

GT-117

fles

Rosaque João Guale

**POTENCIAL DA BACIA DO RIO MOVENE
PARA CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM:**

Uma Análise Quantitativa e Qualitativa da Água do Rio

Trabalho para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Geografia

**Universidade Eduardo Mondlane
Faculdade de Letras
Departamento de Geografia**

Maputo, Maio de 1999

GT-117

Rosaque João Guale

**POTENCIAL DA BACIA DO RIO MOVENE
PARA CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM:**

Uma Análise Quantitativa e Qualitativa da Água do Rio.

**"Dissertação Apresentada em Cumprimento Parcial dos Requisitos Exigidos
para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Geografia
na Universidade Eduardo Mondlane"**

**Supervisora: Dra. Joanne Heyink Leestemaker
(Departamento de Geografia)**

**Universidade Eduardo Mondlane
Faculdade de Letras
Departamento de Geografia**

Maputo, Maio de 1999

U.E.M. - F.L.C.S.
RE 30582
DATA 02.11.1999
AQUISIÇÃO g.pts
COTA 91-117

RESUMO

O presente trabalho constitui uma contribuição na área de hidrologia com vista a tirar benefícios do ciclo hidrológico natural para os aproveitamentos hidráulicos; a partir do estudo de caso específico da sub-bacia do rio Movene, onde o autor faz uma análise quantitativa e qualitativa da água do rio para a construção da barragem (Movene II) na bacia hidrográfica de Umbelúzi.

O trabalho apresenta antecedentes de alguns estudos com abordagem diferenciada sobre o tema, onde se enquadra os conceitos fundamentais de análise de qualidade de água; e foram analisados e testados alguns modelos na área de estudo, como "River Basin System WAFLEX", Modelo Paramétrico Qualitativo de Água, com Base nos Critérios ou Padrões (para agricultura e consumo humano).

Os resultados obtidos revelam que a variação espacial e temporal da precipitação, dentro dos limites geográficos naturais determina fisicamente o caudal do rio Movene, em que a média anual ao longo de 40 anos (1954-1994) é de 2,5 m³/s (78 Mm³/s), aceitável para a construção da barragem projectada (Movene II), com capacidade de armazenamento de 28 M m³/s aproximadamente; e a qualidade de água na bacia de Movene apresenta níveis aceitáveis para o desenvolvimento das actividades económicas.

Palavras chaves: Bacia do rio Movene, Quantidade de água, "River Basin System WAFLEX", Caudal, Qualidade de água, Salinidade, Nutrientes poluentes, Coliformes, Barragem (Movene II), Expansão do sistema de irrigação, Consumo humano de água.

DECLARAÇÃO

“ Declaro que esta dissertação nunca foi apresentada, na sua essência, para a obtenção de qualquer grau e que ela constitui o resultado da minha investigação pessoal, estando indicados no texto e na bibliografia as fontes que utilizei”.

Rosaque J. Gualp

(Rosaque João Gualp)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Amad Guale e Madalena Nobre

e à

Aidinha.

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada, quero reconhecer o apoio financeiro da BASIS, por intermédio da minha supervisora e NET (Núcleo de Estudo da Terra) da Universidade Eduardo Mondlane, que tornou possível a realização deste trabalho.

Endereço de modo especial, os meus agradecimentos a minha supervisora Dra. Joanne Heyink Leestemaker, pela sua orientação intelectual, apoio material e bibliográfico; e sobretudo pelos seus conselhos científicos e sua total abertura.

Quero expressar a minha sincera gratidão ao Enge. José Rodrigues Matola, pela sua incondicional ajuda em material bibliográfico e dados digitais, críticas, conselhos e amizade.

Uma palavra de apreço vai para todos os meus colegas do curso, que ao longo da minha formação sempre souberam ceder o seu apoio amigável e muito em particular para dr. Boaventura Cau, António Adriano e Francisco Tauacale.

Agradeço vivamente aos meus queridos familiares e amigos, dr. José Almoço, Gafar Guale, Enge. Albano Leite, Ivo Cau, dr. Paulo Covele, Sérgio Obra, Tomé Waite, Tunís Matsinhe, Salvador Cadete e os demais pelas suas contribuições e encorajamento durante todo o período de realização deste trabalho.

Quero reconhecer também o apoio oferecido pelos senhores José Neto e Gorge Perreira, durante a elaboração dos mapas digitais em Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Finalmente, agradeço antecipadamente aos membros do Júri a quem coube a responsabilidade de apreciar e julgar este trabalho.

**POTENCIAL DA BACIA DO RIO MOVENE
PARA CONSTRUÇÃO DE BARRAGEM:
Uma Análise Quantitativa e Qualitativa da Água do Rio**

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONCEPÇÃO DO PROBLEMA.....	1
<i>No contexto geral</i>	1
<i>Ao nível da bacia de Umbelúzi</i>	2
<i>Ao nível da área de estudo</i>	3
1.2. OBJECTIVOS DO ESTUDO.....	4
1.3. PRESSUPOSTOS DO ESTUDO.....	5
2. A ÁREA DE ESTUDO E OS DADOS	5
2.1. LIMITES E LOCALIZAÇÃO.....	5
2.2. TOPOGRAFIA.....	6
2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	6
2.3.1. <i>Temperatura do ar</i>	7
2.3.2. <i>Precipitação</i>	8
2.3.3. <i>Evaporação em lençol de água livre</i>	9
2.3.4. <i>Regime de escoamento superficial</i>	10
2.4. SOLOS.....	14
2.5. A VEGETAÇÃO NATURAL.....	14
2.6. USO DA ÁGUA.....	15
2.7. A BARRAGEM PROJECTADA SOBRE O RIO MOVENE.....	15
3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO E CONCEITOS	17
3.1. ANTECEDENTES.....	17
3.2. O CONCEITO: QUALIDADE DE ÁGUA.....	20
3.2.1. <i>pH e Conductividade eléctrica</i>	22
3.2.2. <i>Aniões e Catiões (mg/l)</i>	23
3.2.3. <i>Coliformes totais (NMP/100 ml)</i>	23
3.3. OS MODELOS USADOS NA ANÁLISE DE ÁGUA.....	24
3.3.1. <i>Modelo "River Basic System WAFLEX"</i>	24
3.3.2. <i>Modelo Paramétrico Qualitativo de Água, com Base nos Critérios</i>	25
3.3.4. <i>Modelo Matemático para Análise da Qualidade de Água</i>	26
3.3.5. <i>Outros Modelos para Propósitos de Qualidade de Água</i>	27
4. METODOLOGIA	28
4.1. MATERIAL USADO.....	28
4.2. TRABALHO DE CAMPO.....	29
i) <i>Procedimentos de colecta das amostras de água</i>	30
ii) <i>Procedimentos de colecta das amostras de solo</i>	31
4.3. MODELOS APLICADO NA ÁREA DE ESTUDO.....	31
4.4. APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) E O GPS.....	33
5. RESULTADOS	34
5.1. CONDIÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO MOVENE.....	34
5.1.1 <i>Temperatura</i>	35
5.1.2 <i>Turvação</i>	35

5.1.3 Problema de Salinidade.....	36
5.1.4. pH.....	37
5.1.5. Nutrientes poluentes.....	38
5.1.6. Problema de Toxicidade.....	41
5.1.7. Coliformes totais.....	42
5.2. AS AMOSTRAS DE SOLO.....	42
5.2.1. Salinidade.....	42
5.2.2. Sodicidade.....	43
5.2.3. Textura.....	43
6. DISCUSSÃO.....	44
6.1. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO RIO MOVENE.....	44
6.1.1. <i>Variação do caudal</i>	46
6.1.2. <i>Prognóstico de escoamento anual</i>	48
6.2. FACTORES DETERMINANTES NA QUALIDADE DE ÁGUA.....	49
6.2.1. <i>Topografia e a qualidade de água</i>	49
6.2.1. <i>Precipitação e a qualidade de água</i>	50
6.2.2. <i>Salinidade e a qualidade de água</i>	51
6.2.3. <i>Actividades humanas e a qualidade de água</i>	53
<i>Actividade mineira</i>	53
<i>Agricultura</i>	54
<i>Uso da água bruta do rio</i>	54
6.3. PREVISÕES SOBRE A BARRAGEM NO RIO MOVENE.....	55
6.3.1. <i>Impactos da barragem sobre o meio ambiente circundante</i>	55
6.3.2. <i>Impactos da qualidade de água no futuro</i>	57
<i>No contexto físico-natural</i>	57
<i>No contexto sócio-económico</i>	58
7. OBSERVAÇÕES E CONCLUSÕES.....	60
8. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	62
9. ANEXOS.....	70

ABREVIATURAS

<i>cf.</i>	Confrontar ou conferir
DGRH	Direcção de Gestão dos Recursos Hídricos (da DNA)
DINAGECA	Direcção Nacional de Geografia e Cadastro
DNA	Direcção Nacional de Águas
DTA	Departamento de Terra e Água (do INIA)
FAO	Organização para a Agricultura e Alimentação
GIS	Geography Information System
INE	Instituto Nacional de Estatística
INIA	Instituto Nacional de Investigação Agronómica
LNHAA	Laboratório Nacional de Higiene, Água e Alimentos
MISAU	Ministério de Saúde
m ³ /s	metros cúbico por segundo
Mm ³	Milhões de metros cúbico
SÉHA	Secretaria de Estado Hidráulica Agrícola
SIG	Sistema de Informação Geográfica
OMS	Organização Mundial de Saúde
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
WHO	World Health Organization

Listas de Tabelas

Tabelas no texto

- Tabela 01: Contribuição do rio Umbelúzi em relação a bacia do rio Movene
- Tabela 02: Contribuição dos rios Movene e Impaputo para a barragem de Movene II
- Tabela 03: Cálculo dos contributos do rio Movene na barragem projectada (Movene II)
- Tabela 04: Variação de sais dissolvidos no rio Movene
- Tabela 05: Prognóstico de escoamento médio anual do rio Movene (m^3/s).

Tabelas anexas

- Tabela 06: Caudais médio mensais e anuais (m^3/seg) E8, 1954-1987.
- Tabela 07: Caudais médio mensais e anuais (m^3/seg) E395, 1959-1981.
- Tabela 08: Caudais médio mensais e anuais (m^3/seg) P 342, 1955-1996.
- Tabela 09: Caudais médio mensais e anuais (m^3/seg) rio Movene, 1954-1994.
- Tabela 10: Caudais médio anuais (m^3/seg) E8, E395, rio Movene e P342.
- Tabela 11: Características Físicas de água na bacia do rio Movene (fase 1).
- Tabela 12: Características Físicas de água na bacia do rio Movene (fase 2).
- Tabela 13: Características Químicas de água na bacia do rio Movene (fase 1).
- Tabela 14: Características Químicas de água na bacia do rio Movene (fase 2).
- Tabela 15: Qualidade de água do rio Umbelúzi, E8 (1982-1999).
- Tabela 16: Características Microbiológicas de água na bacia do rio Movene (fase 1).

Tabela 17: Características Microbiológicas de água na bacia do rio Movene (fase 2).

Tabela 18: Resultados laboratoriais de amostras de solo na bacia do rio Movene (Ponte Boane/ via Namaacha e Ponte “Km 20”).

Lista de Gráficos

Gráfico 01: Variação das temperaturas médias mensais (Namaacha, Movene)

Gráfico 02: Termopluviometria da estação climática de Movene

Gráfico 03: Variação da temperatura no rio Movene

Gráfico 04: Variação da turvação no rio Movene

Gráfico 05: Variação da condutividade elétrica no rio Movene

Gráfico 06: Variação de pH no rio Movene

Gráfico 07: Variação do nitrato no rio Movene

Gráfico 08: Variação do nitrito no rio Movene

Gráfico 09: Variação de cloreto no rio Movene

Gráfico 10: Variação do óxido de fósforo no rio Movene

Gráfico 11: Variação de bicarbonatos no rio Movene

Gráfico 12: Variação de amónio no rio Movene

Gráfico 13: Variação de potássio no rio Movene

Gráfico 14: Variação do sódio no rio Movene

Gráfico 15: Variação de cálcio no rio Movene

Gráfico 16: Variação de magnésio no rio Movene

Gráfico 17: Variação do ferro total no rio Movene

Gráfico 18: Variação da alcalinidade total no rio Movene

Gráfico 19: Variação dos indicadores de poluição na E8 , 1982-1999.

Gráfico 20: Escoamentos (m^3/s) da E8, E395 e rio Movene (1954-1994)

Gráfico 21: Escoamento (m^3/s) de Movene e precipitação P924 (1954-1994).

Gráfico 22: Estimativa anual de escoamento do rio Movene (m^3/s).

Gráfico 23: Variação da taxa de absorção de sódio da água do rio Movene (SAR)

Gráfico 24: A população na bacia do rio Movene (1980-1997).

Lista de Mapas

Mapa 1: Bacia de Umbelúzi: Enquadramento da Área de Estudo

Mapa 2: Limites e Localização Geográfica da Área de Estudo

Mapa 3: Rede Hidroclimatológica da Bacia do rio Movene

Mapa 4: Locais de Colectas das Amostras de Água e Solo

Mapa 5: Topografia da Bacia do rio Movene

Mapa 6: Os Solos da Bacia do rio Movene

Mapa 7: Aptidão agrícola para o Regadio.

Lista de Fotografias

Foto 01: Machambas familiares entre o rio Movene no “km 20”.

Foto 02: As pedreiras a montante do rio podem constituir fontes de poluição da água do rio Movene. A estrada a beira do rio, via pedreira de Tamega.

Foto 03: Procedimento da colecta das amostras de água na ponte de Boane, via Namaacha, depois da queda de chuva no dia 07/03/99.

Foto 04: Procedimento de colecta das amostras de solo, nas proximidades da represa de Movene, "km 20".

Foto 05: Machambas de agricultores ao longo do vale de Movene, sofrem inundações regulares do rio Movene, durante o período de intensas chuvas.

Foto 06: O uso e aproveitamento de água, para a irrigação de culturas, é mais notório ao longo do vale de Movene por agricultores privados.

Foto 07: A população usa a água do rio para tomar banho, lavar a roupa, beber e para outras finalidades domésticas, E8 – Ponte de Boane, rio Umbelúzi

Foto 08: A água do rio é usada também pelo gado, E8 – rio Umbelúzi

Foto 09 e 10: Área projecta para a construção da barragem Movene II, a represa sobre o rio Movene no "km 20"

1. Introdução

1.1. Concepção do problema

No contexto geral

“A água é um recurso natural com características muito especiais, indispensáveis ao homem e aos outros seres vivos; e, é componente privilegiado da própria vida, para além de ser o suporte essencial do ecossistema” (Cunha, 1980:1).

A nível mundial, os actuais problemas que se levantam no domínio de recursos hídricos impõem a necessidade de evitar que a crescente escassez de água possa constituir obstáculo ao desenvolvimento económico e social.

Actualmente, as crescentes pesquisas de água promovidas, a nível da África Austral procuram incentivar o debate sobre o uso dos recursos hídricos numa forma cada vez mais integrado na região austral (*cf.* DNA, 1998:1 e Leestemaker, 1998:1); e, Moçambique, como território da África Austral, apresenta um enorme potencial de recursos hídricos, cujo seu aproveitamento racional pode contribuir para o desenvolvimento sócio-económico, caso contrário, pode criar um constrangimento no futuro, em relação ao crescimento económico e do progresso social do país (*cf.* Vaz, 1997:3). Pois este, partilha 9 dos 15 rios internacionais da África Austral, onde 54% dos recursos hídricos avaliados no país são de origem dos rios internacionais.

Nas últimas três décadas, os países à montante em relação à Moçambique têm desviado maior parte do escoamento da água para fins de irrigação, abastecimento e para outras finalidades (*cf.* DNA, 1998:3).

Este contraste e desigualdade no aproveitamento dos recursos hídricos poderá influir na quantidade e na qualidade de água à jusante.

O controlo e o monitoramento da qualidade de água dum rio depende fundamentalmente dos níveis da sua utilização, que são influenciados pelas necessidades de produção agrícola, consumo humano e industrial.

Existem várias categorias de utilização da água: o consumo doméstico, público e no processo produtivo (irrigação, indústria, energia, a pesca e o turismo). Assim, é importante considerar os factores fundamentais que afectam a variação dos caudais e a qualidade da água numa determinada bacia hidrográfica, para garantir a satisfação positiva das várias categorias na sua utilização.

Ao nível da bacia de Umbelúzi

Na bacia de Umbelúzi¹ não existe um monitoramento profissionalmente contínuo de análise da qualidade de água, isto pode dificultar a renovação dos bancos de dados dos processos hidrológicos que ocorrem na área da bacia (*cf.* Chonguiça, 1995:183, Matola, 1998:76); para além de falta de dados completos das estações hidrométricas na parte moçambicana; o que torna difícil concluir se houve ou não uma deterioração da qualidade de água durante os últimos anos (*cf.* Nilsson, 1998:1).

¹ A bacia de Umbelúzi localiza-se no sudeste da África Austral, entre as latitudes 25° 30'S e 26° 30'S e longitudes 31° 00'E e 32° 30'E (Hidroprojecto, 1974:5). Apresenta uma área total de drenagem de 5700 km², o que representa uma distribuição aproximada de: 58.2% em Suazilândia; 1.4% em África do Sul e 40.4% em Moçambique (Lopes, 1979 citado por Chonguiça, 1995:14), vide mapa 1.

Ao nível da área de estudo

Segundo os estudos realizados pela DNA (1983) e SOGREA (1992) na bacia do rio Movene propõem a construção de duas barragens (Movene I e II)² (DNA, 1983:9; SEHA, 1993a: A9-3.6).

Outro estudo realizado por Matola (1998:65) considera também, que para o desenvolvimento da bacia do rio Movene, constitui uma alternativa aceitável a construção da barragem Movene II, com capacidade útil de 28 Mm³ e com capacidade total em pleno armazenamento de 35 Mm³ aproximadamente (cf. SEHA, 1993a:A9-3.6), o que pode constituir uma das viabilidades para o uso e aproveitamento dos recursos hídricos na bacia do rio Movene.

A água do rio sempre contém substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas ou em suspensão. Algumas substâncias são incorporadas por processos naturais e outras pelas actividades humanas, como a agricultura (entre as margens do rio Movene)³ e a exploração mineira (as pedreiras à montante do rio)⁴. Em resultado das reacções químicas podem surgir outras substâncias derivadas com certo nível de poluição e contaminação.

“A concentração dos agentes poluentes e contaminantes dum rio depende da quantidade de materiais que ali são lançados e da importância do escoamento do próprio rio” (Jessen, 1998:37), isto evidencia a necessidade de apresentar uma contribuição das disponibilidades hídricas do rio Movene e análise da sua qualidade

² O estudo de SOGREA (1982:3) analisa duas alternativas para a construção de barragens sobre o rio Movene: a barragem abaixo (Movene I) na ponte de Boane/ via Namaacha e a barragem alta (Movene II) no “km 20” na represa de Movene, vide ponto 2.7.

³ Vide foto 1.

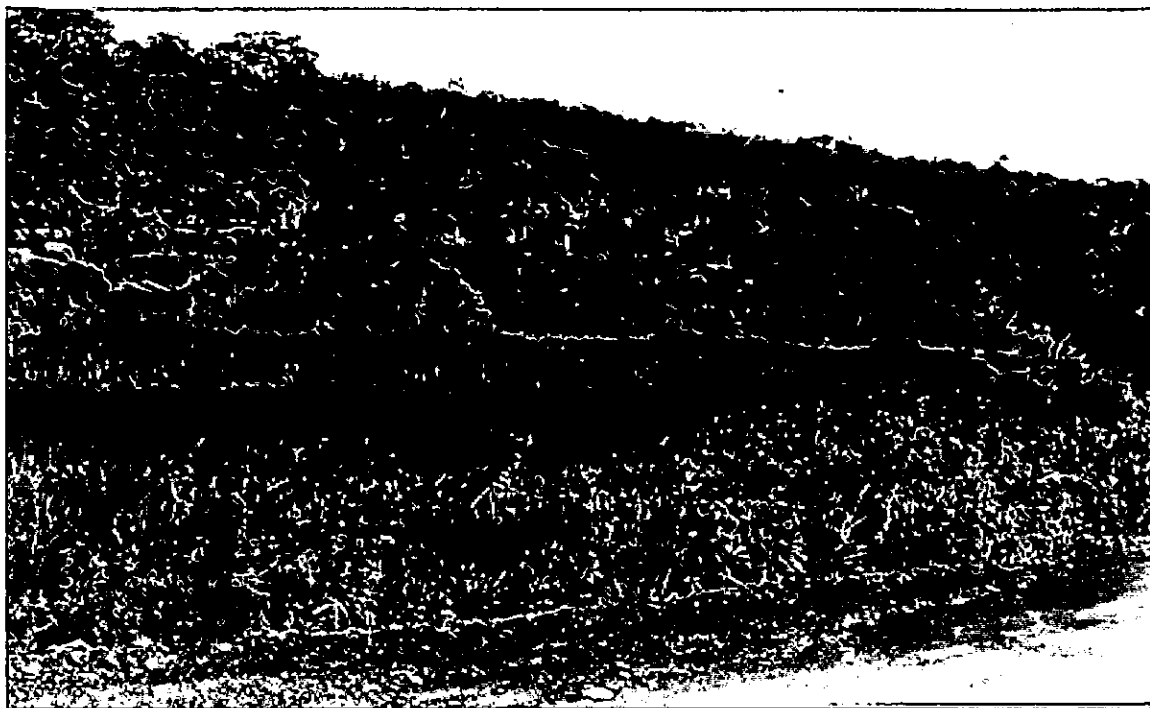


Foto 1: Machambas familiares entre o rio Movene, no "km 20" (foto: Rosaque Guale)

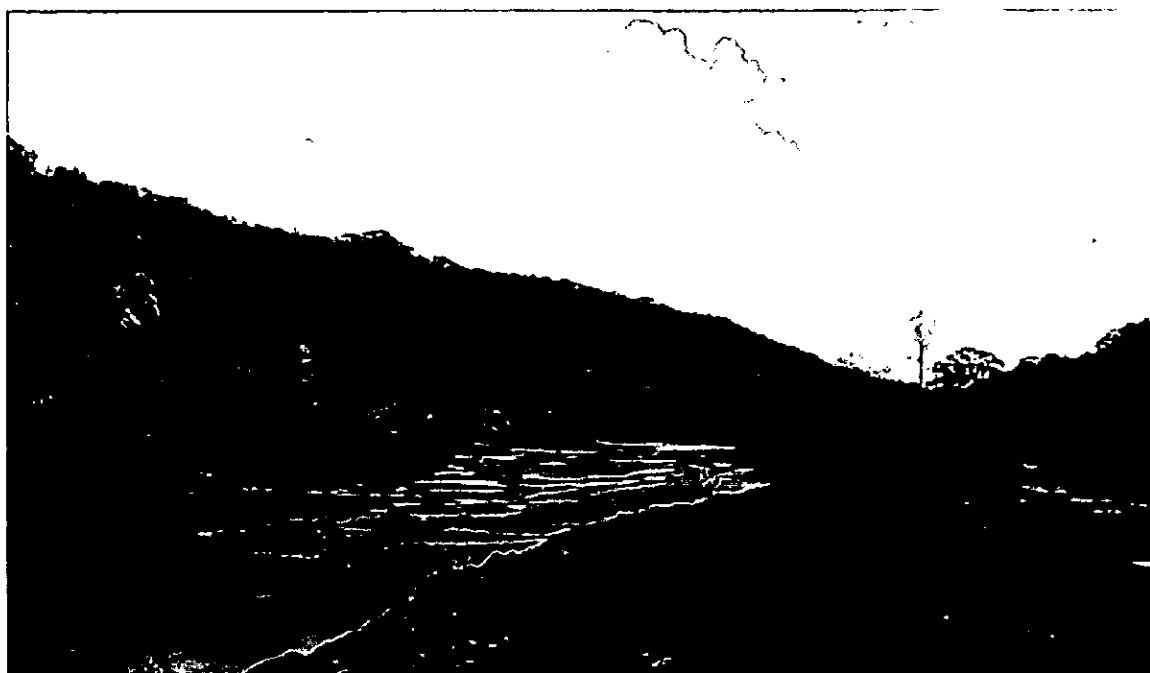


Foto 2: As pedreiras à montante do rio podem constituir fontes de poluição de água do rio Movene; Estrada a beira do rio Movone, via pedreira de Tamega, (foto: Rosaque Guale)

para a materialização dos projectos agrícolas sem pôr em causa o seu ecossistema e a saúde humana.

