.00	0.06	1.41	1.41
KAF17	86	12.15	13.23	15.45	20.24	16.82	9.80	0.59	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.56
KAF18	87	3.43	10.42	25.88	22.44	19.57	20.19	5.74	0.00	0.63	0.00	0.09	0.39	0.39
KAF19	88	6.75	8.73	19.37	30.24	19.12	9.52	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.19
KAF20	89	4.32	6.08	20.39	30.24	19.11	12.92	10.59	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
KAF21	90	5.12	6.83	20.34	28.43	19.11	12.92	4.58	0.43	0.22	0.00	0.00	0.07	0.47
KAF22	91	5.07	11.06	25.43	14.65	12.29	12.99	4.58	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
KAF23	92	5.24	11.17	19.91	27.77	26.05	17.89	6.39	0.00	0.00	0.00	0.03	1.50	1.50
KAF24	93	1.01	19.99	16.39	26.61	19.39	2.14	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07
KAF25	94	4.28	6.93	13.13	11.77	23.74	8.95	0.68	0.36	0.00	0.00	0.00	1.07	1.07
KAF26	95	2.72	9.64	17.23	22.79	17.95	8.12	0.36	0.19	0.00	0.00	0.00	0.51	0.51
KAF27	96	1.53	14.40	16.01	27.04	21.75	15.68	1.91	0.19	0.00	0.00	0.00	1.16	1.16
KAF28	97	3.29	9.15	12.19	32.05	11.73	15.52	0.79	0.00	0.00	1.92	2.44	2.79	2.79
KAF29	98	3.16	10.69	25.97	25.67	14.45	19.33	1.15	0.00	0.00	0.11	0.00	1.33	1.33
KAF30	99	4.02	7.04	12.18	20.54	14.92	7.90	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fonte : Dambo, Ivódia - Exame de Estado, 2004

# ANEXO 3

Ficheiro 3: Escocamento observado em metros cúbicos por segundos  
Nome do ficheiro : Kasakaz2.085

1970	57.99	52.68	110.35	210.69	323.71	868.66	816.45	538.66	539.96	621.11	1245.41	1280.02
1971	1287.49	1278.57	1295.93	1323.91	1268.06	1334.69	1365.96	1369.23	1373.02	1357.67	1350.20	1326.19
1972	1269.35	1085.10	882.82	800.07	822.30	970.77	1104.54	1175.64	1208.24	1147.84	1091.08	976.15
1973	759.74	512.59	309.75	786.28	1407.36	1990.84	2055.73	2048.72	2097.82	2074.43	2041.83	1963.35
1974	1764.14	1548.72	1480.34	1679.01	1941.82	2036.69	2046.69	2037.13	2037.71	2037.36	2028.88	2018.67
1975	1879.06	1666.05	1516.26	1525.59	1660.44	1918.66	2029.15	2017.89	2008.54	2021.94	2021.91	2023.34
1976	1988.68	1828.04	1624.58	1456.98	1348.22	1490.21	1662.72	1908.99	2148.73	2069.66	1879.64	1681.89
1977	1469.06	1296.00	1432.27	1436.10	1304.57	1364.46	1307.77	1281.12	1274.40	1278.07	1315.61	1267.09