A análise da quantidade e da qualidade de água é importante para estabelecer uma rede de monitoramento e gestão dos recursos hídricos, para combater e prevenir os problemas de poluição e as cheias (Hsu e Liu, 1978:123). Como defende Biswas (1978:21) é necessário antes de desenvolver projectos ligados água efectuar o monitoramento desta para maximizar os benefícios económicos e minimizar os impactos ambientais irreparáveis no ecossistema dum rio.

1.2 Objectivos do estudo

O objectivo principal do trabalho é avaliar a quantidade e a qualidade da água do rio Movene para a construção da barragem.

Os objectivos específicos do trabalho são:

- i) Avaliar a quantidade de água disponível no rio Movene, em termos do regime de escoamento superficial e variação do caudal médio;
- ii) Analisar a qualidade de água do rio Movene para a construção da barragem (Movene II), para a agricultura e para o consumo humano;
- iii) Identificar e avaliar no espaço, no tempo e escala os factores determinantes na qualidade de água e, os seus impactos na rega e para o consumo humano na área de estudo.

⁴ Vide foto 2.

1.3. Pressupostos do estudo

- i) O regime de escoamento do rio Movene é periódico, o que influi na variação dos caudais médios mensais, devido a irregularidade da precipitação ao longo do ano; pois, a construção da barragem sobre o rio pode contribuir para o armazenamento da água e controle das cheias durante o período chuvoso.
- ii) A qualidade de água na bacia do rio Movene apresenta-se ligeiramente salina ao longo da planície de Movene e estes efeitos não se fazem sentir em relação à montante, devido a diferenciação genética da estrutura pedológica, o que pode contribuir para a construção de barragem Movene II, na actual represa sobre o rio Movene (Km 20) para o desenvolvimento das actividades sócio-económicas a nível local e da bacia de Umbelúzi.

2. A área de estudo e os dados

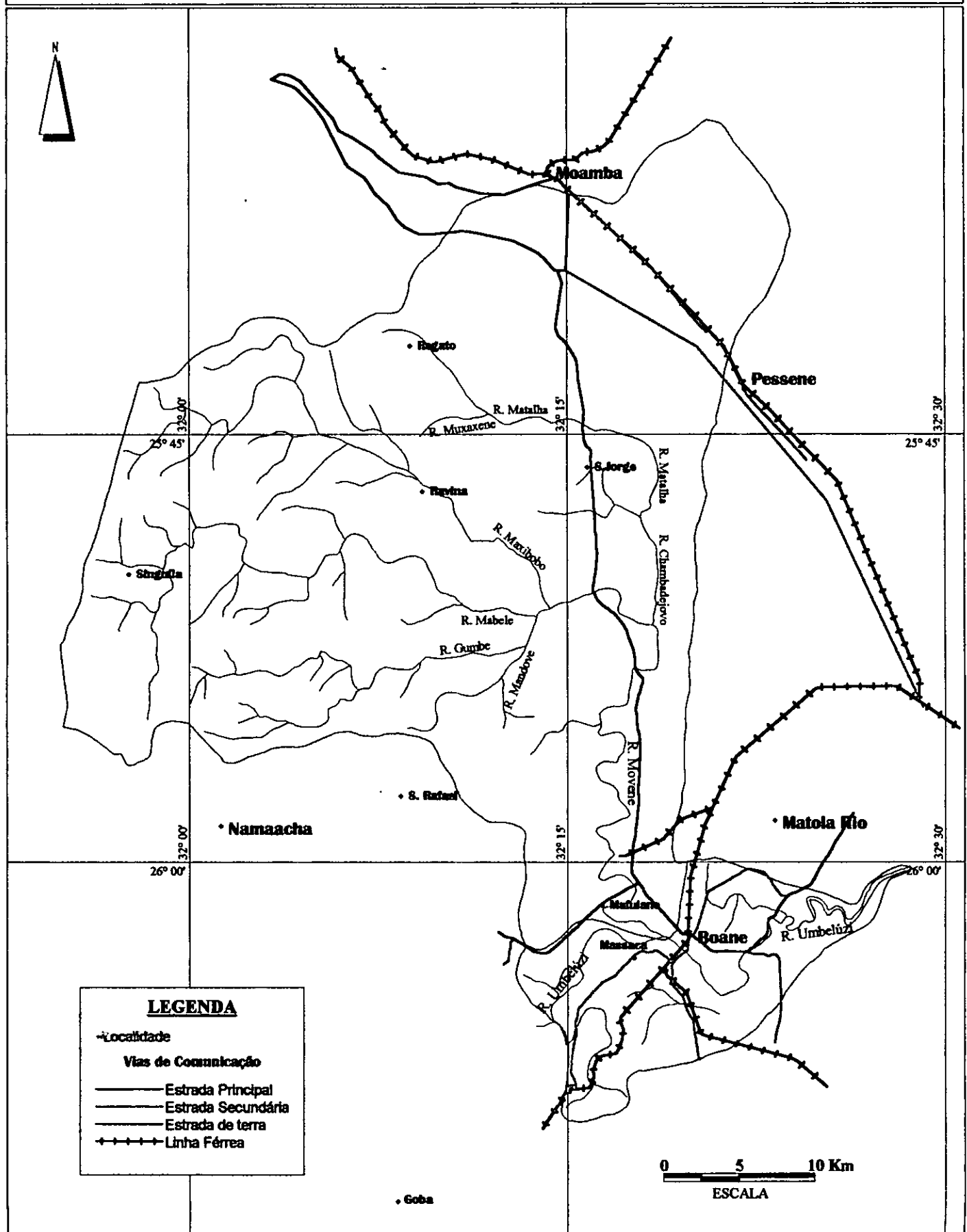
2.1. Limites e localização

A bacia do rio Umbelúzi é dividida em seis unidades de sub-bacias, destacadamente: Mnjoli, Mbuluzane, Inter-Libombos, Nkalishane, Movene e a Planície litoral (Matola, 1998:19)⁵.

A área de estudo abrange a unidade da sub-bacia de Movene na bacia hidrográfica de Umbeluzi, entre as latitudes 25° 40' 32"S e 26° 07' 42"S, longitudes 31° 54' 53"E e 32° 24' 05"E. É limitada a Norte pela Vila de Moamba. Ao Sul pela planície litoral da bacia de Umbeluzi, Posto Administrativo de Boane. A Oeste é

BACIA DO RIO MOVENE

Mapa 2: LIMITES E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



LEGENDA

• Localidade

Vias de Comunicação

- Estrada Principal
- Estrada Secundária
- - - Estrada de terra
- + + + + + Linha Férrea

0 5 10 Km
ESCALA

limitada pela Posto Administrativo de Namaacha e República da África do Sul e a Este pelo Matola Rio e Pessene (vide mapa 2).

2.2. Topografia

A bacia do rio Movene é caracterizada a Oeste por relevo encerrado pela cordilheira dos pequenos libombos, formação idêntica à dos grandes libombos, que estiveram na origem da cadeia montanhosa de Drakensberg na África do Sul, com altitudes entre 200 – 600 metros (vide mapa 5), onde se nota a presença de riolitos mais resistentes à erosão do que os basaltos (*cf.* Assunção, *et al.*, 1962:17 e Mountain, 1968:131). A Este, o relevo é caracterizado por uma formação de dunas paralelas. A área central, ao longo do Movene a altimetria é 50 metros e, entre os locais projectados para a construção das barragens, Movene I e II, é predominantemente de superfícies planas e com pequenas elevações, como o caso do vale de Movene, que sofre inundações temporárias durante o período chuvoso.

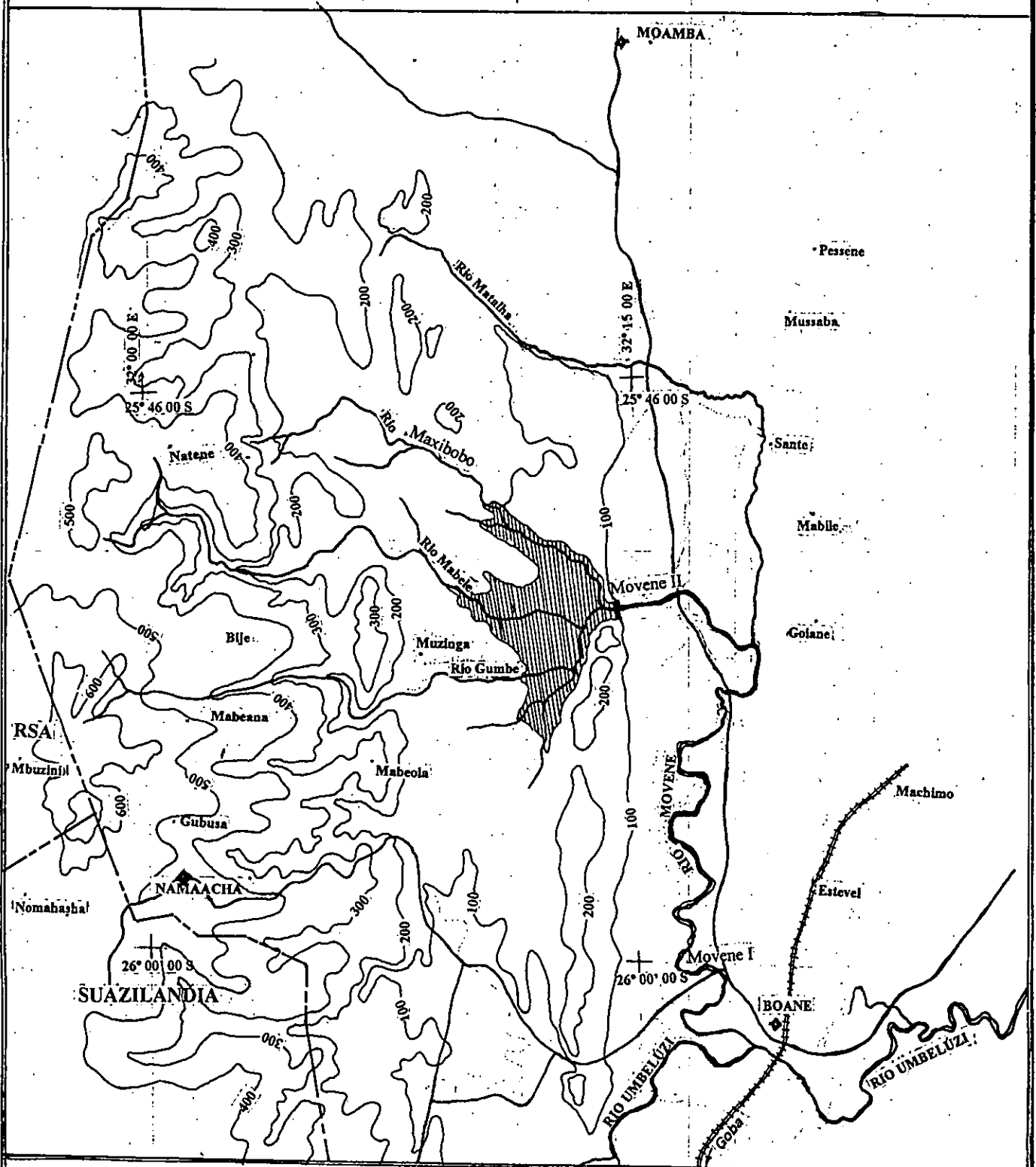
2.3. Características climáticas

Segundo a classificação de Koppen, o clima característico da área de estudo é tropical seco de estepe do tipo Bsw, na faixa ocidental junto da África do Sul e na área de confluência entre o rio Movene e o rio Umbelúzi é influenciado pelo tipo Bs (*cf.* Carvalho, 1969:8).







A temperatura mínima aproxima 18°C, entre Junho e Julho e, a máxima aproxima 27°C, entre Janeiro e Fevereiro, o que corresponde os meses mais

BACIA DO RIO MOVENE

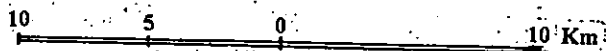
Mapa 5: TOPOGRAFIA



LEGENDA

-  Curvas de nível
-  Rios
-  Área da barragem projectada (Movene II)
-  Fronteira
-  Estrada principal
-  Linha férrea

ESCALA

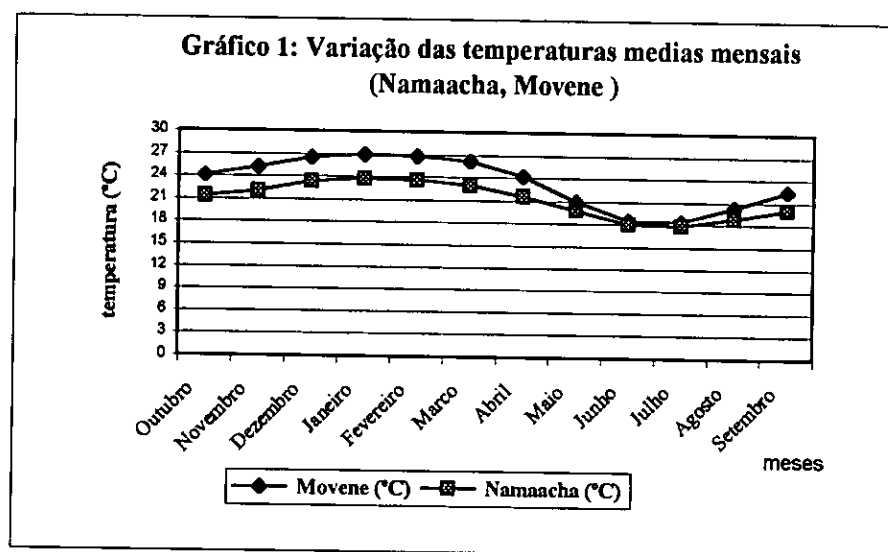


Fonte: SOGREA, 1982. Integrate Agro-Industrial and Livestock Development Projects in Sabié, Middle Incomati, and Movene Rivers in Mozambique (annex)

chuvosos⁶. Esta situação climática possibilita dois ciclos de colheita agrícola durante o ano (Carvalho,1969:8 e SOGREAH,1992:26).

2.3.1. Temperatura do ar

A temperatura constitui um dos elementos de clima com maior influência no processo de evaporação. No espaço, a subida da temperatura implica o aumento em simultâneo da tensão de vapor de água e a intensidade de evaporação (Azevedo,1949:151).



Fonte: Elaborado com base em Kassam, A. et al,1981:22. Climatic data bank and length of growing period analysis.

Para a caracterização da temperatura da área de Movene admitiu-se os valores intermediários correspondendo a uma média de 23,4°C das temperaturas médias mensais das estações de Moamba e Umbelúzi (SOGREAH,1982:26), porque mostrarem uma certa continuidade do clima na área de estudo. Por outro lado, as temperaturas máximas de Movene apresentam-se elevadas em relação a área

⁶ Vide o gráfico 2. Construído com base nas observações dos dados da estação do Movene, durante o período de 12 anos, de 1967-1980. vide a recapitulação dos dados das pluviometrias mensais e anuais da área de influência do estudo. latitude 26° 03' 00"S e longitude 32° 23' 00"E e altitude (não

montanhosa (Namaacha).

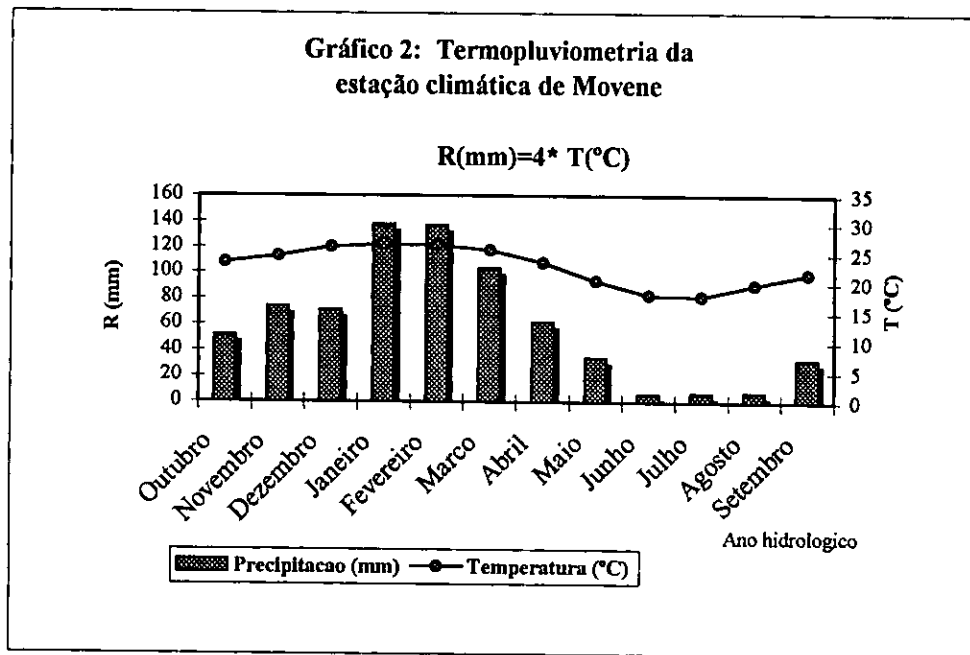
A área montanhosa é caracterizada por temperaturas máximas mais fracas do que as observadas em baixa altitude, e as mínimas observadas de Outubro à Março são igualmente menos elevadas, o que tem como consequência global a redução de pouco mais de 2°C da temperatura média anual em altitude, relação a área de Movene (vide grafico 1).

Contrariamente a humidade relativa do ar, a nível da área de Movene apresenta-se menos húmida do que o clima de altitude de Namaacha.

2.3.2. Precipitação

A variação espacial da precipitação é considerada dentro dos limites geográficas naturais, ou seja, nas bacias hidrográficas como determinante no processo de distribuição das águas num espaço (Rodrigues, 1986:33), pois ela é que proporciona fisicamente o caudal do rio numa unidade espacial.

A bacia do rio Movene constitui o ponto de referência duma unidade espacial, em que a variação espaço-temporal da precipitação apresenta uma irregularidade nos fenómenos pluviosos, o que se reflecte na quantidade de água disponível ao longo do ano.



Fonte: Elaborado com base em Kassam, A. et al, 1981:22. Climatic data bank and length of growing period analysis.

A precipitação anual de chuvas na área de estudo é 722 mm. Pois, o padrão de precipitação apresenta-se irregular. As chuvas com alguma importância se produzem de Outubro à Abril, com o máximo em Janeiro e Fevereiro e, o mínimo pluvial ocorre entre Junho à Agosto, com o coeficiente de variação acima de 30% (SOGREAH, 1982:30, SEHA, 1993b: A9-3.3).

2.3.3. Evaporação em lençol de água livre

Os dados da evaporação em lençol de água livre em Movene foram obtidos a partir das observações feita em tina (mm), deduzidos pelo coeficiente de 0.7, enquanto os valores de evapotranspiração corrigidos pela FAO e calculados pela fórmula de PENNMAN⁷ são da estação de Umbelúzi e aplicáveis à área de Movene (SOGREAH, 1982:31).

⁷ Idem

A área de Movene apresenta uma evaporação da água superficial de 1226 mm e uma evapotranspiração potencial de 1386 mm, o que mostra maior perda de água, quando está revestido de culturas agrícolas e outras plantas, em relação as quantidades de precipitação registadas anualmente (ibid).

2.3.4. *Regime de escoamento superficial*

A bacia do rio Movene é formada pelos seus principais afluentes: rios Gumbe; Mabele; Maxibobo e Matalha⁸ que são periódicos ao longo do ano.

Sendo assim, se se considerar que os consumos serão forte e com a influência da evaporação, dado a periodicidade do rio Movene ao longo do ano, pode criar sequência de escoamento nulo ao longo dos anos. Para tal, as perdas de água por evaporação podem ser melhor estimadas face ao volume e a área de inundação da albufeira (Movene II) projectada na área de estudo, o que pode facilitar também avaliar a quantidade de água que poderia satisfazer as necessidades de consumo (na agricultura e doméstico).

SOGREAH (1982:34) analisou uma série de 24 contributos anuais para cada uma das duas estações de Goba e Boane sobre o rio Umbelúzi, referente o período de 1964-1974, o que permitir igualmente definir os contributos anuais da bacia intermediária (2 300 km²), ou seja, 1500 km², corresponde à bacia total do rio Movene (vide tabela 01).

⁸ Vide mapa 3.

Tabela 01: Contributo do rio Umbelúzi em relação a bacia do rio Movene

Estações	Área de influência e de drenagem (km ²)	Contributo médio anual (estimando) em Mm ³
Umbelúzi em Goba	3 100	390
Umbelúzi em Boane	5 400	490
Bacia intermediária ⁹	2 300	100

Fonte: SOGREAH, 1982:34, Estudo de Avaliação do Aproveitamento do Complexo Agro-Industrial de Movene

O estudo da SOGREAH (1982) admitiu que contributo médio estimado da bacia intermediária é de 100 Mm³ e, se se efectuar uma repartição deste contributo proporcional à superfície das bacias vertentes, a vaga de água escoada é de 43,5 mm, o que lhes permitiram avaliar os escoamentos anuais, na perspectiva de construção da barragem de Movene II, com 675 km², numa estimativa de contribuição médio anual de 29,0 Mm³, em relação aos afluentes à montante do rio Movene (vide tabela 02).

Tabela 02: Contributo dos Rios Movene e Impaputo para a barragem Movene II

Rios	Superfície à montante (km ²)	Contributo estimado (Mm ³)
Movene	629	29.0
Impamputo	540	23.5
Total	1169	52.5

Fonte: SOGREAH, 1982:34, Estudo de Avaliação do Aproveitamento do Complexo Agro-Industrial de Movene

Estes contributos foram calculados a partir das chuvas médias mensais registadas na área de estudo, a partir de dados escolhidos de década, 1964-1974, tendo sido representativo em relação ao regime médio de escoamento, pois a média das chuvas anuais de 1964 à 1974 é de 692 mm, contra 650 mm sobre um longo

período (1951-1977), com flutuações extremas nos seus valores anuais.

Assim, o contributo médio anual do rio Movene no local em que foi projectada a barragem é avaliado em 33 Mm³ (tabela 03), para o período de 1964-1974 e o contributo avaliado sobre o longo período de 1954 à 1978 é de 29 Mm³ (SOGREAH,1982:36).

O exame da tabela 03, mostra que ao longo dos anos o rio Movene sofre escassez de água, pois as contribuições do rio Movene, se se considerar o regime das chuvas, ocorrem entre os meses de Outubro à Abril, com escoamento significativo em Janeiro e Fevereiro e, a partir de Maio o caudal do rio tende a diminuir até o mês de Setembro, onde o escoamento superficial do rio chega a ser nulo.

⁹ Cerca de 65,2% da bacia intermediária pertence o total da bacia do rio Movene.

*Tabela 03: Cálculo dos contributos do rio Movene
na barragem projectada (Movene II)*

Ano	Out. Nov. Dez.	Jan. Fev. Mar.	Abr. Mai. Jun.	Jul. Ago. Set.	Total Anual	Vaga de Água Anual (mm)
1964-65						
Chuva média (mm)	216,1	157,9	50,0	73,4	491,5	
Contributo (Mm ³)	5,0	0,0	0,0	0,0	5,0	7
1965-66						
Chuva média (mm)	156,2	620,8	69,6	41,3	887,9	
Contributo (Mm ³)	0,0	84,0	0,0	0,0	84,0	125
1966-67						
Chuva média (mm)	181,6	553,0	81,5	6,9	823,0	
Contributo (Mm ³)	0	68,0	0,0	0,0	68,0	100
1967-68						
Chuva média (mm)	165,3	319,1	51,2	59,8	596,1	
Contributo (Mm ³)	0	20,0	0,0	0,0	20,0	30
1968-69						
Chuva média (mm)	148,3	320,0	198,2	76,3	742,8	
Contributo (Mm ³)	0	9,4	0,0	0,0	9,4	14
1969-70						
Chuva média (mm)	303,5	67,5	43,5	34,5	449,0	
Contributo (Mm ³)	18,2	0,0	0,0	0,0	18,2	27
1970-71						
Chuva média (mm)	158,8	243,3	139,2	16,5	557,8	
Contributo (Mm ³)	0	2,9	0,0	0,0	2,9	4
1971-72						
Chuva média (mm)	293,1	540,7	179,0	11,1	1023,9	
Contributo (Mm ³)	16	67,0	0,0	0,0	83,0	123
1972-73						
Chuva média (mm)	163,6	162,6	95,2	207,4	628,5	
Contributo (Mm ³)	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
1973-74						
Chuva média (mm)	363,3	289,9	36,1	30,2	719,5	
Contributo (Mm ³)	27	16,0	0,0	0,0	43,0	64
Valores médios Em (10 anos)						
Chuva média (mm)	215,0	326,9	94,4	55,8	692,1	
Contributo (Mm ³)	6,6	26,7	0,0	0,0	33,3	

Fonte: SOGREA, 1982:43-44, Estudo de Avaliação do Aproveitamento do Complexo Agro-Industrial de Movene.