1978	1309.02	1299.23	1298.27	1279.47	1277.36	1264.84	1299.31	1336.29	1368.71	1281.59	1255.77	846.75
1979	796.62	845.66	1110.98	1268.03	1302.23	1268.89	1273.52	1235.46	1261.17	1195.71	1235.62	1255.96
1980	1239.57	1271.66	1347.44	1362.77	1371.44	1284.31	1314.01	1235.46	1261.17	1195.71	1235.62	1255.96
1981	1297.59	1191.14	1102.11	1213.34	1345.28	1290.11	1342.67	1388.79	1341.07	1262.44	1119.04	1034.99
1982	1049.58	1055.69	1029.28	895.67	1002.96	988.25	1038.58	985.48	801.51	724.19	798.58	841.67
1983	833.22	798.41	681.75	688.16	660.13	606.99	655.07	804.97	867.03	938.67	954.47	949.83
1984	903.66	717.97	479.43	439.16	861.14	1182.50	1280.29	1272.92	1323.87	1399.82	1368.05	991.83
1985	1261.92	1249.99	1285.15	1377.16	1383.63	1373.14	1393.61	1402.89	1408.08	1415.28	1389.55	1379.21
1986	1362.22	1316.99	1216.92	1142.79	1298.11	1300.11	1312.89	1339.29	1351.21	1352.00	1361.73	1361.39
1987	1323.50	1205.16	1049.49	881.01	891.36	1010.92	1098.77	1245.89	1386.27	1396.49	1377.16	1320.16
1988	1252.73	1224.81	1202.65	1237.66	1364.76	1112.26	1114.67	1150.48	1080.14	1064.69	1215.38	1194.42
1989	1243.39	1362.95	1381.86	1346.09	1165.99	1246.21	1363.33	1312.95	1193.92	1120.56	1022.57	988.47
1990	994.87	964.44	969.88	1105.06	1189.67	1147.42	1103.79	1142.32	1193.77	1181.33	1113.23	960.16
1991	908.65	870.77	806.78	800.77	684.07	600.19	510.15	486.19	545.59	547.53	545.22	566.53
1992	539.15	475.11	579.04	895.15	1115.52	1312.65	1387.59	1430.59	1610.06	1638.55	1583.30	1527.50
1993	1429.07	1335.16	1239.98	1201.64	1066.50	1124.59	1222.76	1391.57	1440.46	1387.27	1197.01	978.45
1994	883.51	844.00	768.18	681.32	472.31	489.52	789.41	520.25	391.32	462.10	689.23	742.63
1995	331.19	363.52	497.11	482.59	515.29	753.13	775.23	515.15	346.24	457.09	638.68	718.42
1996	633.97	590.37	634.07	886.98	1395.34	1574.59	1592.33	1572.81	1512.43	1426.17	1317.38	1147.36
1997	856.45	599.87	632.97	660.93	739.85	660.65	666.30	837.08	969.27	988.08	950.79	885.83
1998	822.79	664.29	741.49	1032.67	1424.04	1575.23	1589.65	1622.98	1620.38	1606.82	1629.02	1576.04
1999	1461.04	1334.88	1350.52	1449.21	1477.29	1439.18	1412.49	1527.07	1485.83	1464.94	1377.46	1095.83