2.4. Solos

Segundo a legenda e nota explicativa de carta dos solos, combinadas com os mapas 1:50000 e 1:250000 (INIA,1993) foram identificados para a área de estudo a predominância dos seguintes grupos de solos agrupados: solos de planície arenosa, basálticos e riolíticos da cadeia vulcânica dos libombos, de coluviões argilosos, de aluviões, de pedimento de mananga com cobertura arenosa de espessura variável, sobre plataforma de seixos rolados, de post-mananga e de grés e areias avermelhadas¹⁰.

Na formação montanhosa dos pequenos libombos, é notável a existência de solos riolíticos e na depressão de inter-libombos, incluindo a depressão do vale do Movene, predominam solos argilosos de origem basáltica.

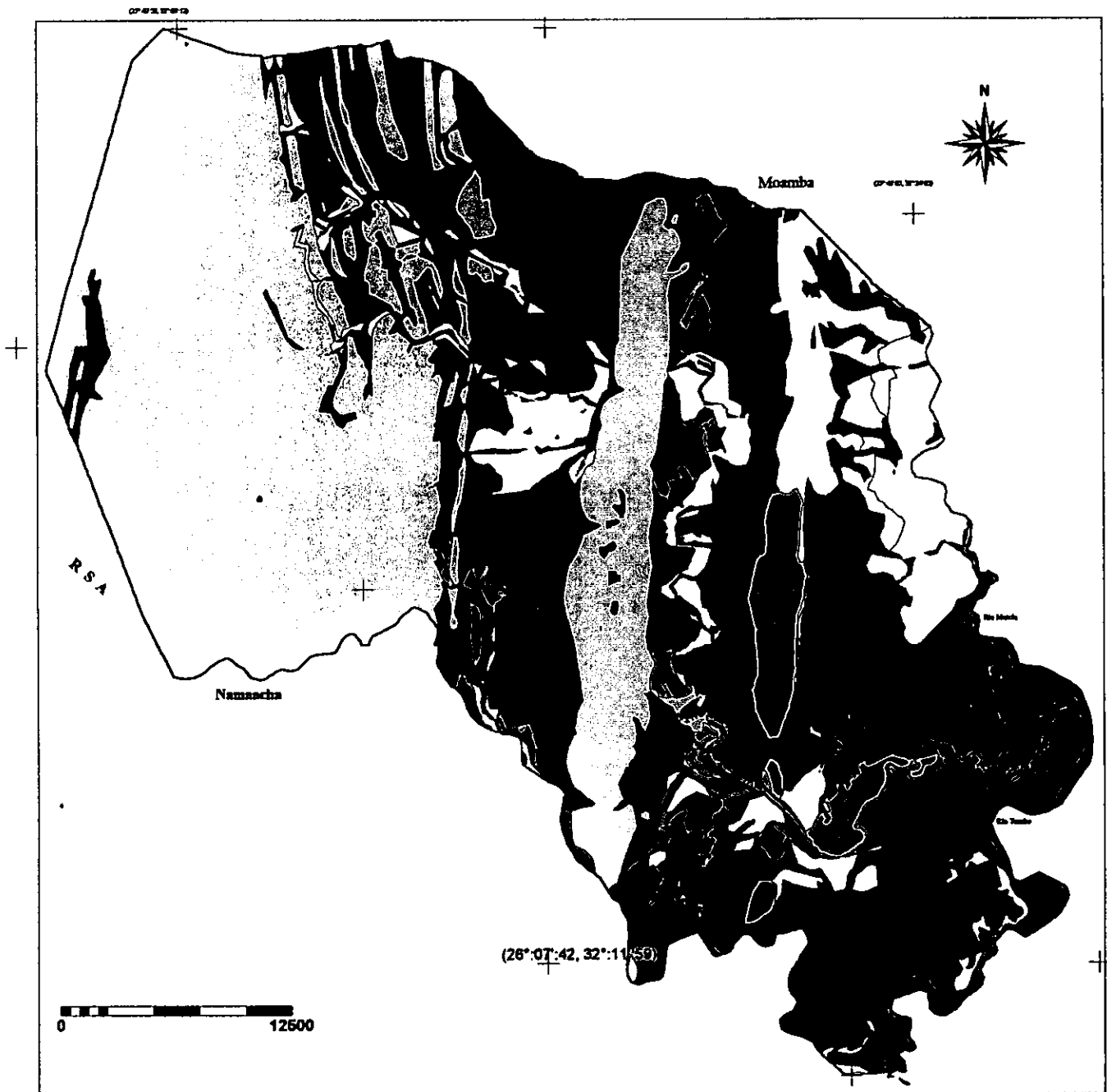
2.5. A Vegetação Natural

Na bacia de Movene, a vegetação natural dos limites das áreas cultivadas e de plantações, apresenta vestígio de desflorestamento, com maior destaque as matas baixas abertas com extractos graminosos associados, *Themenda triandra* e *Turbina oblongata* (SOGREAH,1982:98; Hatton, SEHA,1993b:A9-5.12 e Couto,1997:10).

¹⁰ Vide mapa 6

BACIA DO RIO MOVENE

Mapa 6: SOLOS



LEGENDA:

- | | |
|------------------------------|--|
| Solos arenosos | Solos de mananga com cobertura arenosa |
| Solos basalticos | Solos de post-mananga |
| Solos de aluvioes | Solos riolíticos |
| Solos de coluvioes argilosos | Solos sobre a plataforma de seixos rolados |
| Solos de gres | Rios |
| Solos de mananga | |

Fonte: Carta de solos, 1:50000
INIA-DTA, 1999
Por: Guale, R./Dep. Geografia/UEM

2.6. Uso da água

A facilidade de acesso a água nas comunidades populacionais na bacia do rio Movene diferencia-se de um lugar para outro, como por exemplo, a população situada no Posto Administrativo de Baone e Mafuiane¹¹, recorre a água do rio para o consumo doméstico.

Embora, os furos localizados nestas comunidades contribuem para diminuir o percurso de grande distâncias à procura de água para o consumo diário, eles não satisfazem as necessidades da população. Nota-se que numa forma genérica, que a maioria da população rural usa a água não canalizada dos poços e furos, fontenárias e do rio; o que pode ocasionar surtos de doenças, como cólera, diarreias, malária e entre outras.

A água do rio, principalmente no vale de Movene tem sido utilizada para a irrigação, mas ela continua a ser um factor limitante para o desenvolvimento da agricultura a nível da bacia, devido a periodicidade do rio ao longo do ano¹².

2.7. A barragem projectada sobre o rio Movene

Na bacia do rio Movene¹³ foram elaborados planos pela SOGREAH (1982) e SEHA (1993) que apresentam as viabilidades para o aproveitamento dos recursos hídricos na bacia, que consistem na construção de duas barragens sobre o rio Movene, para estabelecer a rede de irrigação do complexo agro-pecuário de Movene.

¹¹ Vide fotos 7 e 8. Cerca de 45% da população da área de influência directa do rio Movene, situa-se no Posto Administrativo de Baone e Mafuiane, vide gráfico 24 .

¹² Vide fotos 1 e 5.

¹³ O rio Movene é o principal tributário no território moçambicano da bacia do rio Umbelúzi com uma



Foto 5: Machambas de agricultores ao longo do vale de Movene, sofrem inundações regulares do rio Movene, durante o período de intensas chuvas (foto: Rosaque Guale)



Foto 6: O uso e aproveitamento da água, para irrigação de culturas, é mais notório ao longo do vale de Movene por agricultores privados (foto: Rosaque Guale).

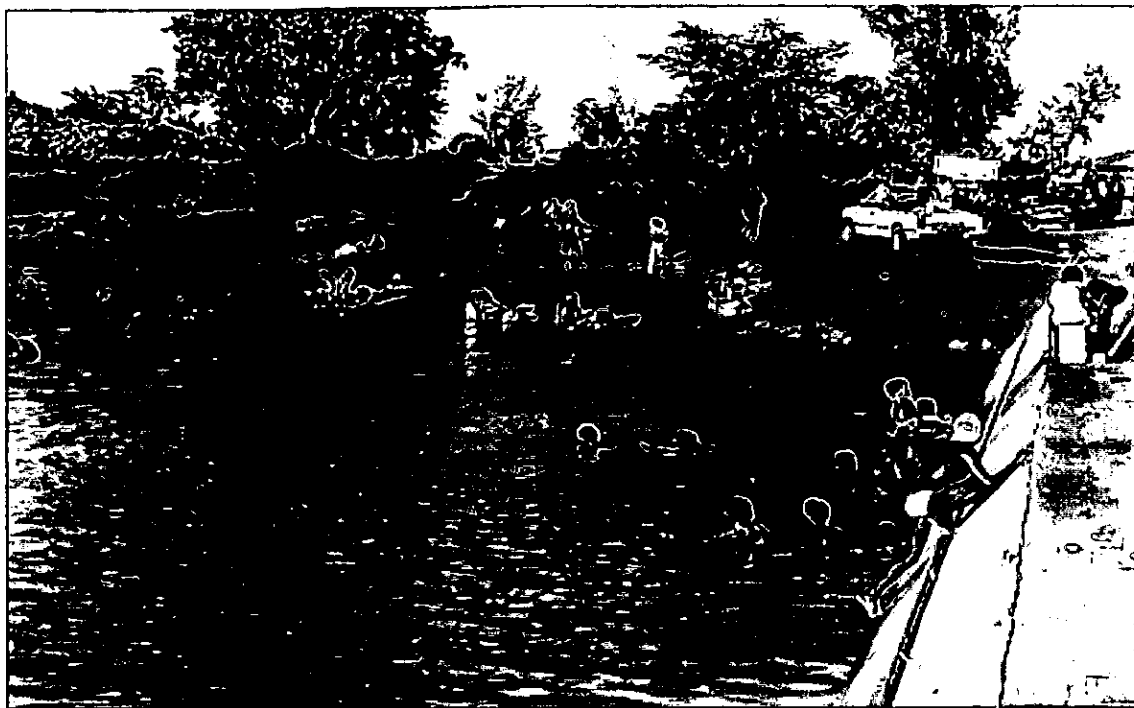


Foto 7: A população usa a água do rio para tomar banho, lavar roupa, beber e para outras finalidades domésticas, E8 – Ponte de Boane, rio Umbelúzi (foto: Rosaque Guale).



Foto 8: Água do rio é usada também pelo gado, E8 – rio Umbelúzi (foto: Rosaque Guale).

No desfiladeiro formado pelo rio Movene na sua travessia dos Pequenos Libombos, foi projectada a barragem alta (Movene II), com cerca de 89 metros de altura, que teria armazenamento das águas drenadas dos principais afluentes: Gumbe; Mabele (ou Mabolahola) e Maxibobo, com capacidade de armazenar 28 Mm³ aproximadamente a água no fim do período chuvoso.

Pois, os antecedentes revelam que as condições topográficas são aceitáveis para a construção da barragem, como já tinha sido construída no local, em 1969, a represa de Movene ¹⁴, localizada à 100 metros da estrada nacional nº251, ponte "km 20" à 55 quilómetros da cidade de Maputo, com finalidade de abastecimento de gado da região de Movene. Actualmente, a represa apresenta maiores erosões na margem directa, como resultado das intensas chuvas caídas entre 1974-1976 (cf. SOGREA, 1982:21; DNA, 1983:4 e SEHA, 1993a: A9-3.6).

Outra alternativa foi de construção da barragem baixa (Movene I) na ponte de Boane/via Namaacha, com cerca de 84 metros de altura, que seria regulada apenas pelos escoamentos do rio Movene. Devido as condições topográficas, essa alternativa foi considerada como a mais dispendiosa em relação a primeira de Movene II.

Portanto, no âmbito de aproveitamento da bacia de Movene foi admitida a hipótese de realização do projecto de barragem dita de Moamba, sobre o rio Incomati, que tornaria explorável durante o ano inteiro, em benefício das terras compreendidas entre o rio Incomati e o rio Matalha (um dos principais afluentes do

área de 1472 km² (Matola, 1998:14).

¹⁴ A represa de Movene é uma obra de betão de gravidade localizada no ponto: longitude 32° 16'00 E" e latitude 25° 50' 50"S. vide as fotos 9 e 10.

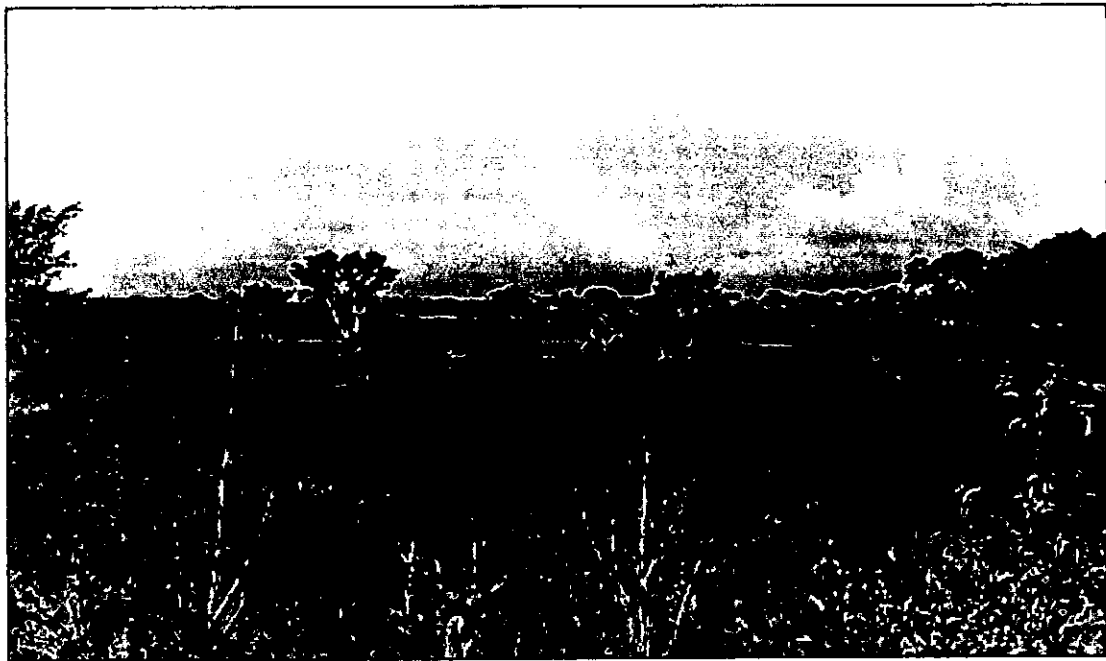
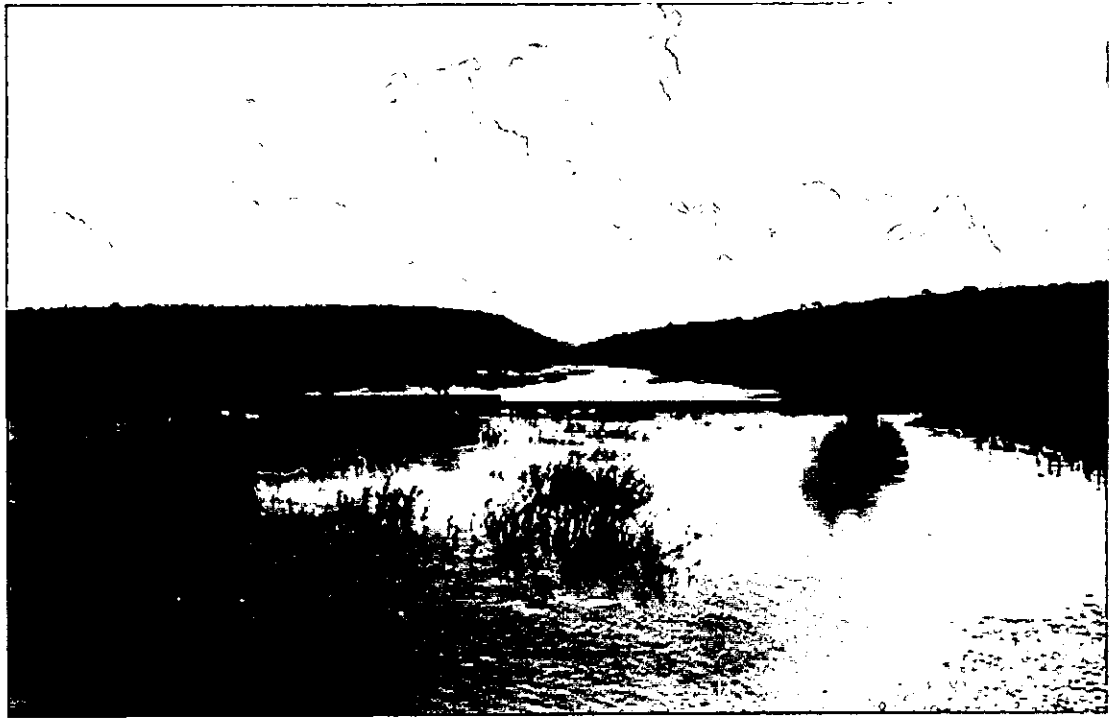


Foto 9 e 10: Área projectada para a construção da barragem Movene II, a represa sobre o rio Movene, no "km 20" (foto: Rosaque Guale).

rio Movene), o que acarretaria uma condução de água por gravidade de 45 quilómetros aproximadamente, para um caudal de 6,5 m³/s (ibid).

As análises efectuadas pela SOGREAH (1982) e SEHA(1993), conclui-se que a alternativa de Movene II, seria a mais prioritária, em termos de optimização dos custos das actividades agrícolas e industriais no futuro, quanto ao montante total de investimentos (barragem, estações de bombagem, canais primários), a superfície total irrigada e o investimento por hectar (cf. SOGREAH, 1982:21 e SEHA, 1993a: A9-3.6).

3. Enquadramento teórico e conceitos

3.1. Antecedentes

Existem na bacia de Umbelúzi vários estudos sobre a quantidade e qualidade de água, com a abordagem diferenciada e orientada para a barragem dos Pequenos Libombos, que podem servir de orientação, para o caso da bacia do rio Movene.

Entre 1972 – 1985 foram colhidas amostras na estação E-395 no rio Umbelúzi e a partir de 1985 não existe referência de análise da qualidade de água do rio; só em 1987 foram feita 5 amostragens bacteriológicas e fisico-química conduzidas numa perspectiva imediata para a avaliação da potencialidade e a qualidade de água da albufeira dos Pequenos Libombos que estava em construção.

Em Janeiro de 1988 foram determinados alguns parâmetros da qualidade de água pelo actual Departamento de Biologia da Universidade Eduardo Mondlane (Oliveira, 1988:3 e Hatton, 1993:10). A partir deste período nota-se estudos frequentes de avaliação de qualidade de água do rio Umbelúzi entre Goba (E10) à

Boane (E8).

Os estudos efectuados a partir de 1982 mostram que o processo de mineralização aumenta significativamente no rio Umbelúzi, quando considerado os limites de extremos de variação com o nível de salinização (Robelus,1984:1; Oliveira,1988:20; Mussagy,1990:38; Nombora,1991:2, Hatton, *et al*,1993:48), devido o desenvolvimento das actividades agrícolas à montante do rio, particularmente em Suazilândia.

Sundstrom (1992:128) na barragem dos Pequenos Libombos, admitiu a existência de contaminantes químicos (como: nitrogênio; fósforo), classificando-a como um lago com efeito de eutroficação, para além de considerar que na planície litoral da bacia de Umbelúzi a qualidade de água é afectada pelas actividades humanas ao longo do rio. Esta análise apresenta vários parâmetros da qualidade de água; isto mostra que é importante estabelecer uma relação entre as características da água e os níveis de poluição gerados pelas as actividades humanas.

Mas, Chonguiça (1995:128) no monitoramento dos parâmetros de água considerou não existir elevado teor de contaminantes, segundo os padrões da qualidade de água¹⁵ para o consumo humano, mas admitiu a existência de contaminantes orgânicos e recomendou a extensão de monitoramento dos parâmetros de água, para evitar os perigos e aumento de substâncias tóxicas no futuro.

Miambo (1996:59) admitiu também a mudança da qualidade da água, devido o aumento de sedimentos e a concentração de compostos químicos, como resultado da intrusão salina; redução do caudal de água doce de Umbelúzi a jusante da barragem, para além de fertilizantes aplicados na agricultura, estarem a contaminar

¹⁵ Os padrões de qualidade de água para o consumo humano considerados são da Organização

as águas subterrâneas na região da planície litoral, tornando-a imprópria para o consumo humano.

Estes estudos indicam a tendência da contaminação da água do rio, em termos de causas e efeitos que podem surtir no futuro e, apresentam com maior enfoque o problema de qualidade de água, como resultado de desenvolvimento das actividades agrícolas ao longo do rio. No entanto, não se podem considerar suficientes para determinar o nível de deterioração da qualidade da água durante os últimos anos na bacia de Umbelúzi, no território moçambicano, particularmente nas sub-bacias de Nkalishane, Movene e na planície litoral.

A água do rio Movene pode apresentar riscos em termos de quantidade e qualidade, devido variação dos factores de clima em relação a área de drenagem da bacia, o que torna o período seco com escassez de água e o período chuvoso com inundações e cheias.

Deste modo, com o projecto de construção da barragem pode-se reduzir os riscos das cheias e garantir a instalação e o funcionamento dos sistemas de regadio a nível da bacia; embora, um provável aumento das actividades agrícolas, assentamentos humano e animal na vizinhança do rio, podem conduzir a contaminação do rio e aumento da condição eutrófica da barragem, como revelam os estudos da qualidade de água na barragem dos Pequenos Libombos.

Em termos de disponibilidade hídrica para a bacia do rio Movene, os estudos revelam que o escoamento do caudal do rio é quase nulo, talvez devido a fraca contribuição da área de 78 Mm³/ano (para 1472 km²), como foi referido no ponto 2.3.4.

Nota-se também, que os projectos esboçados pela SOGREAH (1982) e SEHA (1993) referem que a área de irrigação "N" (ao longo do rio Moveene) definida pela MONENCO (1981), que mostra o potencial da bacia do rio Moveene para a construção da barragem Moveene II com a capacidade adicional de abastecer água para a irrigação de 970 à 1800 hectares; integradas nas 11500 hectares aproximadamente, avaliadas como terra suscetível à produção agrícola ao longo da bacia hidrográfica do rio Umbelúzi em território moçambicano, (cf. SEHA, 1993a: A9-3.6; Hatton e Couto, 1997:1 e Matola, 1998:65).

3.2. O conceito: qualidade de água

A qualidade de água é definida pelas suas características físicas, químicas e biológicas, que a partir das quais se pode avaliar o uso específico da água, para a irrigação agrícola, para o consumo humano, do gado e para a indústria.

Nota-se que os usos específicos da água têm diferentes necessidades de qualidade. Por exemplo, a qualidade de água dum rio pode ser usada com sucesso para a irrigação, porque transporta sedimentos e nutrientes, e não ser aceitável para o consumo doméstico se esta não é tratada para remover os sedimentos. Similarmente, a água avaliada como excelente para o uso doméstico pode ser corrosiva para o uso industrial, quando esta não é tratada para a remoção do potencial da corrosão (Ayers e Westcot, 1985:1).

As diferentes necessidades de uso da água determinam os parâmetros específicos da qualidade da água. Assim, as abordagens e as metodologias referidas

pelos vários autores sobre a qualidade são bastante diferenciadas a partir dos seus objectivos específicos definidos nos estudos.

Hofkes, *et al* (1983:374) consideram também que a qualidade de água é determinada pelas concentrações de contaminantes biológicos, químicos e físicos. Os autores argumentam que os contaminantes biológicos resultam das actividades humana e animal e de alguns processos industriais.

Estas fontes contribuem para a degradação da qualidade de água. Pode-se considerar que a maior poluição das águas resulta da actividade humana.

Ayers e Westcot (1985:2), no estudo específico da qualidade de água para a agricultura, consideraram que a salinização, a taxa de infiltração da água, a toxicidade dos iões específicos da água no solo (sódio, cloro e boro) e miscelâneas de concentrações de nitrogênio, bicarbonatos, criam os principais problemas na água. Os autores argumentam, que os problemas em geral da qualidade de água, resultam do tipo e grau de modificação do solo, clima e rotação de culturas, para além das fracas habilidades e conhecimentos que vários usuários têm da água.

Field e Collier (1998:18) procuram sintetizar que o aspecto principal para determinar a qualidade de água é a salinidade que contém limites aceitáveis, do que os níveis de sódio, cloro e outros elementos associados, embora notavelmente, o boro quando apresenta um nível alto pode afectar o crescimento das plantas ou a estrutura do solo. Portanto, estes autores definem também a qualidade de água numa perspectiva para o desenvolvimento das actividade agrícolas.

Pegram e Palmer, (1996:1) ao estudarem os impactos ambientais na qualidade de água do rio Sabié, consideram três pontos principais para análise da qualidade de água: a observação histórica da qualidade de água, parâmetros gerais do

ambiente (temperatura, salinidade, pH, turvação, nutrientes, oxigênio dissolvido e coliformes fecais) e a tolerância específica dos dados locais do rio. O que revela que o estudo da qualidade de água requer uma avaliação de antecedentes e o conhecimento das modificações do escoamento do rio ao longo do tempo.

O conceito de qualidade de água difere de autor para autor, dependendo dos seus objectivos no tratamento do termo "qualidade de água", que é influenciado pela atribuição da importância da própria água. Por exemplo, os agrónomos consideram que a água é necessária para o crescimento das plantas e permite a mistura do solos pela precipitação, embora o abastecimento natural varie em diferentes regiões climáticas, portanto tem sido concebida como importante para a irrigação. Enquanto, para o biólogo a água é inevitável para a existência da vida na terra (Korte, 1977:12); e, o geógrafo pode conceber a água (precipitada) como elemento do clima, que proporciona e determina fisicamente a existência do caudal dum rio (ibid).

Entretanto, no contexto geral a água tem sido vista em termo de novas necessidades de uso e aproveitamento, o que determina o valor da sua análise e avaliação quantitativa e qualitativa.

3.2.1. pH e Conductividade eléctrica

pH (unidades) - representa a actividade do ião H^+ livre não ligado aos carbonatos ou outras bases. A resistência total da água às variações de pH é medida pela alcalinidade. O pH das águas naturais varia na maioria dos casos, entre 4,0-9,0. A água natural apresenta sempre uma alcalinidade (mg/l de $CaCO_3$), geralmente devido à presença de bicarbonatos e carbonatos ou de hidróxidos em condições

particularmente alcalinas. Para avaliar correctamente as características da água no seu conjunto o valor de alcalinidade deverá estar de acordo com o resultado das outras determinações.

Conductividade eléctrica (\square mho/cm) - mede a capacidade que uma solução tem para transmitir uma corrente eléctrica e depende da temperatura e da concentração total de substâncias iónicas dissolvidas. Esta medida dá uma indicação do conteúdo salino da água.

3.2.2. Aniões e Catiões (mg/l)

A dissolução de substâncias iónicas na água determina a presença em solução de aniões e catiões. Em condições normais os aniões mais abundantes na água são: cloreto (Cl^-), bicarbonatos (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), nitratos (NO_3^-), fosforo (PO_4^{3-}) e os catiões presente em maior concentração são: sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}) e amóniaco (NH_4^+), na prática, apenas estes, são suficientes para estabelecer uma boa aproximação da qualidade de água (LNHAA, 1997:II-A).

3.2.3. Coliformes totais (NMP/100 ml)

O grupo de coliformes compreende todas as bactérias gram-negativas com forma de bastonete, aeróbicas e aneróbicas facultativas, não esporuladas que em menos de 48 horas fermentam a lactose a 35-37°C com produção e gás ácido e aldeído. As bactérias coliformes são os indicadores bacteriológicos mais usados na análise da qualidade de água e, em condições normais a água usa para consumo humano, em

duas amostras consecutivas, relativas ao mesmo local, não se devem detectar coliformes (ibid).

3.3. Os modelos usados na análise de água

Neste ponto apresenta-se a abordagem de alguns modelos usados para a avaliação da quantidade e da qualidade de água do rio que a seguir estão descritos.

3.3.1. Modelo "River Basic System WAFLEX"

O Modelo "River Basin" foi construído com base no Modelo WAFLEX desenvolvido por Savenije em 1990 e tem sido aplicado na DNA por técnicos e especialistas para o estudo das bacias hidrográficas (Matola, 1998:32).

Este modelo é baseado na simulação dos dados em rede de sistema programado no computador, em forma de células ou folhas de cálculo. O sistema do modelo admite dois módulos; módulo de previsão dos escoamentos do rio e módulo de abastecimento da água (cf. Matola, 1998:31).

O modelo permite a extrapolação dos dados registados ou existentes, para uma determinada estação hidrométrica ou unidade espacial com características geográficas relacionadas, com base na definição de cenários; o que supera a falta de informação nesse local. A desvantagem relaciona-se com a falta de precisão na simulação de cenários; em caso de dados registados forem de menos de 30 anos ou incompletos.

3.3.2. Modelo Paramétrico Qualitativo de Água, com Base nos Critérios

O modelo consiste na colecta de amostras de água para posterior análise laboratorial dos parâmetros que definem as características físicas¹⁶ (cheiro, côr, pH, condutividade eléctrica, turvação e oxigênio dissolvido), químicas (nitratos, nitritos, cloretos, fluoretos, bicarbonatos, carbonatos, sulfato, ortofosfato, fosforo total, hidróxidos, sílica, dióxido de carbono, matéria orgânica oxidável, COD "Chemical Oxygen Demand", BOD "Biological Oxygen Demand", azoto total, hidrogénio sulfurado amónio, sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro total, dureza total, dureza temporária, dureza permanente, sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos) e microbiológicas (coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais, *salmonella*, *vibrio colera*, *pseudomonas aureginosas* e *estaphylococcus aureus*) (Watts e Halliwell, (s/d:340-343, Camp e Meserve, 1974:149, Egan, 1977:101).

Este modelo foi aplicado na bacia de Umbelúzi para o estudo da Albufeira dos Pequenos Libombos com base nos padrões ou critérios definidos¹⁷ de qualidade de água. Existem padrões para a agricultura, o gado e as aves, a indústria, o consumo humano, a pesca e a recreação principalmente, que permitem comparar os resultados obtidos com ajuda do guião ou normas estabelecidos para um determinado uso da água (cf, OMS, 1978:60-70, WHO, 1984a: 253-310 e Ayers e Westcot, 1985:10).

¹⁶ Actualmente, algumas características físicas e químicas da água, podem ser medidas directamente no campo, dependendo das condições dos instrumentos adequados, como os diferentes equipamentos de "water test kit", Ben Meadows Company (1998:232).

¹⁷ Os padrões definem a selecção dos elementos que devem ser analisados laboratorialmente, com

3.3.3. *Modelo de Ordem Estatístico para Avaliação da Qualidade de Água*

Ohgaki e Matsumoto (1978:157) aplicaram o modelo de ordem estatístico para estimar a probabilidade de distribuição de poluentes orgânicos no rio Abukuma em Japão. O estudo consistiu no registo de observações ao longo de intervalos mensais, 12 amostras observadas em 1965 e 36 amostras em 1973 e, constatou que a introdução deste modelo requeria elevado número de amostras para satisfazer o controlo da poluição da água; isto é, dados representativos de um certo período em cada estação do rio. Portanto, o modelo de ordem estatístico têm sido mais utilizado na hidrologia para estimar os intervalos de ocorrências das cheias e secas (ibid).

3.3.4. *Modelo Matemático para Análise da Qualidade de Água*

O modelo foi usado na Suécia e em outros países da Europa, adaptado pela "Swedish Water Court". A aplicação do modelo requer um sistema de monitoramento da qualidade de água, e a mais básica consideração é o estabelecimento de limites da área, onde actuam os factores determinantes nas mudanças física, química e biológica da água. O modelo permite uma combinação dos processos de tratamento em função dos níveis da influência dos factores dentro da área estabelecida (Tebbutt, 1978:34).

Este modelo visa fundamentalmente a avaliação imediata dos efeitos e custos-benefícios da qualidade de água para uma determinada comunidade, o que envolve a avaliação monetária, mas não estabelece uma certa relação com as questões ambientais dum sistema do rio e do impacto dos níveis de contaminação.

3.3.5. Outros Modelos para Propósitos de Qualidade de Água

IFIM, "Instream Flow Incremental Methodology"¹⁸ apresenta vários modelos que podem ser aplicados para a análise da qualidade de água e outros estudos relacionados com o escoamento superficial do rio. Actualmente é considerado como metodologia e/ou modelos mais sofisticado e cientificamente aceitável para simular e analisar a evolução dos efeitos de variação de escoamento do caudal e estrutura do rio, qualidade de água, temperatura e avaliação das espécies aquáticas (Tharme,1996:39).

A aplicação do modelo é variável, dependendo dos cenários e objectivos pretendidos para uma determinada investigação, o qual exige uma combinação de aspectos hidráulicos; hidrológicos e dados biológicos na sua abordagem (*cf.* Chin,1978:105).

Este modelo apresenta vantagens em termos de possibilidade de simulação dos dados e de variantes, o que pode facilitar a previsão de cenários da variação da qualidade de água ao longo do tempo, mas as desvantagens relaciona-se com os custos e tempo para a programação e a computarização dos dados que se pretende analisar, não obstante, o modelo requer características detalhadas do sistema do rio e exige encargos financeiros elevados na sua aplicação (Tharme,1996:82).

¹⁸ Originalmente, o Modelo IFIM foi desenvolvido e direccionado para IFRs (Instream flow Requirements of Rivers), com finalidade de inventariar as espécies de peixe nos rios e mais recentemente foi adaptado para outras finalidades, como a manutenção da qualidade de água do rio.

Na área de estudo, a análise da quantidade de água baseou nos dados obtidos pelo Modelo "River Basic System WAFLEX", aplicado por Matola (1998:31-32) que permitiu obter resultados das médias mensais do caudal do rio Movene, para um período de 40 anos (1954-1994), a partir da correlação das duas estações E-395 e E8¹⁹.

A análise da qualidade de água foi com base no Modelo Paramétrico Qualitativo de Água; e foram adoptados parâmetros da FAO (guião 1) e OMS (guião 4)²⁰, o que permitiu combinar os resultados obtidos com as características físico-geográficas da área de estudo, como se refere na metodologia.

4. Metodologia

4.1. Material usado

Foram usados mapas topográficos e temáticos (cartas topográficas e de solos na escala 1:50 000 e 1:250 000), obtidos nas instituições oficiais (DINAGECA, INIA), para a localização e confrontação dos com os dados observados no campo, o que permitir a elaboração dos mapas e a caracterização da área de estudo

Foi usado também material de medição, termómetro, fitamétrica, colectores de amostras de água e do solo (como se refere no trabalho de campo) e máquina fotográfica.

¹⁹ Vide tabelas 6-10 em anexo.

²⁰ Vide guião 1 e 4 em anexo.

4.2. Trabalho de campo

O trabalho de campo tinha como finalidade de atingir objectivos definidos, confirmar e testar os pressupostos apresentados no ponto 1.3; e consistiu na colecta das amostras de água e de solo na área de estudo, em locais previamente identificados. Foram observadas também as várias formas de uso da água do rio como a irrigação agrícola, consumo humano e o comportamento dos principais afluentes da bacia do rio Moveve (Gumbe, Mabele, Maxibobo e Matalha) e a sua relação com as características físico-naturais no espaço.

Foram colectadas no total 18 amostras de água em duas fases²¹: fase 1, 24/11/1998, 10 amostras²² e fase 2, 08/03/1999, 8 amostras. A supressão do número de amostras na fase 2, deveu a diferenciação de qualidade dos resultados obtidos nos laboratórios do MISAU e de Águas de Maputo, em termos de satisfação dos parâmetros desejados. Assim as amostras da fase 2 foram analisadas apenas no LNHA (vide tabelas 4,5,6). A temperatura das amostras da água do rio foi medida localmente com termómetro.

Em relação as amostras de solo, foram colectadas 6 amostras em dois locais (vide mapa 4), previamente definidos para a construção das barragens (Moveve I e II).

Foram também realizadas as entrevistas informais aleatoriamente com alguns habitantes locais (em grupo ou individualmente) sobre o uso da água do rio.

²¹ As amostras foram colectadas nas pontes de Boane (E8), Mafuiane, Boane/Via Namaacha (E12), Rio Moveve (km 14), Rio Moveve (E14, km 20) e Via Moamba, vide mapa 4.

²² Das 10 amostras, 7 foram analisadas no LNHA e 3 no Laboratório de Águas de Maputo (vide tabelas 11, 12, 13, 14, 16 e 17).

i) Procedimentos de colecta das amostras de água²³

As amostras de água para análise física e química foram colectadas nos rios Moveze e Umbelúzi em frascos de plástico de 1,5 litros cuidadosamente lavados e passados no local 2 à 3 vezes com água à analisar por imersão directa de frasco numa profundidade de aproximadamente 30 centímetros no local afastado das margens do rio, com a boca do frasco destapado dirigida ao sentido contrário da corrente. Feita a colecta, os frascos foram rotulados com as seguintes identificações: (1) local da colecta, (2) data e hora, (3) código do campo e (4) nome do colector.

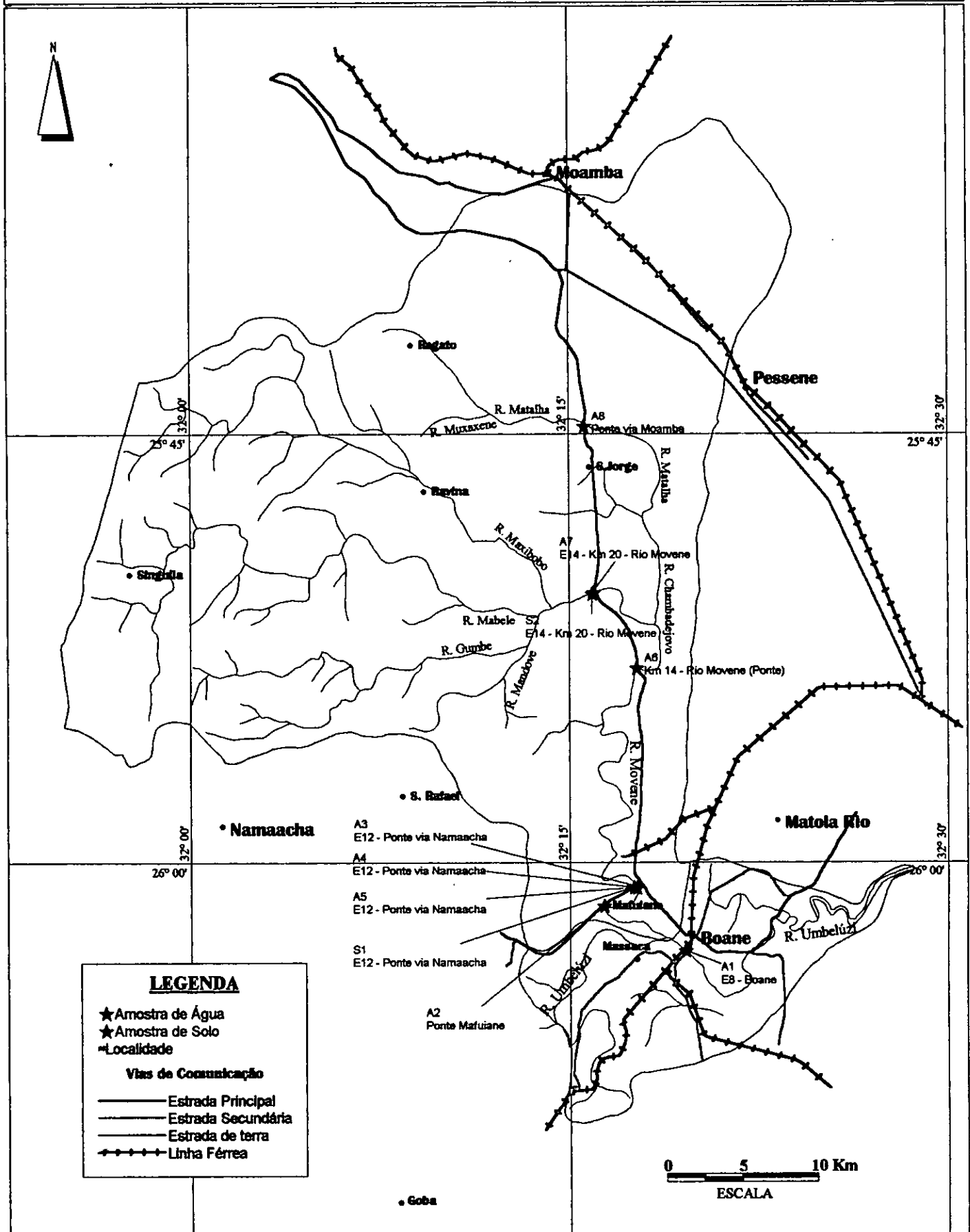
As amostras de água para análise microbiológica foram colectadas em frascos de vidro previamente esterizados nas estufas no laboratório do MISAU, durante uma hora à 170°C, com capacidade de 0,5 litro. A técnica de colheita das amostras utilizada foi a mesma à anterior de imersão directa. As tampas foram embrulhadas em papel de alumínio e amarradas com cordel com pedaço de algodão embebido em álcool e enrolado na extremidade de uma pinça suficientemente comprida. Accionou-se o mecanismo que permitiu a abertura do frasco só depois de mergulhado.

Depois da colecta, as amostras foram conservadas em refrigeração de 4°C aproximadamente até a chegada nos laboratórios do MISAU e Águas de Maputo, E.E no período de seis horas.

²³ Vide foto 3.

BACIA DO RIO MOVENE

Mapa 4: LOCAIS DE COLECTA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E SOLO



Fontes: Folhas 98 e 99 à escala 1 : 250 000, DINAGECA.
 Digitalizadas para o Banco de Dados Geográfico do DGRH/DNA,
 por JNF da Costa e Ebezeário Chonguça, 1992.
 Posição das amostras lidas com GPS por Rosaque J. Guale a 24/11/1998 e 8/3/1999.

Trabalho de Licenciatura em Geografia/UEM

ROSAQUE J. GUALE, 5/1999

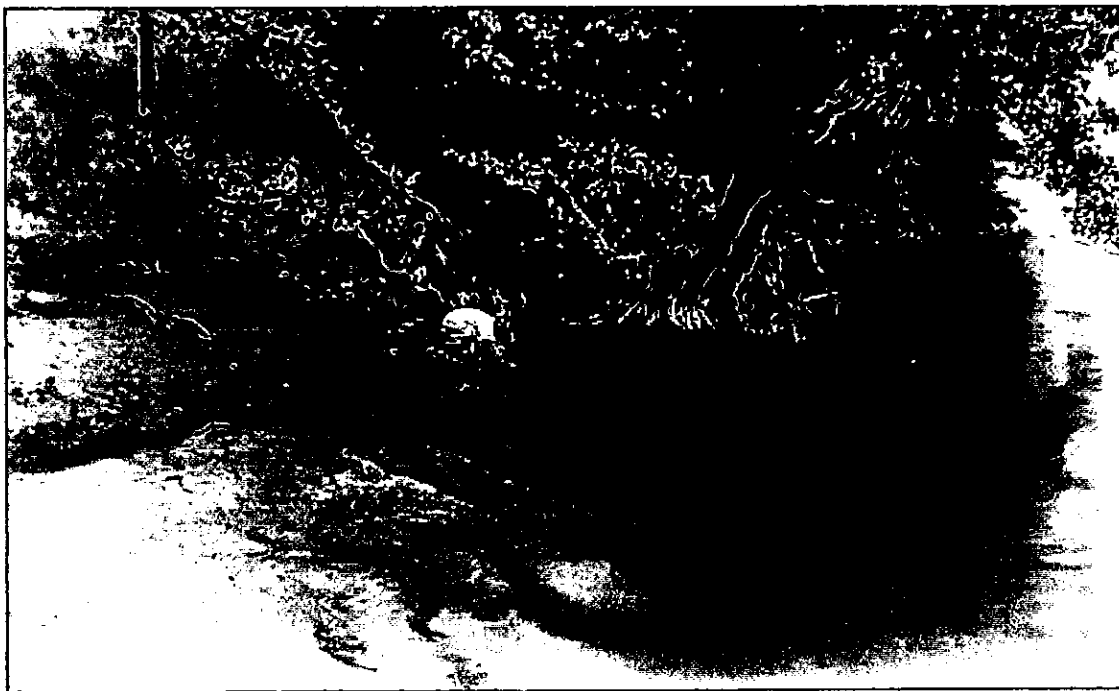


Foto 3: Procedimento de colecta de amostras de água, na Ponte de Boane, via Namaacha, depois da queda da chuva, no dia 07.03.99, (foto: Francisco Tauacale)



Foto 4: Procedimento de colecta de amostras de solo, nas proximidades da represa de Movene, no "km 20" (foto: Francisco Tauacale)

ii) Procedimentos de colecta das amostras de solo²⁴

As amostras de solo foram colectadas com verruma manual e pequena pá, nas profundidades de entre 0-20, 30-60 e 60-100 cm. As amostras foram identificadas em termos de ponto de proveniência, número do campo e a profundidade, e depois, foram conservadas nos plásticos de 300 x 270 mm. Cada amostra com o peso de 500 gramas cada aproximadamente²⁵ e, estas foram analisadas no laboratório do INIA.

4.3. Modelos aplicado na área de estudo

Para atingir os objectivos traçados foram aplicados os modelos "River Basic System" e Paramétrico Qualitativo da Água, como anteriormente foi referido no ponto 3.3.

Os resultados obtidos do Modelo "River Basic System WAFLEX" permitiram analisar a disponibilidade de água do rio Movene. O modelo exige maior observação em termo de variação dos dados registados e os simulados no espaço, no tempo e escala; isto permitiu obter a ideia da distribuição das chuvas e a quantidade de água que pode ocorrer na bacia de Movene, de modo à aproveitá-la para a implementação de projectos hidráulicos.

Devido a insuficiência dos dados climáticos na área de estudo, os valores de variação do escoamento do caudal do rio Movene foram obtidos a partir da subtracção dos dados registados nas estações E8 (ponte Boane) e E395 (barragem de Pequenos Libombos II), num período de 40 anos (1954-1994), com base numa

²⁴ Vide foto 4

²⁵ O peso de 500 gramas de amostra do solo é considerado suficiente para qualquer análise dos parâmetros desejados, quando submetido no laboratório de pedologia.

extrapolação estatística, combinada aos dados de precipitação mensal da estação P924²⁶.

Segundo as regras de Binnie²⁷, a precipitação anual, num local, varia consideravelmente de ano para ano (Azevedo, 1947:4), para tal, a variação do regime do escoamento superficial no espaço requer uma base estatística, que abrange períodos extensos, o que pode garantir o êxito de projectos adoptados ao regadio, construção de albufeiras e previsão das cheias, etc. (ibid).

A constatação de Fontseré (1943), citado por Azevedo (1947:13) reforça a concepção do modelo, ao reconhecer que os estudos numa região sob o ponto de vista climático, deve uniformizar os períodos de observação a partir de processos estatísticos mais simples e aceitáveis, para as estações, cujos dados sejam provenientes de pelo menos de 30 anos consecutivos de observações.

A análise da qualidade de água foi com base no **Modelo Paramétrico Qualitativo de Água**, devido as suas vantagens e as facilidades para alcançar os objectivos definidos, numa perspectiva geográfica; e foram adoptados parâmetros da FAO (guião 1) e OMS (guião 4).