Fonte : Dambo, Ivódia - Exame de estado , 2004

# ANEXO 4

ANO	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	TOTAL
1970	261.42	393.12	638.64	728.27	881.50	984.85	1031.37	1036.42	1037.28	1023.34	989.67	948.01	9953.90
(OBS. =	57.99	52.68	110.35	210.69	323.71	868.66	816.45	538.66	539.96	621.11	1245.41	1280.02	6665.69)
1971	669.68	879.91	854.60	861.19	850.93	948.81	1044.36	1118.12	1150.04	1148.17	1119.69	1078.32	11723.83
(OBS. =	1287.49	1278.57	1295.93	1323.91	1268.06	1334.69	1365.96	1369.23	1373.02	1357.67	1350.20	1336.19	15350.92)
1972	802.34	979.12	952.97	906.09	888.76	859.08	846.76	838.71	827.81	809.79	777.63	742.36	10233.42
(OBS. =	1269.35	1085.10	882.82	800.07	822.30	970.77	1104.54	1175.64	1208.24	1147.84	1091.68	976.15	12533.90)
1973	476.00	697.70	705.16	744.22	930.38	1155.14	1334.74	1341.28	1329.05	1292.63	1242.90	12536.25	12536.25
(OBS. =	759.74	512.59	309.75	786.28	1407.36	1990.84	2055.73	2048.72	2097.82	2074.43	2041.83	1963.35	18048.44)
1974	953.60	1149.08	1164.08	1258.58	1425.75	1610.12	1710.56	1739.04	1722.98	1686.08	1627.96	1558.66	17606.50
(OBS. =	1764.14	1548.72	1480.34	1679.01	1941.82	2036.69	2046.69	2037.13	2037.71	2037.36	2028.88	2018.67	22657.16)
1975	1253.46	1409.97	1376.02	1349.74	1392.42	1599.11	1821.35	1945.34	1976.71	1960.29	1806.53	1844.19	19835.12
(OBS. =	1879.06	1666.05	1516.26	1525.59	1660.44	1918.66	2029.15	2017.89	2008.54	2021.94	2021.91	2023.34	22288.83)
1976	1531.01	1686.28	1626.61	1563.09	1586.34	1685.73	1779.78	1804.49	1789.51	1749.10	1689.48	1620.39	20111.82
(OBS. =	1988.68	1828.04	1624.58	1456.98	1348.22	1490.21	1662.72	1908.99	2148.73	2069.66	1879.64	1681.89	21088.34)
1977	1308.77	1478.38	1446.67	1432.81	1542.60	1858.93	2185.07	2315.33	2317.58	2266.68	2189.61	2099.15	22441.58
(OBS. =	1469.06	1296.00	1432.27	1436.10	1304.57	1364.46	1307.77	1281.12	1274.40	1278.07	1315.61	1267.09	16026.52)
1978	815.54	1916.60	1901.56	1922.49	2008.45	2100.51	2115.83	2084.21	2023.78	1953.11	1869.43	1779.66	22491.17
(OBS. =	1309.02	1299.23	1298.27	1279.47	1277.36	1264.84	1299.31	1336.29	1368.71	1281.59	1255.77	846.75	15116.61)
1979	1589.27	1654.15	1654.46	1640.57	1664.59	1702.72	1756.89	1776.73	1769.68	1732.90	1673.19	1603.29	20218.42
(OBS. =	796.62	845.66	1110.98	1268.03	1302.23	1268.89	1273.52	1235.46	1261.17	1195.71	1235.62	1245.96	14049.85)
1980	1424.67	1481.24	1427.00	1393.82	1534.56	1819.04	1992.43	2010.81	1968.89	1909.94	1834.69	1749.92	20547.21
(OBS. =	1555.13	1597.97	1510.11	1466.55	1422.03	1374.63	1358.57	1326.44	1303.10	1270.64	1221.89	1169.67	16576.72
1981	1555.13	1597.97	1510.11	1466.55	1422.03	1374.63	1358.57	1326.44	1303.10	1270.64	1221.89	1169.67	16576.72
(OBS. =	1297.59	1191.14	1102.11	1213.34	1345.28	1290.11	1342.67	1388.79	1341.07	1262.44	1119.04	1034.99	14928.57)
1982	1137.00	1096.60	1049.62	1044.54	1012.52	1017.69	1021.70	1033.60	1039.12	1031.64	1002.81	962.77	12449.62
(OBS. =	1049.58	1055.69	1029.28	895.67	1002.96	988.25	1038.58	985.48	801.51	724.19	798.58	841.67	11211.44)
1983	929.62	886.73	872.19	844.45	849.34	886.69	911.32	928.46	928.80	915.49	885.01	847.76	10685.88
(OBS. =	833.22	798.41	681.75	688.16	660.13	606.99	635.07	804.97	867.03	938.67	954.47	949.83	9438.70)
1984	813.66	787.01	763.54	751.27	787.43	862.51	928.14	962.59	974.69	968.29	941.15	904.89	10444.87
(OBS. =	903.66	717.97	479.73	433.16	861.61	1280.29	1272.92	1323.87	1399.82	1368.05	991.83	12220.64)	