O guião da FAO apresenta a discussão da qualidade de água em quatro categorias de problemas: salinidade; infiltração; toxicidade e miscelâneas (Ayers e Westcot, 1985:6 e Dougherty e Hall, 1995:40) e permite considerar individualmente o impacto de cada factor que contribui para a contaminação da água, segundo as condições naturais no espaço. Enquanto que o guião 4, apresenta os valores

²⁶ Vide tabela 6, 7, 8 em anexo.

²⁷ As regras de Binnie, são ordinariamente tomadas, quando se trata da preparação de projectos de Hidráulica Agrícola, em zonas onde as estatísticas pluviométricas são pouco extensas ou incompletas, e quando se procura formar a ideia acerca das máximas e mínimas quantidades de água que podem

admissíveis, a escala, para a emissão de juízos sobre a qualidade de água e as interligações entre as análises (LNHAA,1997:2).

4.4 Aplicação do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o GPS

A técnica de Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi empregue para a compilação de informações, a partir de bases de dados existentes na DNA e INIA, adaptadas para a área de estudo, o que permitiu a elaboração de mapas (1,2,3 e 4), em PC Arc/Info e depois transferidos para Map/Info e ILWIS para elaboração de mapas (6,7).

A aplicação do SIG depende de dados geográficos ou de disponibilidade de dados e informações de base e complementares, para além de outros atributos quantitativos e qualitativos, como os ficheiros numéricos e os documentos anteriores (Joaquim,1997:75-76); o que torna este sistema mais complexos para a sistematização, digitalização e codificação da informação referente à dada área de estudo. Contudo, apresenta vantagens em termos de gestão de dados o que facilita o acesso, a exploração e a análise espacial da informação.

O uso de GPS (Geography Position System), "ENSIGN GPS TrimbleNavegation", serviu para georeferenciar os locais de colecta das amostras de água do rio e do solo durante a realização do trabalho de campo.

5. Resultados

Os resultados obtidos nos laboratórios, para as amostras de água foram analisados com base nos parâmetros definidos no guião (1) da FAO e guião (4) da OMS, como foi referido na metodologia; pois, para a análise e discussão dos resultados de água do rio Movene foram seleccionados os parâmetros físicos (temperatura , turvação, conductividade eléctrica e pH); químicos (amónio, nitritos, nitrato, fósforo, potássio, cloro, sódio) e microbiológicos (coliformes fecais). Estes elementos pode facilitar compreender os níveis de salinização, poluição e contaminação da água do rio (cf. Ayers e Westcot,1985:61, Sundstrom,1992:103, Miambo,1996:29, Nilsson,1998:17).

As amostras de solos foram colectadas nos locais, onde havia sido projectadas as duas barragens (Movene I e II), acima referidas, com a finalidade de obter detalhes sobre a textura, salinidade e sodicidade dos solos nessas áreas em relação a qualidade de água do rio Movene (cf. Ayers e Westcot,1985:61, Nilsson,1998:17).

5.1. Condição da Qualidade de Água no Rio Movene

Os dados aqui apresentados revelam as condições existentes no momento da amostragem da água do rio Movene; pois, o rio Movene apresenta limitantes em termos de comparação temporal dos resultados obtidos, porque estes constituem os primeiros à serem obtidos em relação a qualidade de água da rio Movene. Assim foram analisadas as seguintes características da água:

5.1.1 Temperatura

As medições da temperatura da água do rio Movene no mês de Novembro indica uma oscilação entre 25,50-27,00°C e no mês de Março tende a se estabilizar em 27,50°C, estes períodos representam o início (fase 1) e o fim (fase 2) da estação chuvosa respectivamente na área de estudo (vide gráfico 3).

Como foi observado nos gráficos (1 e 2), o período de Outubro e Abril é de ocorrência das chuvas, o que se relaciona com o aumento gradual da temperatura da água.

As amostras de água foram observadas no período quente e chuvoso e o ambiente circundante é caracterizado por rápidas mudanças bióticas, o que mostra uma forte relação entre o aumento da temperatura e precipitação, com o crescimento vegetativo na área de estudo.

5.1.2 Turvação

O aumento da turvação da água do rio provocada pelo aumento da precipitação que arrasta materiais sólidos e dissolvidos. Na fase 1, verifica-se a estabilização da turvação no vale de Movene, entre 0,60-3,80 NTU²⁸ e a montante do rio apresenta-se acima de 12,00 NTU, com o máximo, na ponte de Movene Km 20. Na fase 2, a turvação aumentou em todos os locais, com a tendência similar à da fase 1, excepto a amostra 5, da ponte de Boane>Namaacha, colectada após a ocorrência da precipitação (vide gráfico 4). A turvação apresenta-se na montante do rio, bastante elevada, o que mostra que o rio transporta concentrações de sedimentos dissolvidos. Esta situação pode estar aliada as condições topográficas e declividade

²⁸ NTU - "Number Turbidity Units".

RESULTADOS LABORATORIAIS DE ANALISE FISICA DA AGUA NO RIO MOVENE

Gráfico 3: Variação da Temperatura no Rio Moveene

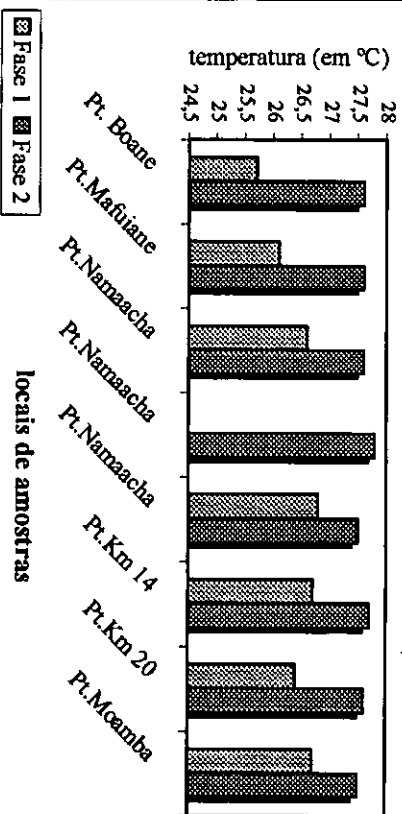


Gráfico 4: Variação de Turvação no Rio Moveene

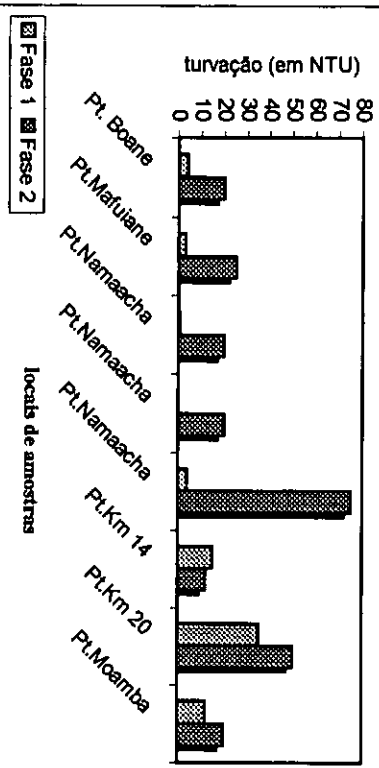


Gráfico 5: Variação da Condutividade Eléctrica no Rio Moveene

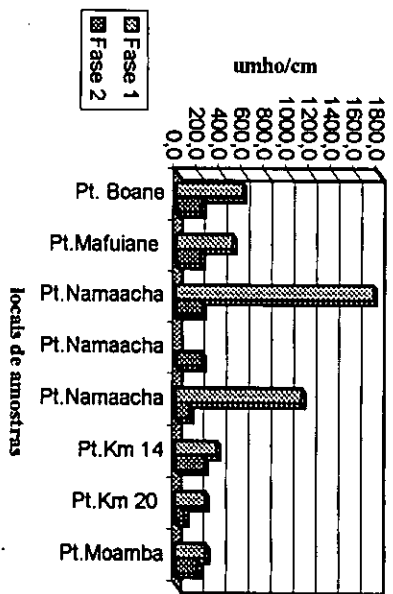
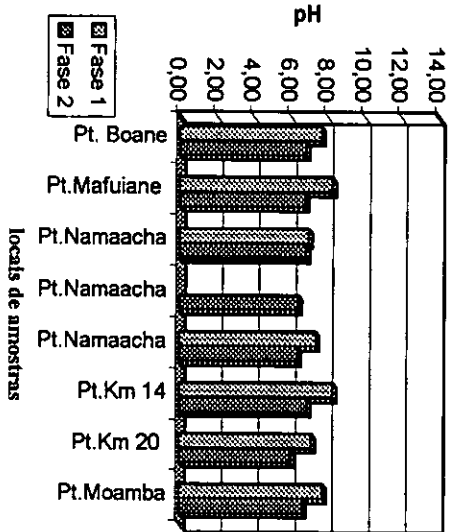


Gráfico 6: Variação do pH no Rio Moveene



elevada, com altitudes acima de 100 metros²⁹.

5.1.3 Problema de Salinidade

A salinidade da água do rio é indicada geralmente pela condutividade eléctrica (C.E) o que é comparável à medição do teor de sólidos dissolvidos. Na fase 1, a condutividade eléctrica apresenta-se elevada no vale de Movene, entre 503,00-1761,00 $\mu\text{mho/cm}$, enquanto que a montante acentua-se entre 368,00-267,00 $\mu\text{mho/cm}$. Na fase 2, o comportamento da condutividade eléctrica ao longo do rio apresenta-se estabilizada, variando entre os valores de 85,00 à 230,00 $\mu\text{mho/cm}$, com uma tendência de diminuir a montante em ambas fases (vide gráfico 5).

A condutividade eléctrica é que mede o teor salino e pode ser comparado à quantidade total de sais dissolvidos na água e, esta é dominada principalmente por concentrações de sódio (Na^+), cloreto (Cl^-) e cálcio (Ca^{2+}) principalmente (Sundstrom,1992:124 e Palmer e Pegram, 1996:4). Pois, no vale de Movene, a variação destes elementos observados é bastante elevada em relação à montante do rio, com uma particularidade na ponte de Boane Namaacha, amostra 3, apresenta um pico elevado no período antes da abundância das chuvas (fase 1). Esta subida pode se relacionar com a elevada evaporação superficial (1226 mm) e a evapotranspiração potencial de 1386 mm, na área de estudo, para além do impacto da água de retorno do processo de irrigação no vale de Movene (vide foto 2), o que contribui na concentração dos sais dissolvidos na água do rio, como se observa na tabela 04.

²⁹ Vide mapa 5.

Tabela 04: Variação de sais dissolvidos no rio Movene

Ordem	Amostras Locais	C.E. ($\mu\text{mho/cm}$)	Sais Dissolvidos mg/l (Fase 1)		C.E. ($\mu\text{mho/cm}$)	Sais Dissolvidos mg/l (Fase 2)	
			min (0,55)	Max. (0,90)		Min (0,55)	Max. (0,90)
1	Pt. Boane	594,00	326,70	534,60	230,00	126,50	207,00
2	Pt.Mafuiane	503,00	276,65	452,70	225,00	123,75	202,50
3	Pt.Namaacha	1761,00	968,55	1584,90	233,00	128,15	209,70
4	Pt.Namaacha	1123,00	617,65	1010,70	230,00	126,50	207,00
5	Pt.Namaacha		0,00	0,00	130,00	71,50	117,00
6	Pt.Km 14	368,00	202,40	331,20	258,00	141,90	232,20
7	Pt.Km 20	267,00	146,85	240,30	85,00	46,75	76,50
8	Pt.Moamba	269,00	147,95	242,10	200,00	110,00	180,00

Os sais dissolvidos foram determinados com base nos coeficientes mínimo (0,55) e máximo (0,90) estabelecidos a partir da C.E. para a avaliação aproximada das concentrações totais de sais dissolvidos (cf. LNHA, 1997:A-II). O exame da tabela 04, indica que a ponte de Movene, Km 20, a C.E. e o teor de sólidos dissolvidos é baixo em relação a todos os locais que foram colectados as amostras, o que não se pode admitir a hipótese da existência de problemas de salinização na represa, Movene II.

5.1.4. pH

O nível de pH no rio Movene, durante o período da amostragem não apresenta flutuações consideráveis. Na fase 1, o pH registado varia entre 6,99-8,87, aproximadamente acima de 7,0. Na fase 2, o pH encontra-se abaixo de 7,00, entre 6,44-6,85 (vide gráfico 6).

Pode-se considerar, que em todos os locais a água do rio apresenta-se alcalina, devido a presença de bicarbonatos, que é bastante elevada no vale de Movene e, segundo WHO (1984:6) e LNHA (1997:A-II), quando o pH está compreendido entre 5,00-8,20 a água não tem carbonatos nem hidróxidos e a presença da alcalinidade é inteiramente devida aos bicarbonatos (vide gráficos 11 e 18):

5.1.5. Nutrientes poluentes

A quantidade dos nutrientes tem sido o principal indicador de poluição da água superficial dum rio; pois, os nutrientes como: amoníaco (mg/l de NH_4^+); nitritos (mg/l NO_2^-), nitratos (mg/l NO_3^-), fósforo (mg/l PO_4^{3-}) e potássio (K^+), para além da oxidabilidade da matéria orgânica e compostos azotados, dão-nos a possibilidade de identificar as fontes de poluição da água (Sundstrom,1992:122; Pegram e Palmer,1996:6; Oliveira,1988:18; LNHA,1997:A-II; Ayers e Westcot,1985:10 e Keita,1998:6).

O amoníaco (mg/l de NH_4^+) está presente naturalmente na águas superficiais e resulta principalmente da degradação dos compostos orgânicos azotados. Nas águas do rio Movene apresenta maior teor a montante do rio em ambas as fases de observação, com elevada concentração no período de maior escoamento do rio, devido as intensas chuvas na área de estudo, isto revela-nos uma contaminação biológica recente, sendo este composto libertado directamente da matéria orgânica em decomposição e sucessivamente oxidado para nitritos e nitratos, geralmente por bactérias aeróbicas (cf. LNHA,1997:A-II), vide o gráfico 8. As concentrações de nitritos apresentam-se muito baixas ao longo do rio Movene, com variações entre

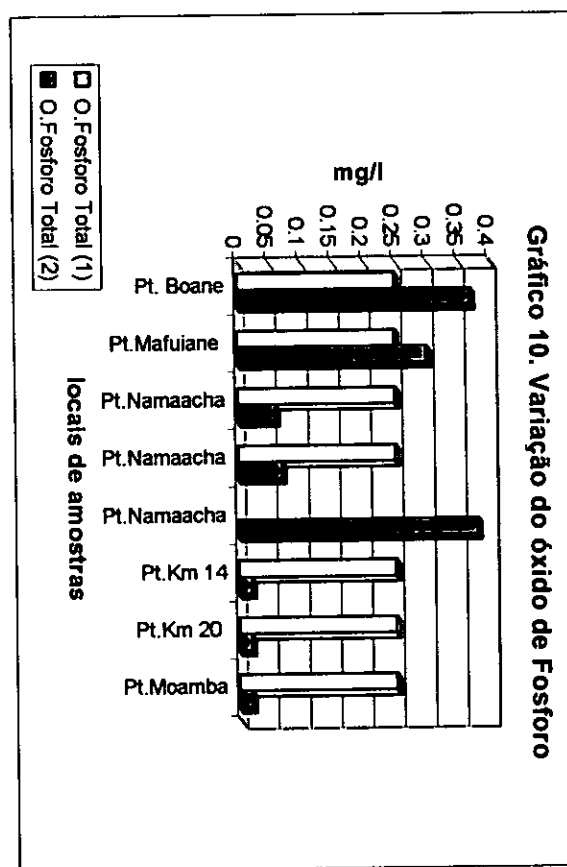
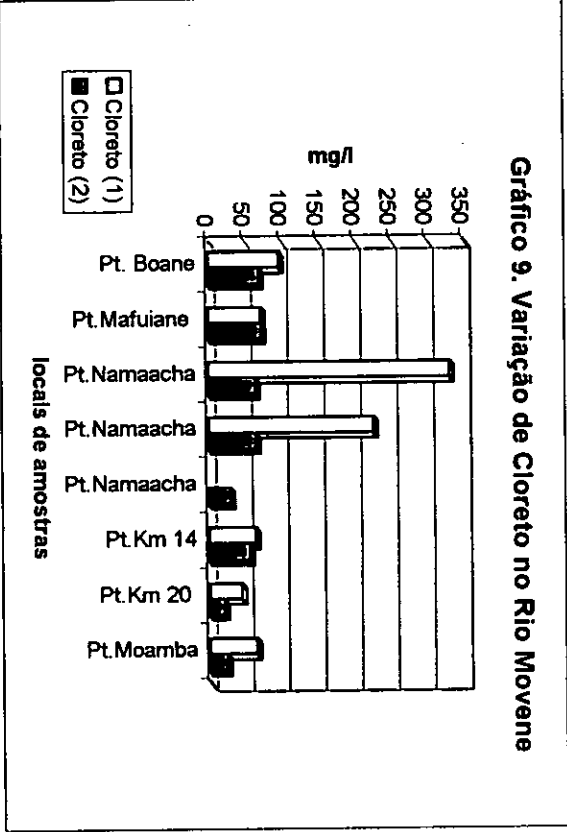
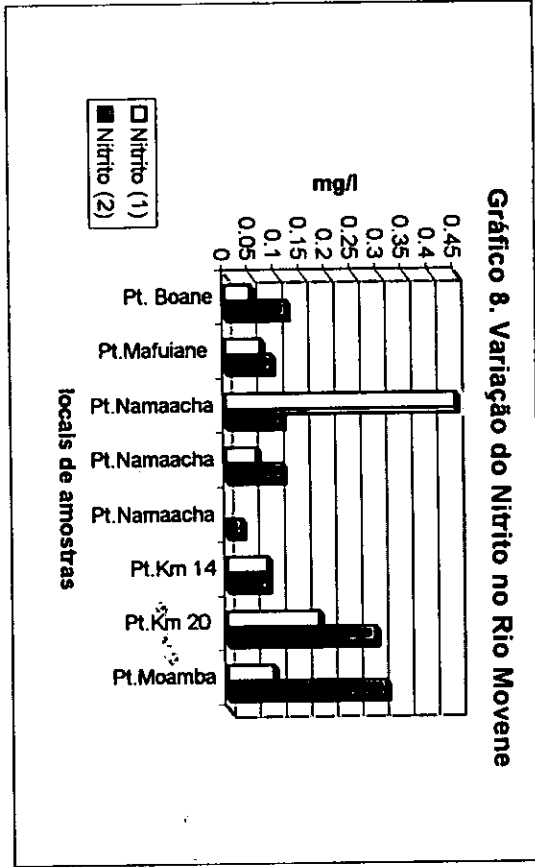
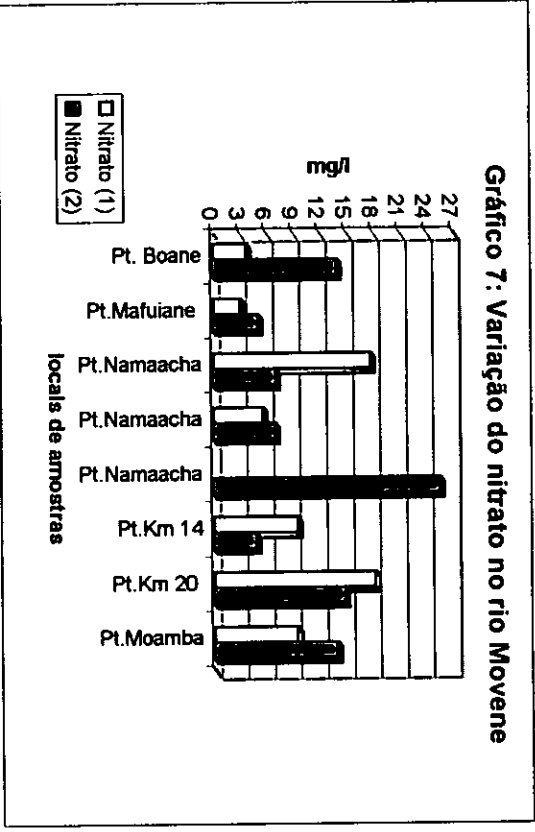
0,05-0,18 mg/l na fase 1 e apresenta-se uma oscilação excepcional de 0,45 mg/l na amostra 3, enquanto que na fase 2, varia entre 0,03-0,31 mg/l e nas Pontes de Movene Km 20 e de Moamba apresenta-se acima de 0,25 mg/l dentro do intervalo de variação.

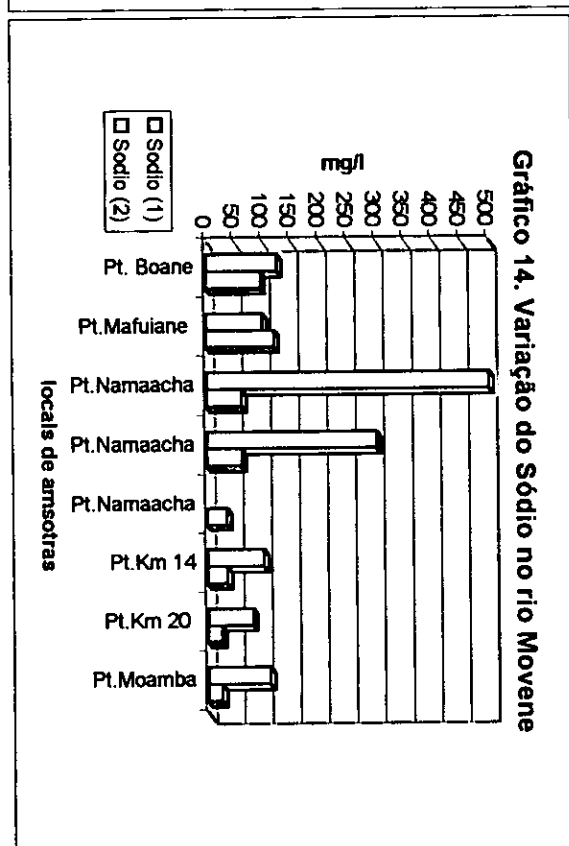
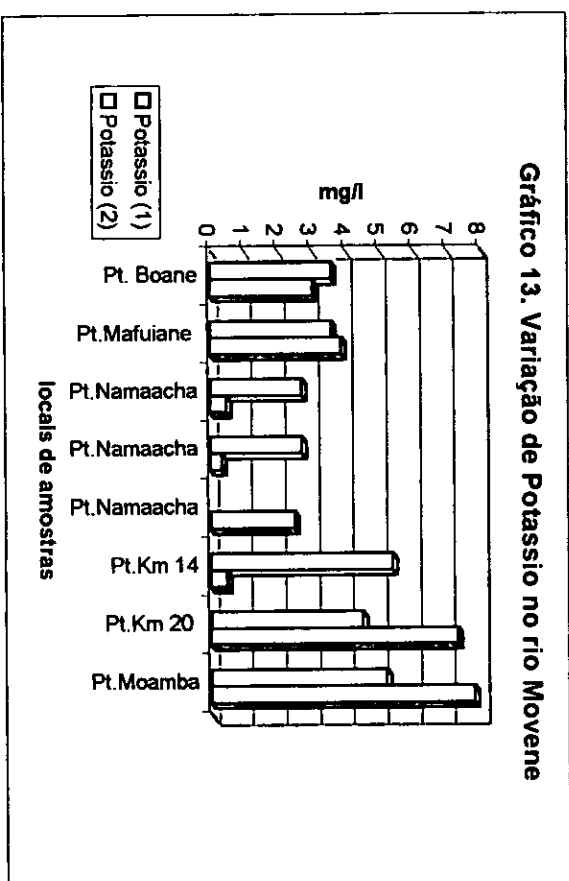
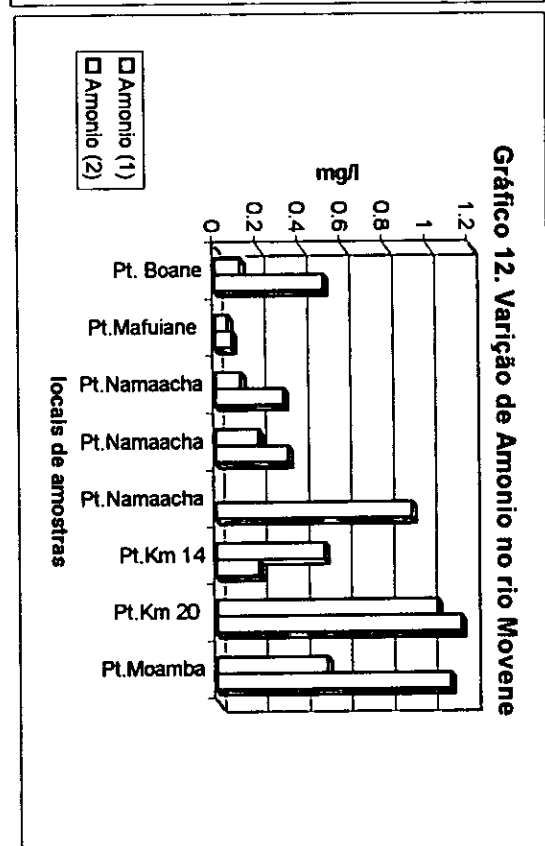
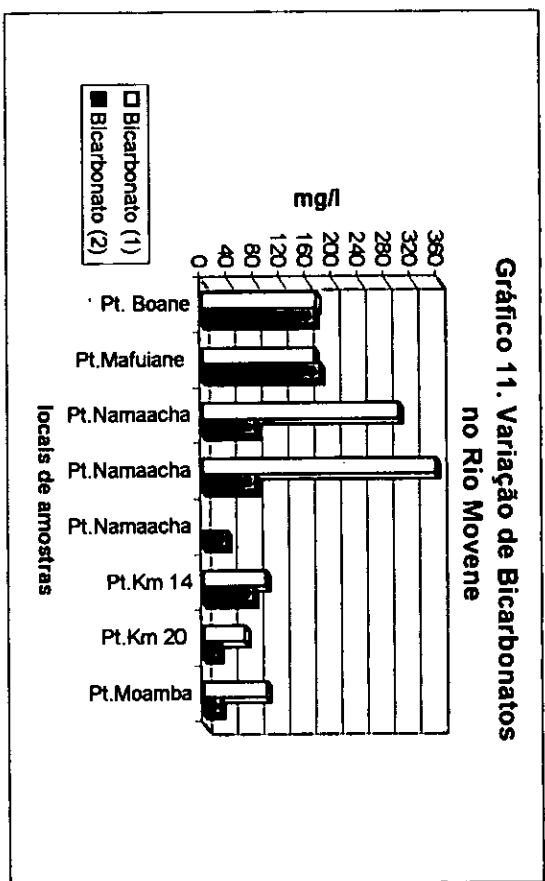
Os nitratos representam a última fase da oxidação do nitrogênio de origem biológica, a sua presença na água indica uma contaminação orgânica prolongada. Na observação dos resultados da amostragem, identificou-se que os teores elevados na fase 1, nos locais das amostras 3 (17,73 mg/l) e 7 (18,22 mg/l), ponte de Namaacha e ponte do Movene Km 20 respectivamente, a mesma tendência ocorreu nos mesmos locais aquando da observação dos resultados da fase 2, com 25,51 mg/l e 14,79 mg/l respectivamente (vide tabelas 6 e 7), o que pressupõe níveis de concentração ligados às condições geológicas particulares.

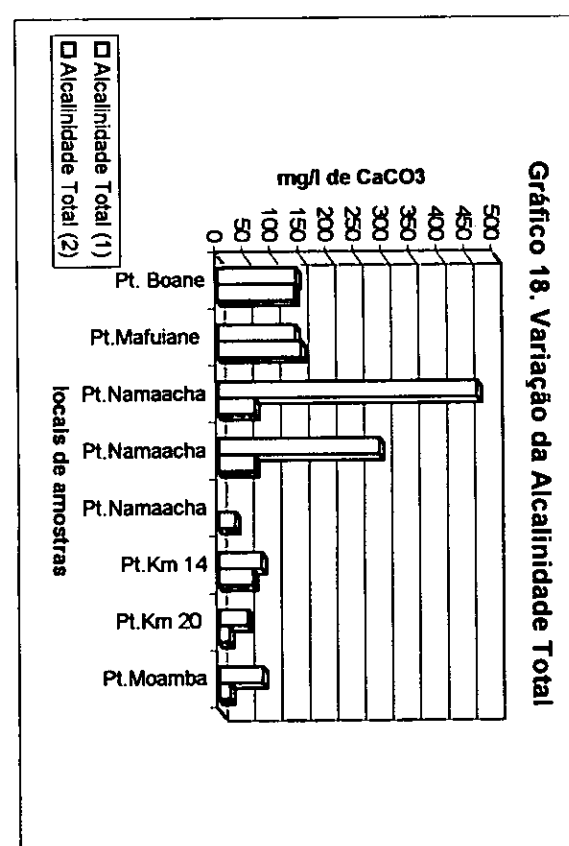
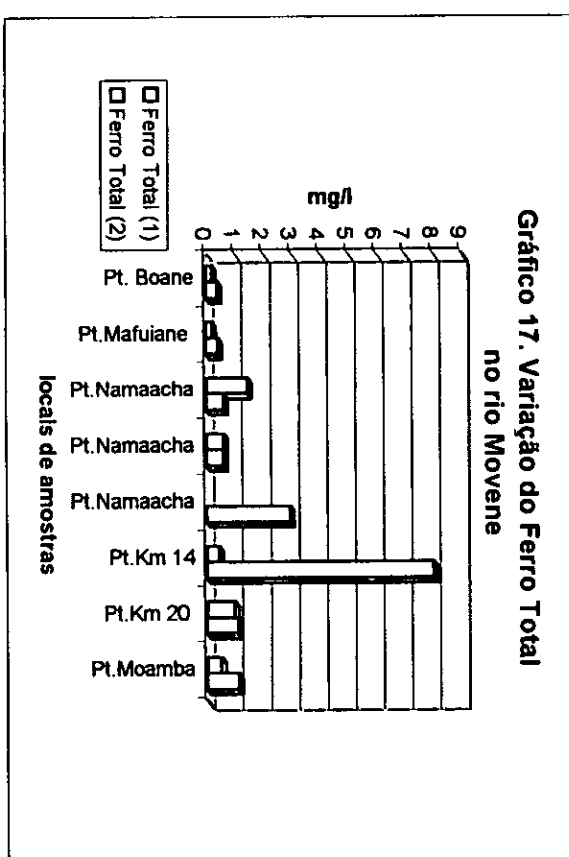
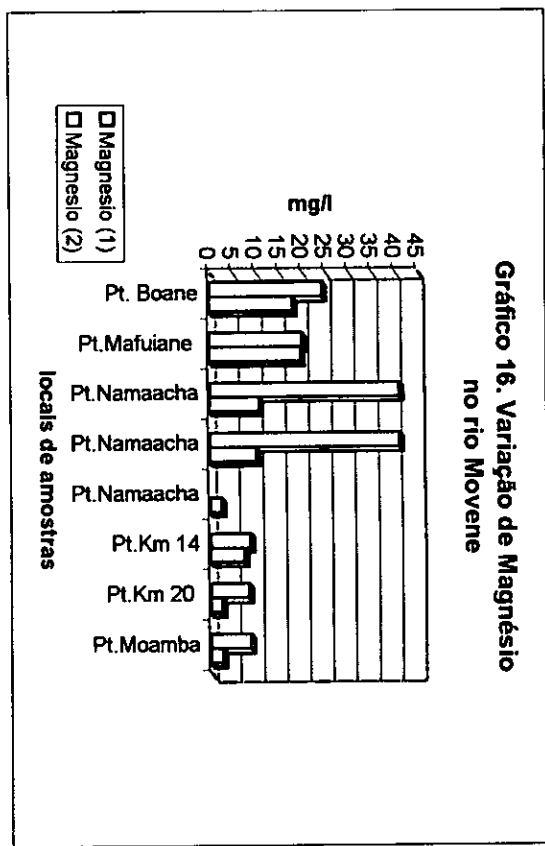
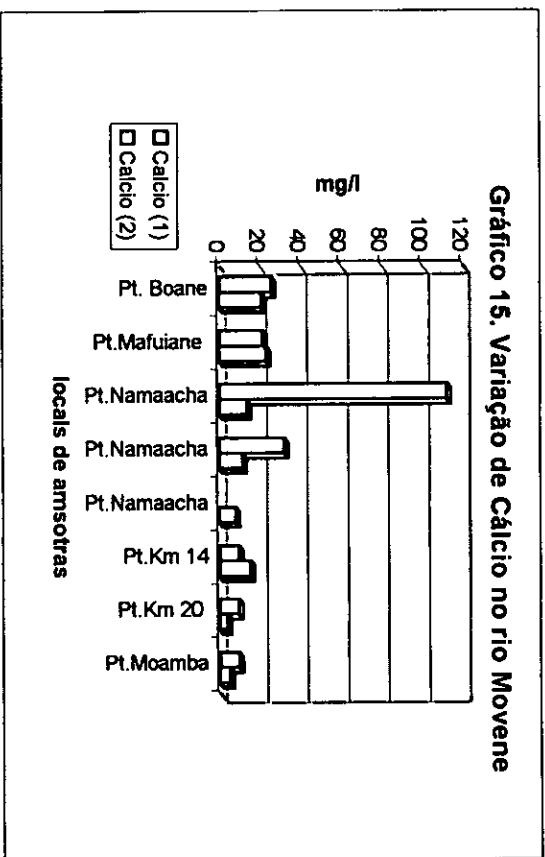
O fósforo nas águas naturais está presente exclusivamente como fosfatos. O teor de fosfato (mg/l) apresenta-se igual ou menor que 0,25 nas observações da fase 1, enquanto que nas amostras colectadas na fase 2, mostram maior concentração de óxido de fósforo ao longo do vale de Movene, com variação entre 0,07-0,38 mg/l, a máxima ocorrência observa-se nas amostras 1 (ponte Boãne) e 2 (ponte via Namaacha).

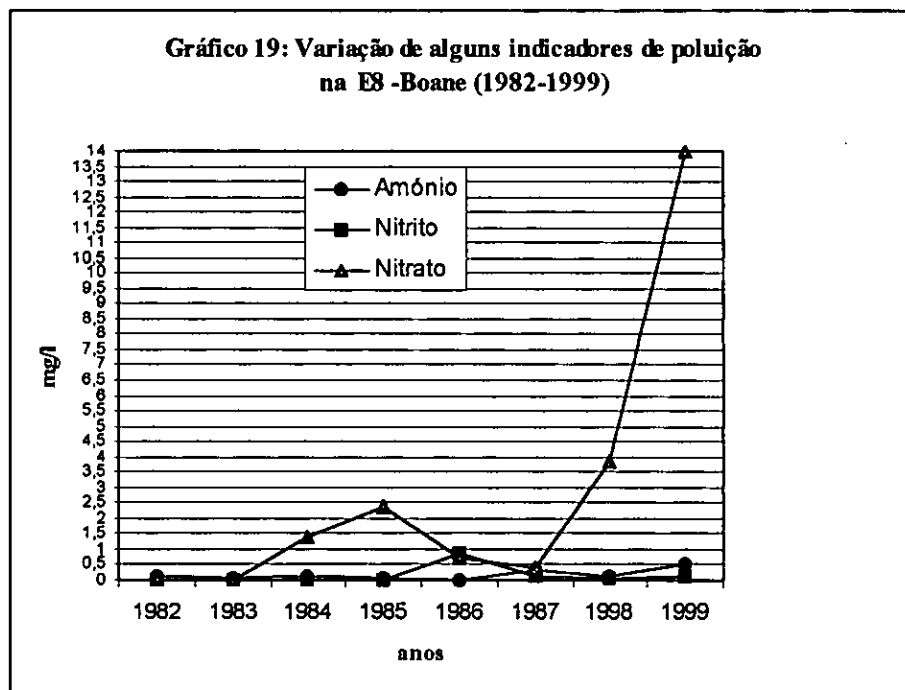
O fósforo é um elemento nutritivo para os organismos, por isso pode ser nutriente que limita a produtividade dum água, visto que um aumento de fósforos na água do rio pode provocar uma proliferação excessiva de macro e microorganismos, com efeitos prejudiciais, como a eutroficação. As amostras revelam uma baixa concentração de fosfatos a montante do rio em relação a área de interflúvio dos rios Movene e Umbelúzi (vide gráficos 7 e 10).

GRAFICOS DE VARIAÇAO DOS PARAMETROS QUIMICOS DA AGUA NO RIO MOVENE









Fonte: Oliveira, A., 1988:12. *Qualidade de água na Albufeira dos Pequenos Libombos e rio Umbelúzi entre 1982 e Fevereiro de 1988* e os resultados laboratoriais do autor (1998 e Março de 1999).

Caso particular, pode-se observar no gráfico 19, estação (E8), na comparação dos poluentes (1982-1999), o ocorre um elevado teor nitratos em relação à outros indicadores de poluição ao longo dos últimos anos; isto pode significar que há um tratamento intensivo do terreno com adubos azotados; para além a influência que a água do rio pode sofrer em relação das condições naturais das águas subterrâneas (idem).

O potássio (K^+) é também um dos elementos de nutrientes poluentes, a sua variação ao longo do rio, durante o período de amostragem é bastante complexa. Na fase 1 apresenta uma variação entre 2,72-5,40 mg/l e na fase 2, varia entre 0,35-7,80 mg/l, com maiores concentrações na montante do rio Movene, nas pontes de Km 20 e de Moamba (vide gráfico 13).

5.1.6. Problema de Toxicidade

O problema de toxicidade de água ocorre quando se verificar o aumento das concentrações de cloreto (Cl^-); sódio (Na^+) e boro (B), o que pode causar a destruição das culturas e/ou a redução dos índices de produção agrícola, quando a água for utilizada para fins de irrigação (vide gráficos 9 e 14). Sódio e cloreto são primariamente iões absorvidos pelas plantas através das folhas, como os citrinos. Pois, as concentrações na planta aumentam durante o uso da água contaminada e a destruição desta desenvolve-se mais rapidamente e pode tornar progressivamente mais severa ao longo do tempo (Ayers e Westcot, 1985:5).

Segundo os resultados observados nas amostras colectadas no campo, indicam em ambas as fases, maior concentração de sódio e cloreto no vale de Movene em relação a montante do rio. O sódio na fase 1, ao longo do vale de Movene varia entre 100,00-300,00 mg/l e a montante entre 80,00-110,00 mg/l. Na fase 2, a água do rio o decréscimo das concentrações em relação a fase anterior da amostragem. Verificou-se nesse período, no rio Movene, uma variação de 62,00-120,00 mg/l e a montante entre 25,00-35,00 mg/l (vide gráficos 12 e 13).

Em relação ao cloreto, no vale de Movene varia entre 73,30-331,70 mg/l e na montante 45,40-65,00 mg/l. O ião cloreto é um dos aniões presentes em quantidade maior na água, o que pode dar a ideia do grau da salinidade da água (nos níveis de 250,00 mg/l), quando está associado ao catião sódio (Na^+).

O problema de toxidade não só pode ser analisado em termos da produção agrícola; mas também em relação a saúde humana. A existência dos compostos químico-minerais na água afecta gradualmente o estar físico e psíquico do ser

humano. A concentração dos compostos observados como: cálcio, magnésio, sulfato, ferro total e entre outros (vide gráficos 15, 16, 17 e 18).

5.1.7. Coliformes totais

As amostras para a análise bacteriológicas foram colectadas nos locais de maior fluxo da população em termos de uso da água do rio, para tomar banho e para uso doméstico.

Os resultados das amostras em duas fases indicam a existências de bacilos coliformes, verde brilhante, com coliformes fecais acima de 2400/100ml (vide tabela 12 e 13), isto significa que a água é imprópria para o consumo humano, segundo os padrões da OMS (guião 4), em duas amostras consecutivas, relativas ao mesmo local, não se deve detectar coliformes.

5.2. As amostras de solo

5.2.1. Salinidade

A salinidade do solo medida, como a condutividade eléctrica (C.E., mS/cm) no extracto 1:2,5 (solo:água), mostra que na observação de Movene I, os valores de C.E (1:2,5) oscilam entre 0,21-0,38 mS/cm, com valores elevados no subsolo, enquanto que na observação de Movene II, apresenta-se relativamente abaixo e decrescente em relação a profundidade (entre 0-100 cm), com uma variação entre 0,25-0,13 mS/cm. Os resultados do laboratório, comparativamente as características dos solos, indicam a ausência da salinidade elevada nas duas observações (vide tabela 15).

5.2.2. Sodicidade

A sodicidade é expressa pela percentagem de sódio trocável (PST) do complexo de troca. A percentagem de sódio trocável é calculada do total de catiões (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}). Esta percentagem, na observação de Movene I varia de 38,63 à 67,76 % , com o aumento da profundidade. Mas, na observação de Movene II, varia entre 77,91 e 55,86%, apresentando-se relativamente elevada em relação a observação anterior, enquanto que a sodicidade nesta observação diminui com a profundidade.

A percentagem de sódio trocável (%PST), conforme a classificação internacional (FAO/UNESCO,1988) considera-se uma saturação de sódio do complexo de troca de 15% ou mais como um horizonte ou solo sódico, quando este contém mais do que 50% sódio junto com magnésio (Dijkshoorn e Mafalacusser,1991:15).

Considerando os dois critérios, os solos nas duas observações não são sódicos³⁰, o que afasta a maior possibilidade de água do rio Movene sofrer perigo de salinizar e sodificar rapidamente, devido as características dos solos nas áreas projectadas para a construção de barragens.

5.2.3. Textura.

Na observação de Movene I, os solos apresentam as características de solos basálticos líticos, com uma grande variação de texturas, franco-arenosa e arenosa. A rocha finamente pedregosa a granular meteorizada, influenciada pela iluviação de argila dos antigos horizontes de solo acima (cf.INIA,1993:156; e carta de solos

³⁰ Idem.

1:50000).

Na observação de Movene II, identifica-se os solos de Pós-mananga de textura limosa, que apresentam influência de solos riolíticos líticos, que ocorrem em declives maiores de 4%, com textura franco à argiloso, ou são solos pedregosos, algumas vezes apresentam uma camada endurecida de óxido de ferro na base do perfil (ibid)³¹.

6. Discussão

A disponibilidade hídrica do rio Movene é discutida em termos de variação do caudal e a probabilidade de ocorrência de escoamentos anuais, o que permitiu estimar a quantidade de água do rio. Neste ponto apresenta-se também a discussão de factores determinantes na qualidade de água, segundo a análise dos resultados obtidos.

6.1. Disponibilidade de água no rio Movene

Os valores registados da estação E8 estendem-se de 1954 -1987 e estação E395 de 1959-1981. Segundo as simulações feitas por Matola (1998:31), com base no modelo "River Basic System WAFLEX", permitiu obter resultados das médias mensais do caudal do rio Movene, para um período de 40 anos (1954-1994), a partir da correlação das duas estações, acima referidas, com R^2 de 0.92 (vide tabelas 6-10).

Esta relação ajudou a superar os problemas de falta de dados do rio Movene de 1954 à 1987, a qual $E8 = 1.10 * E395 + 0.78$. A E8 foi observada também, a partir da análise regressiva ($R^2 = 0.75$), que é uma relação linear entre as médias mensais de escoamentos da E8 e a precipitação mensal da estação P924 (Namaacha – Monte Ponduine). A última relação da $E8 = P924 * 0.03 - 12.90$, foi usada para extrapolar os dados da série E8 até 1994 e dentro das previsões da E395 (cf. Matola, 1998:33).

Os dados obtidos foram testados, a partir da distribuição com um intervalo de confiança de 95%, o que permitiu a obtenção dos gráficos 20 e 21.

Um exame ao gráfico 20, constata-se que os caudais médios anuais do rio Movene, ao longo de 40 anos, tiveram apenas dois pontos mais altos em anos consecutivos, 11,57 m³/s (1975) e 14,42 m³/s (1976), o que pode corresponder um escoamento de 362 Mm³/ano e 450 Mm³/ano e respectivamente, enquanto que os valores de outros anos tende aproximar-se à média de 2,5 m³/s (78 Mm³/s).

Considerando o projecto de construção da barragem sobre o rio Movene, com capacidade de 28 Mm³, o que corresponde 36% do escoamento anual estimado do rio Movene na E8; isto pode significar que o rio apresenta um potencial aceitável para a construção da barragem a montante e garantir a jusante, o ecossistema ribeirinho e a morfologia do caudal fluvial de Movene.

Como foi observado na tabela 03, o rio Movene, no ano 1972/1973, não produziu escoamento, durante a série de 1964-1974, este fenómeno pode ser observado também no gráfico 21 (1964-1994), existem anos durante os quais, a contribuição do rio Movene é quase nulo.

³¹ cf. Mapa de solos, folha 1193, 1192 e 1188 (1:50000).

COMPARACAO DOS CAUDAIS MEDIOS MENSAIS E ANUAIS NA AREA DE ESTUDO

Gráfico 20: Escoamentos da E8, E395 e Rio Movene

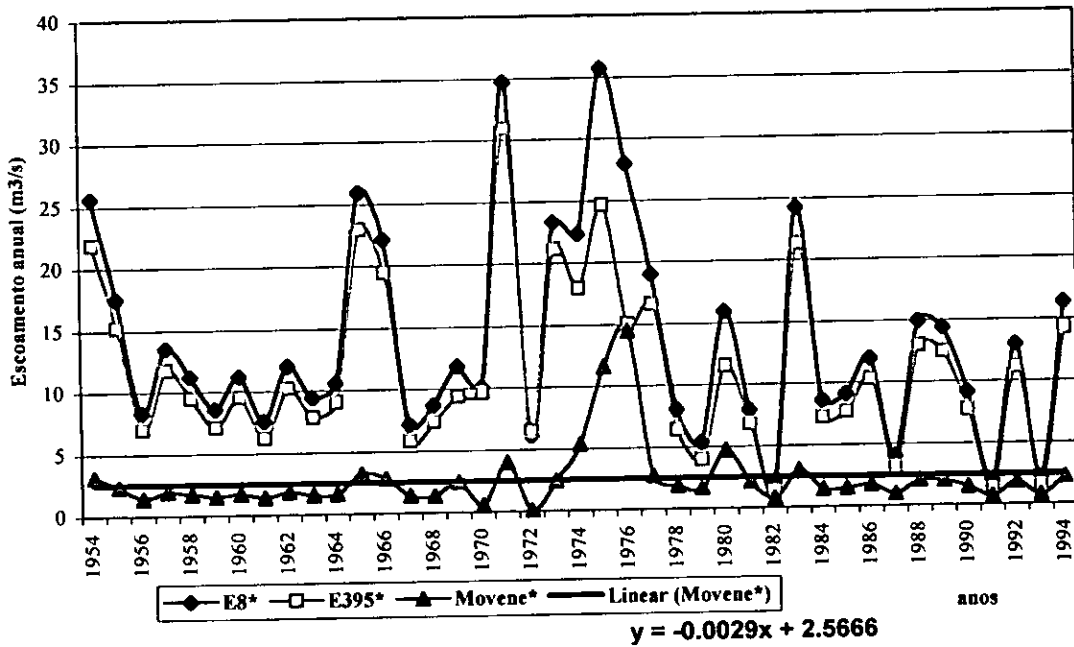
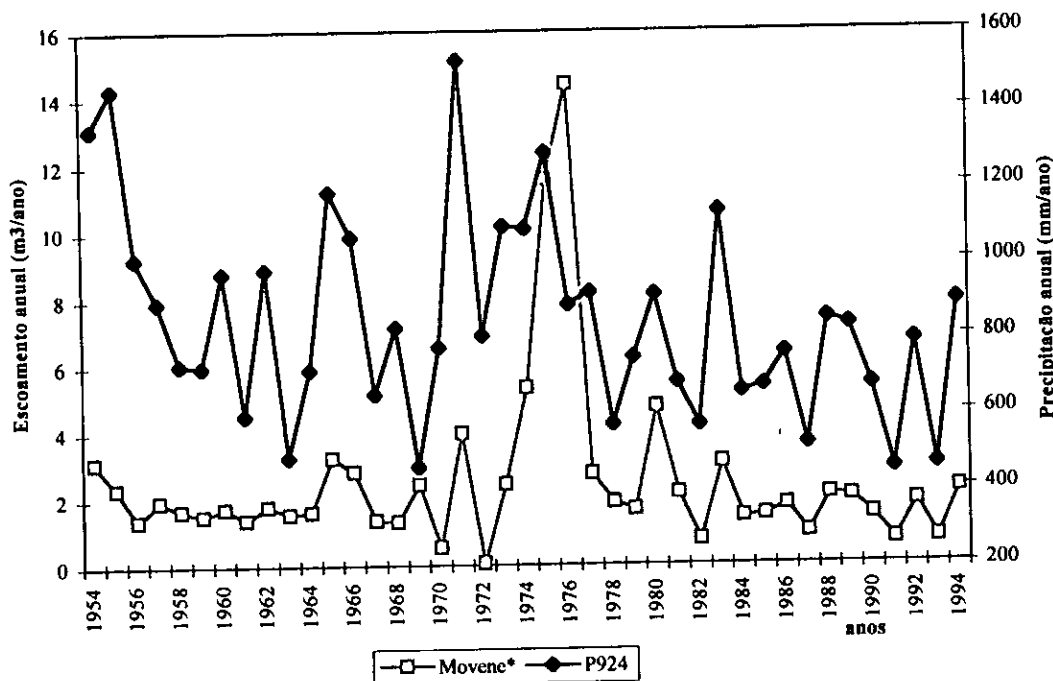


Gráfico 21: Escoamento de Movene e Precipitação P924



Esta situação, no período de anos consecutivos de seca poderá deixar a albufeira sem quantidade aceitável de água, para o seu uso e aproveitamento, isto é, para a garantia da prática do regadio das culturas e para alimentação do gado, sem contudo, excluir as necessidades da população à beira do rio Movene.