1985	868.09	820.28	811.64	803.05	819.27	952.30	1098.83	1187.53	1220.51	1216.34	1185.79	1145.08	12128.71
(OBS. =	1261.92	1249.99	1283.13	1377.16	1383.63	1373.14	1395.61	1402.89	1408.08	1415.28	1389.55	1379.21	16519.61)
1986	1126.96	1081.72	1044.66	1024.89	1023.52	1030.36	1027.69	1022.47	1005.10	981.19	942.56	899.70	12210.82
(OBS. =	1362.22	1316.99	1216.92	1142.79	1298.11	1300.11	1312.89	1339.29	1351.21	1352.00	1361.73	1361.39	15715.65)
1987	1024.42	823.04	826.92	826.89	900.22	1063.14	1202.05	1266.90	1285.91	1273.94	1239.83	1192.49	12925.75
(OBS. =	1321.50	1205.16	1049.49	881.01	891.36	1010.19	1098.77	1243.89	1386.27	1396.49	1377.16	1370.16	14186.18)
1988	1316.84	1092.13	1063.08	1077.66	1200.22	1392.97	1505.62	1531.56	1522.49	1491.37	1440.02	1378.42	16012.68
(OBS. =	1252.73	1224.81	1202.81	1202.68	1237.96	1364.76	1112.26	1114.67	1150.48	1080.14	1064.69	1215.94	14214.65)
1989	1484.60	1247.17	1214.98	1224.68	1287.53	1360.52	1426.08	1450.07	1466.89	1450.84	1409.18	1354.35	16576.91
(OBS. =	1243.39	1362.95	1381.86	1346.09	1165.99	1246.21	1363.33	1312.95	1193.92	1120.56	1022.57	988.47	14748.29)
1990	1465.32	1230.40	1197.56	1197.25	1249.38	1337.40	1364.75	1357.90	1329.82	1292.35	1241.18	1185.11	15448.41
(OBS. =	994.87	964.44	969.88	1105.06	1189.67	1147.42	1103.79	1142.32	1193.77	1181.33	1113.23	960.16	13065.94)
1991	735.72	1081.07	1070.54	1020.49	1004.98	1005.39	1011.16	1020.86	1024.33	1012.24	981.31	940.58	11908.68
(OBS. =	908.65	870.77	806.78	800.77	684.07e	600.19	510.15	486.19	545.59	547.53	545.22	566.53	7872.44)
1992	506.33	863.78	844.90	870.90	1029.61	1271.88	1435.33	1488.39	1495.95	1473.23	1426.44	1371.87	14078.61
(OBS. =	539.13	475.11	579.04	895.15	1115.52	1312.65	1387.59	1430.59	1610.06	1638.55	1583.30	1577.50	14094.21)
1993	902.89	1277.27	1212.94	1226.80	1278.94	1292.14	1285.70	1247.42	1210.96	1168.52	1113.28	1054.92	14271.78
(OBS. =	1429.07	1335.16	1239.98	1201.64	1066.50	1124.59	1222.76	1391.57	1440.46	1387.27	1197.01	978.45	15014.46)
1994	1038.59	950.44	914.34	866.75	888.55	866.86	871.44	871.00	860.97	842.82	809.24	773.30	10554.31
(OBS. =	883.51	844.00	768.18	681.32	472.31	489.52	789.41	520.25	391.32	462.10	689.23	742.63	7733.78)
1995	766.85	704.77	687.38	685.13	706.03	729.16	742.38	746.40	741.05	727.40	698.59	665.70	8600.84
(OBS. =	331.19	363.52	497.11	482.59	515.29	753.13	775.23	515.15	346.24	457.09	638.68	718.42	6393.64)
1996	661.65	621.09	594.72	626.96	713.95	863.69	954.23	989.63	994.02	982.19	950.79	913.78	9866.70
(OBS. =	633.97	590.37	634.07	886.98	1395.34	1574.59	1592.33	1572.81	1512.43	1426.17	1317.38	1147.36	14283.80)
1997	904.20	833.13	795.49	840.42	831.93	902.99	923.97	941.40	937.42	928.04	903.23	874.89	10617.10
(OBS. =	856.45	599.87	632.97	660.93	739.85	660.65	666.30	837.08	969.27	988.08	950.79	885.83	9448.07)
1998	869.57	807.45	816.70	845.74	904.25	1034.56	1101.46	1134.48	1129.92	1110.02	1071.13	1028.23	11853.50
(OBS. =	822.79	664.29	741.49	1032.67	1424.04	1575.23	1589.65	1622.98	1620.38	1606.82	1629.02	1576.04	15905.40)

	1999	1002.44	907.82	854.75	810.52	776.84	737.20	709.30	678.12	647.53	614.08	570.24	525.82	8834.63
(OBS. =	1461.04	1334.88	1350.52	1449.21	1477.29	1439.18	1412.49	1327.07	1485.83	1464.94	1377.46	1095.83	16875.74)	
% TOTAL	7.13	7.66	7.53	7.52	7.88	8.57	9.08	9.25	9.22	9.05	8.74	8.37	100.00	
(OBS. =	7.84	7.29	7.10	7.45	8.05	8.64	8.96	9.01	9.08	9.00	9.06	8.34	100.00	