Por um lado, é preciso considerar que a proporcionalidade dos escoamentos anuais estimados, é influenciado naturalmente, pela variação da precipitação, da temperatura e da evapotranspiração principalmente; pois, o padrão da precipitação apresentado no gráfico 2, revela a irregularidade das chuvas ao longo do ano; isto é, o período húmido, o pentamestre chuvoso (Novembro-Março) é relativamente curto³², em relação ao período seco, mas requer a manutenção de 28 Mm³ (com um caudal médio necessário de 0,9 m³/s) na albufeira.

A quantidade de água que será armazenada na albufeira, terá de ser repartida pelas necessidades de rega³³ e o canal do rio a jusante, no período seco, para garantir o uso e aproveitamento da água pela população, isto é, em termos de incremento na demanda de água para uso doméstico e industrial e da necessidade de expansão da produtividade agrícola através dos sistemas de irrigação.

6.1.1. Variação do caudal

Segundo a equação linear dos caudais médios anuais do rio Movene ($y = -0.0029x + 2.5666$), mostra a tendência de diminuição dos caudais, o que pode significar uma variação decrescente do regime do escoamento superficial do rio (vide gráfico 20 e 21). Pois, isto se reflecte no comportamento dos valores de caudais

³² O período chuvoso apresenta precipitações máximas mensais inferiores à 160 mm, relação ao período seco, com meses de Junho, Julho e Agosto, com precipitação quase nula.

³³ Foram propostos 800-1800 hectares para rega na bacia de Movene, segundo os planos esboçados pela SOGREAH, 1982 e SEHA, 1993.

médios mensais extrapolados, a partir dos registos nas estações (E8, E395 e P294), vide tabelas 6, 7, 8 e 9 (em anexo).

Entretanto, os valores médios apresentados nas tabelas, não reflectem exactamente o que ocorre ao longo do ano; pois, o rio Movene apresenta um regime periódico, onde a variação extrema dos valores dos caudais médios mensais e anuais ocorre no período de intensas chuvas, caudais máximos instantâneos acima de 182 m³/s na secção da ponte "km 20", entre os meses de Janeiro e Fevereiro, contra os mínimos instantâneos inferiores à 1.0 m³/s (quase nulos), entre os meses de Junho à Setembro (cf. DNA, 1983:4 e vide tabela 9, em anexo).

Os estudos apresentados pela SOGREAH (1982) em relação ao rio Movene, concluíram que os caudais máximos na ordem de 200 m³/s, estão para período de retorno de 100 anos, e com coeficiente de 100% determinaram os caudais máximos de cheias, com base na precipitação da área de estudo e foram obtidos os seguintes resultados: caudal máximo de 374,8 m³/s no período de retorno de 50 anos, e 568 m³/s no período de retorno de 100 anos. Se compararmos os dados estimados dos estudos de SOGREAH (1982) com os da tabela 05, nota-se estimativas grosseiras para o primeiro caso, porque a análise dos valores de caudais estimados em relação ao período de retorno foram feitos com base nas observações de registos da precipitação na área de estudo, enquanto que os dados da tabela 04, foram estimados a partir de simulações de caudais registados nas estações, sobre um período de relativamente 40 anos. Como considera Cunha (1980:16), as estimativas para o prognóstico do regime do escoamento dum rio, a partir da precipitação, envolve grande número de indeterminações, pelo que em princípio é preferível recorrer directamente aos valores dos caudais médios para determinar as probabilidades de

não excedência, com períodos de retorno aceitáveis para as estações seca e húmida na área de estudo.

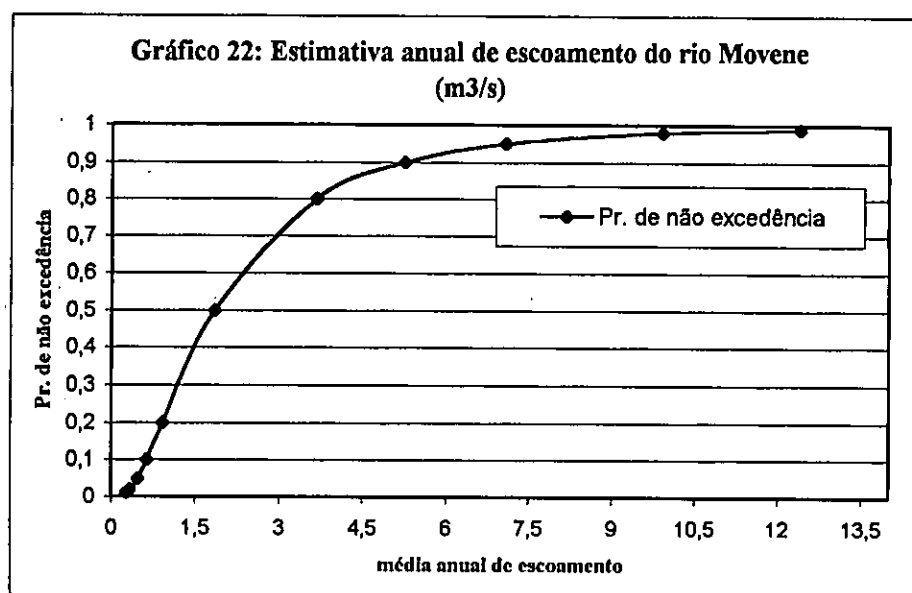
6.1.2. Prognóstico de escoamento anual

Tabela 05: Prognóstico de escoamento médio anual do rio Movene (m^3/s)

	Período seco					Md.	Período húmido				
Pr.	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	0.50	0.80	0.90	0.95	0.98	0.99
P.R.	100	50	20	10	5		5	10	20	50	100
M.A.E	0.27	0.34	0.48	0.64	0.92	1.84	3.67	5.26	7.09	9.92	12.40

Fonte: adaptado de Matola, 1998:16. *Water Resources Planning Approach for the Umbelúzi River Basin.*

Onde: Pr – probabilidade de não excedência; P.R. – período de retorno; M.A.E – média anual de escoamento e Md. – mediana.



Para a barragem projectada com capacidade de armazenamento de 28 Mm^3 (o que corresponde o caudal médio necessário de $0,9 \text{ m}^3/s$), que deve ser mantido, se se admitir a probabilidade de não ocorrência de 20% de chuvas para um período de retorno de 5 anos; pois, notar-se-á um risco de falta de água na albufeira, isto é, caso ocorram cinco anos de seca. Para o caudal médio anual estimado, de $2,5 \text{ m}^3/s$, para

o rio Movene, a probabilidade de não excedência é de 54%, para um período de retorno de 3,4 anos (vide gráfico 22).

6.2. Factores determinantes na qualidade de água

É extremamente difícil identificar com rigor os factores que podem afectar a qualidade de água na área de estudo, porque os resultados obtidos ao longo do pentamense húmido, período relativamente curto, em termo de análise das séries temporais, podem conduzir à um balanço probabilístico com elevadas incertezas, devido a falta de estudos anteriores relacionados com a qualidade sobre o tributário de Movene, como acima foi referido.

Como mostram os resultados laboratoriais, a variação das características de água no espaço e no tempo, pode considerar-se que ela sofre influência da própria natureza das características físico-geográficas locais, como a topografia; clima e os solos da área de drenagem da bacia, enquanto que as actividades humanas não apresentam interferência relevante, como o desenvolvimento da agricultura; a extracção mineira e entre outras formas de contaminação directa, que podem afectar a qualidade de água.

6.2.1. Topografia e a qualidade de água

A forma de drenagem da água na bacia hidrográfica do rio Movene pode influir na variação dos níveis de turvação da água, segundo a constância do escoamento superficial. Pois, o rio é definido topograficamente por um sistema interligado de cursos de água, que nascem na cordilheira dos Pequenos Libombos, depois todos os caudais confinam num único braço, rio Movene, que desagua na

área de planície litoral do rio Umbelúzi.

Como se referiu no ponto (5.1.2), os níveis de turvação em duas fases apresentam-se elevados no "km 20", devido a declividade acentuada do terreno em relação a área de planície ou do vale de Movene. Esta situação pode contribuir futuramente com a construção da barragem (Movene II), em termos de incremento de sedimentos sólidos suspensos e o assoramento da albufeira; embora a montante do "km 20" é caracterizado por formações basálticas e riolíticas, que pela sua natureza apresentam maior resistência à erosão e dão origem a formação argilosa que com o tempo poderão vir a colmatar fendas e fracturas da barragem (*cf.* DNA, 1966:3), e sob ponto de vista sanitário a turvação apresentada a montante não é aceitável para o consumo humano da água, o que pode provocar irritações gastrointestinais, devido o elevado NTU.

Nota-se que a situação é contrária na foz do rio Movene sobre o rio Umbelúzi, isto é, na área de planície litoral, não só pela redução dos níveis de turvação, mas pela tendência aceitável dos níveis de pH (7.0). Pois, a secção do rio não apresenta os escoamentos abruptos, o que motiva as comunidades locais o uso directo da água do rio (vide fotos 6 e 7).

6.2.1. Precipitação e a qualidade de água

As observações apresentadas no ponto (6.1.1) são bastante importante para determinar a quantidade de água numa unidade hidrográfica, em que vários processos têm arranjos espaciais ao longo do tempo.

Pois, a determinação da qualidade de água tem extrema relação com a disponibilidade hídrica, e esta é influenciada pelo comportamento local e/ou regional

da precipitação principalmente.

Na área de estudo, a precipitação anual não excedem à 1000 mm, enquanto que a tendência da evaporação apresenta-se relativamente superior à precipitação ao longo do ano, o que pressupõe que as correntes de água permanentes são raras no período seco, com extrema influência na flutuação dos níveis de sais dissolvidos (TDS), como se reflecte para o caso do vale de Movene (vide tabela 04).

O período de ocorrência de intensas chuvas (fase 2), constata-se uma diminuição de acumulação de sais dissolvidos na água, o que revela que a água do rio no período seco sofre influência de salinização, devido a redução do escoamento superficial, o tempo de residência da água ao longo do rio e a elevada evaporação, em relação ao período chuvoso, onde a precipitação exerce maior capacidade de modificação das características físicas e químicas da água.

6.2.2. Salinidade e a qualidade de água

Como se observou no campo e reconfirmado pelo resultados medidos no laboratório e também pela interpretação da carta dos solos da área de estudo, a salinidade e a conductividade elétrica (C.E.) no extracto 1:2,5 (solo: água) mostram valores baixos, que oscilam entre 0.13- 0.33 mS/cm.

O valor de pH estabiliza-se no 7.0, por outro lado, as concentrações de sódio, cálcio e magnésio nas amostras de água, determinadas em SAR (taxa de absorção do sódio), a partir da fórmula (1) abaixo, são relativamente baixos, o que pode comprovar que a qualidade de água necessária para a irrigação dos solos seja aceitável e recomendada, nos termos de FAO (1985), artigo 29 (irrigação e drenagem), afastando deste modo o perigo de salinizar e sodificar rapidamente os

solos na área de estudo.

Fórmula 1

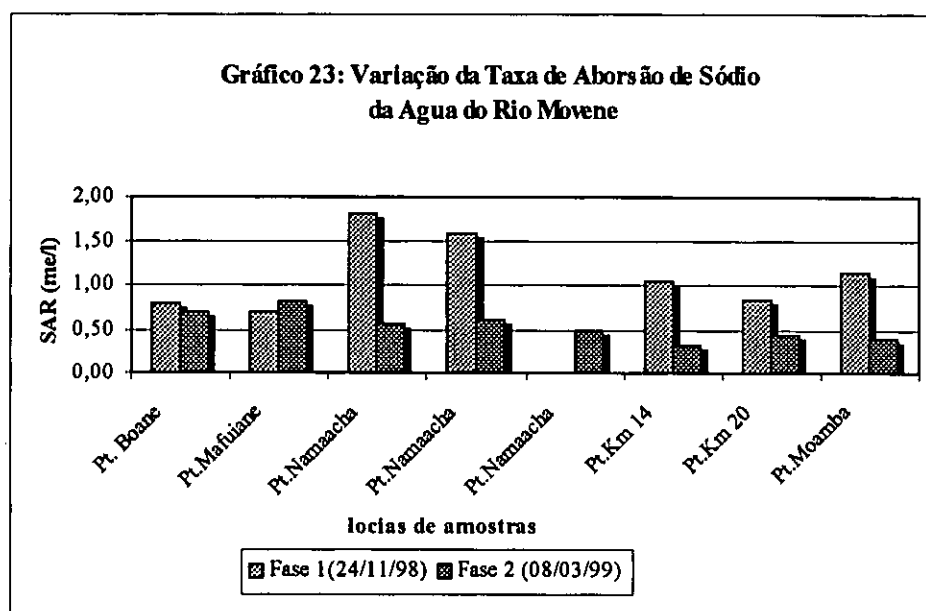
$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca_x + Mg}{2}}}$$

Onde: SAR - Taxa de Absorção do Sódio
 Na - Sódio (me/l),
 Ca_x - Cálcio (me/l) e
 Mg - Magnésio (me/l)

Fonte: Ayers e Westcot, 1985:61 (FAO paper 29).

Com base nos resultados laboratoriais das amostras de água em duas fases, fase 1(24/11/98) e fase 2 (08/03/99), foram calculados os valores das variantes da equação, o que permitiu a construção do gráfico 4, no qual verifica-se a variação da SAR de água do rio Movene, durante o pentamestre de colecta das amostras.

SAR indica duma forma abrangente, os problemas de infiltração da água no solo, devido o excesso de concentração de sódio em relação ao cálcio e magnésio. A ocorrência desta relação não se deve a concentração de cálcio no solo, mas é devido as mudanças da salubidade do cálcio resultante da precipitação ou durante a dissolução e/ou durante o processo de irrigação do solo (Ayers e Westcot,1985;61).



Nesta discussão, o sódio constitui a parte importante da salinidade, porque facilita e estabelece a relação de equilíbrio com as mudanças de cálcio e magnésio ao longo do tempo; pois, de um lado a tendência das concentrações observadas no gráfico 23, mostra que a influência dos solos é baixa em relação às características físicas e químicas de água do rio Movene; por outro lado os valores da SAR tendem a ser relativamente elevados no período seco, em relação ao período chuvoso, devido à precipitação, que exerce maior influência na dissolução das concentrações (vide 6.2.1).

6.2.3. Actividades humanas e a qualidade de água

Numa abordagem da qualidade de água, a influência das actividades humanas deveria ser vista em termos de desenvolvimento das actividades sócio-económicas, como a mineração, a agricultura e o uso e aproveitamento da água pela população na área de influência da bacia do rio Movene, segundo os níveis de necessidades.

A actividade indústria na bacia do rio Movene não é notória, o que torna desnecessário fazer referência em relação à qualidade de água.

Actividade mineira

Segundo as constatações do campo, a montante do rio Movene está aberta a pedreira da empresa Tamega, a localização desta actividade mineira à céu aberto, próximo do rio, para além da pedreira de Mafuiane, em pleno funcionamento nas proximidades do vale do Movene, podem contribuir no futuro em relação à variação da qualidade de água do rio, embora não foram feitos levantamentos prévios, em termos de níveis de impactos, pois, o presente trabalho restringe apenas no estudo

quantitativo e qualitativo da água do rio numa perspectiva espacial e temporal.

Agricultura

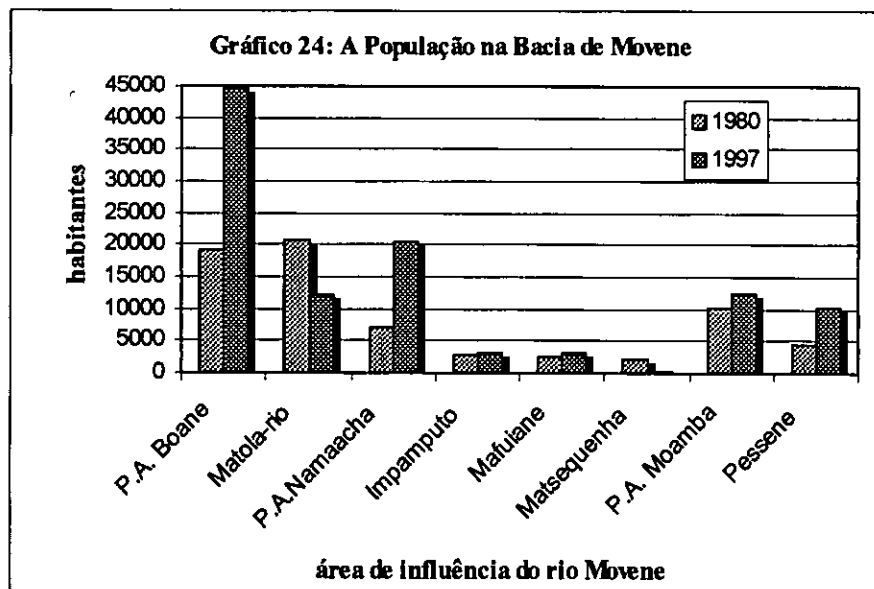
Outra fonte de poluição de água seria a agricultura por irrigação, que é mais notória ao longo do vale de Movene, mas segundo as comunicações pessoais no campo, os camponeses não utilizam ou pouco utilizam fertilizantes para aumentar a fertilidade dos solos, devido o potencial natural que estes apresenta.

As culturas mais praticas são: milho, feijão, batata, diversidade de hortaliças (repolho, tomate, cebola, pimenta, piri-piri) e entre outros legumes (vide fotos 5 e 6).

Uso da agua bruta do rio

Ao longo do rio Moveme, verifica-se pouca afluência da população para o uso da água em relação ao Posto Administrativo de Boane, devido a diferença espacial de números de habitantes e as condições de água das fontenárias e poços na planície litoral apresentam se salobre, em relação à montante do rio.

Pois, a população de Mafuiane, Massacas I e II, Vila de Boane, toma banho e usam directamente água do rio Umbelúzi, nas pontes de baone e Mafuiane principalmente, para finalidades domésticas, como se observa nas fotos 6 e 7.



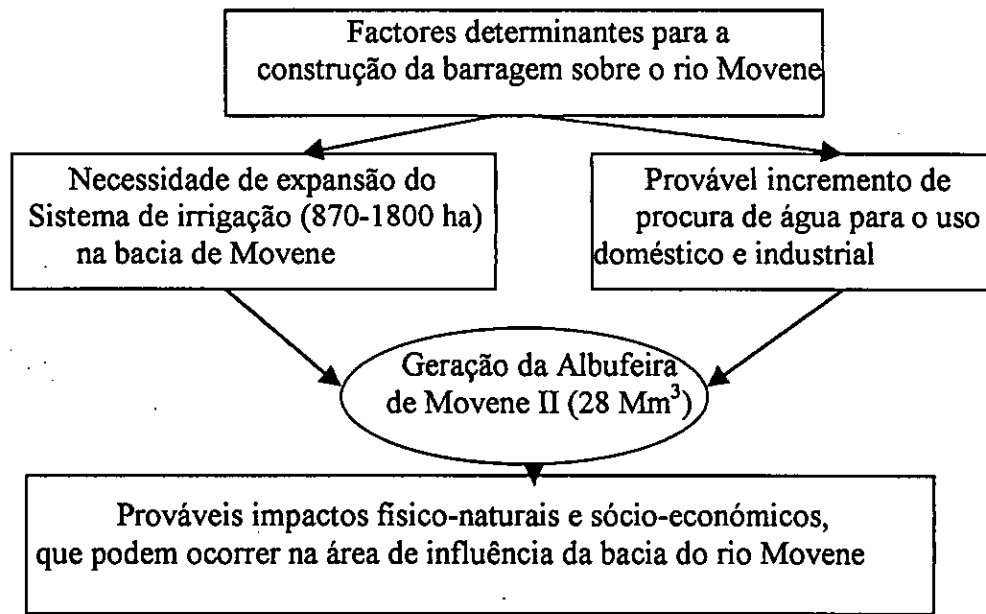
Fonte: Dados do Iº (1980) e IIº (1997) recenseamento geral da população e habitação, CNP, 1982 e INE, 1998 (resultados definitivos).

Os resultados laboratoriais indicam que a água apresenta o grupo de coliformes totais, que são bactérias que afectam a saúde humana, pois, a presença de basilios pode agudizar quer o número de doenças para a população ao longo da bacia de Movene e particularmente da Vila de Boane.

6.3. Previsões sobre a barragem no rio Movene

6.3.1. Impactos da barragem sobre o meio ambiente circundante

A construção da barragem sobre o rio Movene, Movene II, terá impactos de físico-naturais e sócio-económicos sobre a área de influência directa e indirecta da bacia de Movene, como se pode ilustrar no esquema a seguir:



Impactos físico-naturais	<p><i>Negativos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Modificação física da área de inundação: <ul style="list-style-type: none"> • Regulação do regime do rio Movene, o que implicará a alteração da dinâmica física e biológica dos canais fluviais; • Assorimento da albufeira; ➤ Degradação da qualidade de água da albufeira: <ul style="list-style-type: none"> • Eutroficação; • Contaminação da água à montante ➤ O uso de fertilizantes agrícolas à jusante Implicará: <ul style="list-style-type: none"> • Riscos aos utilizadores dos rios Movene e Umbelúzi no perímetro de irrigação; • Modificação de qualidade de água no Rio Umbelúzi (planície litoral). <p><i>Positivos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Diminuição das grandes cheias; ➤ Redução dos riscos agrícolas à jusante do perímetro irrigado e possibilidade de pesca; ➤ Bom aspecto paisagístico, o que pode constituir um atractivo turístico.

Impactos sócio-económicos	<p><i>Negativos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Limitação de recursos da população, <ul style="list-style-type: none"> • Devido a redução das áreas de cultivo familiar ao longo rio Movene, na montante e • devido a redução da possibilidade de fabricar carvão de madeira, após o arroteamento do perímetro irrigado; ➤ Problemas ligados ao re-assentamento involuntário da população e a valorização dos locais sagrados; <p><i>Positivos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Disposição do emprego, com a implementação dos projectos do aproveitamento do complexo agro-industrial de Movene; ➤ Provável assistência sanitária e veterinária do gado familiar e a possibilidade de extensão das actividades comerciais; de saúde e educação; ➤ Aumento dos índices de produção agro-pecuário e industrial.
---------------------------	---

Fonte: adaptado de Chonguica (1995:163-166) e SOGREAH (1982:75-77)

6.3.2. Impactos da qualidade de água no futuro

No contexto físico-natural

O esquema apresentado no ponto (6.3.1) ilustra os prováveis impactos que podem ocorrer na área de estudo, com a implementação de projectos hidráulicos. Neste contexto, a qualidade de água do rio, quando for aceitável, pode incentivar os vários níveis de utilização, tornando a área da bacia de Movene mais viável para o desenvolvimento social e económico.

Preve-se que o desenvolvimento das actividades mineiras à montante do rio, as pedreiras principalmente, podem constituir uma das fontes principais para a poluição de água do rio Movene à montante da albufeira projectada.

Os fenómenos de assorimento e eutroficação têm merecido atenção nas várias abordagens sobre a qualidade de água das albufeiras, devido o material contaminante que pode ser depositado na área de inundação. Neste contexto é difícil prever os níveis de poluição e as quantidades de materiais contaminantes à serem depositados ao longo do tempo na albufeira projectada.

Os resultados das amostras de água no local da projecção da barragem, "km 20", indicam baixo nível de concentração de bicarbonatos, cálcio, sódio e cloro, que são características fundamentais para determinar a quantidade de sedimentos transportados pelo rio, com importância para o estudo da qualidade de água da albufeira (Sundstrom, 1992:99).

Portanto, os riscos relevantes podem relacionar-se com o uso da terra e a variação da precipitação ao longo dos anos na área de estudo, com implicações não só na qualidade de água da albufeira, mas também na manutenção da quantidade de água em relação aos níveis de necessidades referidas no esquema (vide 6.3.1).

No contexto sócio-económico

O uso directo de água do rio pela população é um aspecto que merece maior atenção na área de influência da bacia de Movene, principalmente no Posto Administrativo de Boane e comunidades de Massaca I e II e Mafuiane. Caso os níveis de contaminação da água do rio Movene aumentarem, pode agravar a saúde da população envolvida, como é frequente as doenças com a diarreia, malária, cólera, entre outras doenças ligadas à água (segundo as comunicações pessoais, no Hospital de Boane e Centro de Saúde Kurula).

No entanto, os resultados de testes bacteriológicos das amostras colectadas nas duas fases confirmam a presença de basílios coliformes, isto revela que a qualidade de água do rio é imprópria.

Portanto, o empreendimento da barragem de Movene, não só pode criar a repartição dos custos e benefícios sobre as partes afectadas e interessadas, como também pode permitir a criação de sistema de abastecimento à população e a extensão da productividade agrícola através do sistema de irrigação, se os níveis de qualidade continuarem aceitáveis.

7. Observações e Conclusões

As principais conclusões tiradas com a realização do presente trabalho são:

Os caudais médios anuais do rio Movene, ao longo de 40 anos, tiveram apenas dois pontos mais altos em anos consecutivos, 11,57 m³/s (1975) e 14,42 m³/s (1976), os valores mais baixos obtidos são de 0,52 m³/s (1970) e 0,06 m³/s (1972), com a media anual de 2,5 m³/s (78 M m³/s).

Considerando o projecto de construção da barragem sobre rio Movene, com capacidade de 28 Mm³ (é necessário manter o caudal médio de 0,9 m³/s), o que dá indicações que a potencialidade de escoamento anual do rio, seja suficiente para alimentar a albufeira e garantir deste modo a jusante, o ecossistema ribeirinho e a morfologia do canal fluvial de Movene e a rega de 1800 hectares aproximadamente.

O rio Movene tem um regime periódico. Devido a irregularidade da precipitação ao longo do ano, as correntes da água permanentes são raras no período seco, com extrema influência na flutuação dos níveis de sais dissolvidos (TDS), como se reflecte para o caso do vale de Movene, embora o teor salino da água, comparativamente aos padrões da FAO, não ultrapassem os limites usuais para a irrigação. Enquanto que no período de ocorrência das intensas chuvas, constata-se uma diminuição de acumulação de sais dissolvidos na água.

A salinidade e a condutividade elétrica (C.E.) no extracto 1:2,5 (solo: água) mostram valores baixos, que oscilam entre 0.13- 0.33 mS/cm, em relação aos padrões de uso da água para rega e o consumo de gado.

A água dum rio não tratada, segundo WHO é imprópria para o consumo humano. Os resultados de testes bacteriológicos das amostras colectadas nas duas fases confirmam a presença de basílios coliformes, isto revela que a qualidade de água do rio Movene e Umbelúzi (a jusante da barragem dos Pequenos Libombos) pode afectar a saúde da população envolvida ao longo dos rios.

Segundo os resultados analisados, os principais factores que afectam a qualidade de água do rio Movene são: topografia (declividade do terreno) que influi no transporte do material sedimentar no rio, a precipitação e a variação dos caudais médios anuais (*cf.* Sundstrom, 1992:99). A aplicação de fertilizantes ou adubos químicos e a rega podem contribuir para a modificação da qualidade de água, para além das pedreiras existentes na bacia do rio Movene.

Portanto, a implementação do projecto de construção da barragem de Movene II, pode criar a repartição dos custos e benefícios sobre as partes afectadas e interessadas, mas também, pode permitir a criação dum sistema de abastecimento de água à população e a extensão da produtividade agrícola para reduzir a dependência alimentar as áreas de influência na bacia de Movene, incluindo os centros urbanos de Maputo e Matola.

8. Bibliografia citada

- AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W.,1985. "*Water Quality for Agriculture*". FAO Irrigation and Drainage paper 29 rev.1, ISBN 92-5-102263-1, Roma, 174p.
- ASSUNÇÃO, T, *et al*, 1962. *Petrologia das Lavas dos Libombos*. Junta de Investigação do Ultramar, Lisboa, 120p.
- AZEVEDO,A., 1947. *O Clima de Moçambique e Agricultura*. Estudo de Alguns Factores de Clima, Memórias Série Climatologia, Junta de Missões Geográficas de Investigação Coloniais, Lourenço Marques, 264p.
- BEN MEADOWS COMPANY,1998. *Equipment for Natural Resource Managers*. Export Department, Atlanta, GA 30341, USA.
- BLAIR, E.,1977. *Water Quality: Problems, Solutions, Management, Standards and Vision*. In " Water Quality Proceedings of an International Forum, Coulston,F. and Mrak,E. (eds), Academic press, New york, 89-100p.
- BISWAS,A., 1978. *Water Development and Environment*. In "Water Pollution Control in Development Countries", volume II, Lohan,B. e Thanh,N. (eds). International Conference Held at Bangkok, Thailand, 21-50p.
- CAMP,T. & MESERVE,R., 1974. *Water and Its Impurities*. Dowden, Hutchinsonson & Ross, John Willey & Sons editor, USA/Canada,375p.
- CARVALHO,J., 1969. *Monografia da Bacia Umbelúzi*. Grupo de trabalho para o decénio hidrológico internacional, Loureço Marques, 10p.
- CHIN,K., 1978. *A Systems Approach to Water Quality Control: Malásia as a case Study*. In "Water Pollution Control in Development Countries", volume I, Ouano,E.; Lohan,B. e Thanh,N. (eds). International Conference Held at Bangkok, Thailand, 103-110p.

- CHONGUIÇA, E.,1995. "*Environmental Impact Assessment of Pequenos Libombos Dam in Southern Mozambique*". An evolution of methods for terrian analysis, sediment transport and reservoir sedimentation in an EIA framework, UNGI Rapport nr 90 Uppsala University, Sweden, 213p.
- CUNHA,L.,1980. *A Gestão de Água: Principios Fundamentais e sua Aplicação em Portugal*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 697p.
- DIJKSHOORN,J. e MAFALACUSSER,J.,1991. *Investigação de Solos do Regadio de Sombo, Chinde*, INIA, comunicação nº67, Maputo,25p.
- DNA,1966. *Esquema de Umbelúzi*, estudo geral, ca pítulo IV, Lourenço Marques, 1-15p.
- DNA,1983. *Barragem de Movene I, Proposta de Melhoramento*. Direcção Nacional de Água, Maputo.
- DNA,1998. *Water Resources Development and Management in the Southern Africa Development Community*. 1st Round Table Conference, Government Statement and Projects, Republic of Mozambique, Genova (10-11/12/1998), Maputo, 9p.
- DOUGHERTY,T. & HALL,A.,1995. *Environmental Impact Assessment of Irrigation and Drainage Projects*. FAO irrigation and drainage paper 53, Rome, Italy, 74p.
- EGAN,H.,1977. *The Development of Analytical Standards for Water Quality*.In Water Quality Proceedings of an International Forum, Coulston,F. and Mrak,E. (eds), Academic press, New york, 101-103p.
- FAO,1997. *Réformer les Politiques dans le Domaine des Ressources en Eau, Guide des Méthodes, Processus et Pratiques*. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage 52, Rome, Italy, 73p.

- FIELD, W.P. & COLLIER, F.W., 1998. "Check list to Assist Preparation of Small-scale Irrigation Projects in Sub-Saharan Africa". Institute of Hydrology, Department for International Development (DFID), project n° r6518, United Kingdom.
- FREITAS, A.J., 1940. *Notas Geológicas sobre a Bacia de Umbelúzi*. Bolentim n° 4 dos serviços de indústria e geologia de Moçambique, Loureço Marques, 199-207p.
- HATTON, et al., 1993. "Avaliação do Impacto Ambiental de Práticas Agrícolas em Redor da Barragem dos Pequenos Libombos". Sociedade para o Apoio a Pequenos Projectos de Investimento (GAPI), Maputo, 60p.
- HATTON, J. & COUTO, M., 1997. *Plano de Controlo Ambiental da Barragem dos Pequenos Libombos*. Volume I e II, Ecologia e Sócio-Económica, Relatórios parciais-draft, Maputo.
- HOFKES, E. et al., 1983. *Small Community Water Supplies*. Technology of Small Supply Systems in Development Countries, John Wiley & Sons, Great Britain.
- HSU, H. & LIU, H., 1978. *Water Quality Monitoring Network Planning in Taiwan*. In "Water Pollution Control in Development Countries", volume II, Ouano, E.; Lohan, B. e Thanh, N. (eds). International Conference Held at Bangkok, Thailand, 123-145p.
- INIA., 1995. "Legenda da Carta de Solos (escala 1:1000 000)". Comunicação n°73, Departamento de Terra e Água, Instituto Nacional de Investigação Agronómica, Maputo.
- JESSEN, M., 1998. *Manual de Hidrologia*. Departamento de Geografia, Faculdade de Letras, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 40p.

- JOAQUIM,S.,1997. *Sistema de Informação Geográfica: Aplicado ao distrito de Moamba*, Trabalho de Licenciatura em Geografia, UEM, Maputo, 78p.
- KASSAM,A. et al, 1981. *Assessment of Land Resources for Rainfed Crop Production in Mozambique*. Climatic Date Bank and Length of Growing Period Anaysis. FAO, AGOA/Moz/75/011. Field Document nº 33, Maputo.
- KEITA, S.,1998. "*Hydrochime Appliquée Aux Environnements Miniers*". UNDP MLI/97/008 BPE 1181E, Bamako, Mali.
- KORTE,F.,1977. *What is Water ?*. In "Water Proceedings of an International Forum, Coulston,F. and Mrak,E. (eds), Academic press, New york, 1-12p.
- LEESTEMAKER, J.H.,1998. "*Relatório da segunda Reunião de Planificação de Programas de Pesquisas sobre os Recursos Hídricos em Moçambique, Malawi e Zimbabwe*". Promovida pela BASIS, Africa Austral, 7-9 de Setembro de 1998, em Harare, Departamento de Geografia da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.
- LNHAA,1997. *Método de Análise de Água: Orientações para Interpretação dos Resultados e Paramêtros Químicos e Bacteriológicos*. Laboratório Nacional de Higiene, Água e Alimentos (LNHAA), Ministério de Saúde, 007/CIMISAU/04/97, Central Impressora, Maputo.
- MATOLA, José R.,1998. "*Water Resources Planning Approach for Umbeluzi River Basin*". International Institute for Infraestructural, Hydraulic and Environmental Engineering, M. Sc. Thesis D.E.W 043, Holanda, 108p.
- MIAMBO, Antonio,1996. "*Impacto da Barragem dos Pequenos Libombos nos Recursos Naturais do Distrito de Boane*". Trabalho de Licenciatura em Geografia, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Letras, Maputo, 69p.

- MOUNTAIN, E., 1968. *Geology of Southern Africa*, Cape Town, Books of Africa, Africa do Sul, 204p.
- MUSSAGY, A., 1990. *A Preliminary Study of the Physical, Chemical and Biological Components of the Pequenos Libombos Reservoir*. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Biologia, Trabalho de Diploma, Maputo, 41p.
- NILSSON, Gert, 1998. "*The Salts of the Lower Umbeluzi Basin Southern Mozambique*". Minor Field Study 35, Uppsala University, Suecia, 36p.
- NOMBORA, L., 1991. *Water Quality Degradation within the Umbeluzi Basin (Pequenos Libombos)*. Seminar on applied research in conservation and environment, Gaborone-Botswana, 2-4/10/1991, National Directorate for Water Affairs Water Quality Section, DNA, Maputo, 14p.
- OLIVEIRA, 1988. *Qualidade da Albufeira dos Pequenos Libombos e Rio Umbeluzi entre 1982 e Fevereiro de 1988*. Direcção Nacional de Água, Secção de qualidade de Água, UNDP/Project Moz/86/020, relatório nº 4/88, Maputo, 22p.
- OHGAKI, H. & MATSUMOTO, J., 1978. *Assessing River Water Quality by Order Statistics*. In "Water Pollution Control in Development Countries: Ouano, E.; Lohan, B. e Thanh, N. (eds). International Conference Held at Bangkok, Thailand, 157-1162p.
- OMS, 1978. *Procedimentos Simplificados para el Examen de Aguas*. Manual de Laboratorio de la American Water Works Association,, segunda edición em espanõl, publication científica nº 506, Oficina Sanitaria Panamericana y Oficina Regional de la Organization Mundial de la Salud, Washington, 310p.

PEGRAM, G. & PALMER, C., 1996. "Water Quality in the Sabie-Sand River, with Some Notes on the Prediction of Impacts Associated with flow Modification", in "Sabie Sand Instream Flow Requirement (IFR) Workshop, 18-22 August 1996 AAN DE VLIET, Starter Document, Chonguiça, E. (ed), Maputo.

ROBELUS, R., 1984. *Qualidade de Água na Albufeira dos Pequenos Libombos, Aspectos de Saúde relacionados à construção de Empreendimentos e ao Projecto de Regadios Acompanhantes*. Grupo de Estudo de Ecologia, Instituto Nacional de Saúde, Ministério de Saúde, Maputo, 14p.

RODRIGUES, R., 1986. *Introdução ao Planeamento e Gestão dos Recursos Hídricos*. Avaliação das disponibilidades hídricas superficiais com base na precipitação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 140p.

SEHA., 1993a. "National Irrigation Development Master Plan (NIDMP), Umbelúzi; Imcomati; Limpopo; Buzi and Pungué Basins". Secretaria de Estado Hidráulica Agrícola (SEHA), final report, annex 1, summary per river basin, Maputo.

SEHA., 1993b. "National Irrigation Development Master Plan (NIDMP), Umbelúzi; Imcomati; Limpopo; Buzi and Pungué Basins". Secretaria de Estado Hidráulica Agrícola (SEHA), final report, annex 9, physical resources and natural environment, Maputo.

SERVIÇOS HIDRÁULICOS, 1970. *Esquema de Umbelúzi: Abastecimento da Água as Populações e o Gado*, Lourenço Marques, 9-22p.

SOGREAH, 1982. *Estudo de Avaliação do Aproveitamento do Complexo Agro-Industrial de Movene*. Relatório Final, (1) O projecto e as suas alternativas e (2) termos de referência do estudo de viabilidade e programa das operações, SOGREAH, Engenheiros Consultores & Grenoble-France, Maputo, 255p.

- SUNDSTROM, Tina, 1992. *Water Quality Studies for Environmental Impact Analysis: A case study from Pequenos Libombos Reservoir, Mozambique*. In: Stromquist, Lennart (ed). "Environment, development, and Environmental Impact Assesment: Notes on applied Research". UNGI repport nr. 82, Uppsala University, Departament of physical Geography, Suécia, 95-144pp.
- TEBBUTT, T., 1983. *Principles of Water Quality Control*. Department Of Engineering, University of Birningham, Pergamon Press, Third Edition, Oxford, England.
- THARME, R., 1996. *Review of International Methodologies For The Quantification of The Instream Flow Requirements Of Rivers*. Water Law review , Report for policy development, Commission by the Department of Water Affairs and Forestry, freshwater research unit, zoology department, University of Cape town, final report, RSA, 111p.
- VAZ, Alvaro Carmo, 1997. *Recursos Hidrcos de Moçambique: Potencial, Problemas e Políticas*. Associação Moçambicana para a Ciência e Tecnologia, texto adaptado da Conferência de 12 de Outubro de 1995, no Centro Cultural Franco-Moçambicano, Maputo, 32pp.
- WALLIN, Mats, 1991. *Nutrient Loading Models for Coastal Waters*. Uppsala University, Department of Physical Geography, UNGI report nr. 80, Sweden, 38p.
- JENKINS, T. *et al* (s/d). *Waters*. In " Essential Environmental Science Methods & Techniques, Watts, S. and Halliwell (eds), Routledge Londres, 305-350p.
- WHO, 1984. *Guidelines for Drinking - Water Quality*. World Health Organization, vol. 1, Recommendations, ISBN 92 4 1541687, Genova, 127p.
- WHO, 1984a. *Guidelines for Drinking - Water Quality*. World Health Organization,

vol.2, Health Criteria and Other Supporting Information, ISBN 92 4 15469 5,
Genova,335p.

WHO,1985. *Guidelines for Drinking - Water Quality*. World Health Organization,
vol. 3, Drinking Water Quality Control in Small Community Supplies, ISBN 92 4
154170 9, Genova, 121p.

9. Anexos

Anexo I

RESULTADOS DO MODELO RIVER BASIN SYSTEM WAFLEX

Tabela 06													
Rio Umbeluzi					Latitude: 26° 03' 09" Longitude: 32° 19' 32"								
Estação 8 (Boane -Caminho de Ferro)													
CAUDAIS MEDIOS MENSAIS E ANUAIS [m3/seg]													
Ano:	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Annual
26													
1954	11,40	12,40	18,10	36,20	106,00	51,50	20,80	15,30	10,40	7,24	5,41	4,90	25,60
1955	10,20	28,50	42,90	16,80	31,90	32,00	16,20	9,04	6,87	5,90	4,89	4,98	17,50
1956	3,88	7,45	4,63	6,57	7,90	14,80	15,30	9,37	6,06	9,45	5,79	8,49	8,30
1957	14,40	10,80	8,62	35,90	38,80	18,10	12,30	7,62	5,44	4,18	3,27	4,71	13,50
1958	2,76	5,29	19,60	29,90	15,10	19,00	9,18	11,10	6,40	5,68	4,63	5,29	11,20
1959	4,41	5,86	11,70	8,21	18,50	11,70	10,90	12,40	6,02	4,89	4,29	4,13	8,55
1968	2,97	6,40	6,35	12,40	5,29	11,60	22,30	17,00	7,48	5,08	3,57	3,41	8,68
1969	32,00	27,00	30,90	10,70	9,84	6,38	4,28	5,08	3,90	3,08	4,41	3,94	11,80
1970	5,26	4,44	8,03	34,60	14,80	13,50	14,70	8,48	6,02	4,63	3,64	3,16	10,10
1971	8,59	11,60	41,80	42,90	105,00	107,00	31,20	35,50	15,00	8,96	6,35	4,71	34,70
1972	6,46	6,29	6,12	6,57	9,09	7,54	8,95	5,38	4,44	3,67	3,73	5,09	6,09
1973	38,10	21,60	70,20	45,50	45,50	14,60	12,30	9,04	6,56	7,17	5,34	4,32	23,30
1974	4,52	10,80	14,70	18,90	104,00	60,90	21,30	11,50	8,26	6,94	6,50	5,40	22,30
1975	5,71	7,25	44,40	68,00	162,00	49,70	34,60	20,40	13,80	11,30	9,48	7,64	35,70
1976	4,03	11,10	6,46	4,41	206,00	68,00	17,10	10,80	7,72	6,27	5,30	4,09	28,00
1977	9,11	7,29	10,80	70,60	20,60	52,30	17,40	10,90	7,79	7,88	6,94	5,75	19,00
1978	7,88	13,70	19,50	12,80	6,12	10,50	8,64	2,98	1,66	4,74	3,69	4,24	8,06
1979	3,67	5,13	4,18	5,08	17,90	6,80	2,32	5,15	4,55	3,59	3,22	3,45	5,37
1980	2,80	8,26	25,80	6,87	67,00	31,70	15,10	10,10	6,64	6,57	5,38	9,18	15,90
1981	5,34	9,26	28,20	20,40	9,09	2,39	8,10	3,69	2,50	1,96	2,17	1,86	7,93
1982	2,24	1,86	1,62	6,61	2,04	2,14	1,17	2,19	1,92	0,82	0,74	0,59	2,00
1983	0,76	12,70	10,50	214,00	307,00	18,70	11,80	0,00	6,79	7,17	4,26	0,00	0,00
1984	5,97	5,52	7,58	7,21	117,00	20,00	9,76	0,00	4,48	3,96	3,19	3,12	0,00
1985	4,00	6,10	6,05	0,00	7,69	6,94	6,98	4,14	3,31	3,50	3,16	0,00	0,00
1986	2,80	2,26	0,00	3,77	1,07	1,34	0,00	1,76	1,28	1,34	0,00	0,00	0,00
1987	0,00	0,00	0,00	1,31	1,74	2,39	2,97	3,51	4,59	5,79	10,20	13,70	0,00
Medio	7,66	9,57	17,26	27,93	55,27	24,67	12,91	8,94	6,15	5,45	4,60	4,47	12,45

Tabela 09														
Dados de Movene Gerados a partir de Estação 8 (Boane)-Estação 395 (Pequenos Libombos II)														
Data: 09-04-1999														
Rio Umbeluzi/ Rio Mover										Latitude		Longitude		Altitude
										26° 05' 15"		32° 14' 32"		17metros
CAUDAIS MEDIOS MENSAIS E ANUAIS DO RIO MOVENE [m3/seg]														
Anos	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Ano	
1954	1,69	1,8	2,39	4,26	11,5	5,85	2,67	2,1	1,59	1,26	1,07	1,02	3,1	
1955	1,57	3,47	4,96	2,25	3,82	3,83	2,19	1,45	1,22	1,12	1,02	1,03	2,33	
1956	0,91	1,28	0,99	1,19	1,33	2,04	2,1	1,48	1,14	1,49	1,11	1,39	1,37	
1957	2	1,63	1,4	4,23	4,53	2,39	1,78	1,3	1,07	0,94	0,85	1	1,93	
1958	0,8	1,06	2,54	3,61	2,08	2,48	1,46	1,66	1,17	1,1	0,99	1,06	1,67	
1959	0,3	0,07	1,77	0,85	2,6	2,1	1,76	3,78	1,35	1,37	1,2	0,87	1,5	
1960	1,18	1,56	3,78	2,67	1,64	1,47	2	1,4	1,34	1,22	1,16	1,11	1,71	
1961	1,23	1,69	2,3	1,85	1,41	1,3	1,3	1,2	1,11	1,08	1,07	1,08	1,38	
1962	1,15	1,99	2,3	3,26	2,3	1,82	1,94	1,38	1,63	0,95	1,42	1,26	1,78	
1963	1,26	1,19	1,29	1,91	1,98	1,35	1,38	1,22	1,19	1,94	1,94	1,94	1,55	
1964	1,14	1,31	2,02	2,23	3,67	2,41	1,56	1,26	1,02	0,96	0,91	0,9	1,61	
1965	2,05	2,47	4,2	4,73	8,25	5,17	3,09	2,36	1,75	1,61	1,48	1,46	3,22	
1966	1,82	2,18	3,65	4,1	7,1	4,47	2,71	2,08	1,57	1,44	1,34	1,32	2,81	
1967	1,17	1,44	1,3	1,4	1,66	1,93	1,5	1,25	1,21	1,17	1,13	1,05	1,35	
1968	0,37	1,15	1,46	1,9	0,41	0	4,6	3,5	1,38	0,56	0	0,29	1,3	
1969	3,3	7,6	10,4	2	1,57	1,38	0,47	0,6	0,12	0	0,89	0,82	2,43	
1970	0,59	0,31	0,41	3,3	0,5	0,3	0,8	0	0	0	0	0	0,52	
1971	0	0,8	1,5	5,9	11,6	6	10,1	6,7	4	0,97	0,11	0	3,97	
1972	0	0	0	0	0,24	0,04	0,46	0	0	0	0	0	0,06	
1973	7,5	0,5	8,6	6,7	5,9	0	0	0	0	0	0	0	2,43	
1974	0,04	1,19	2,03	6,2	44,5	8,6	0	0	0	1,23	0	0	5,32	
1975	0	0,11	3	31,9	85	5,67	4,1	2,63	1,94	1,68	1,49	1,3	11,57	
1976	0,93	1,66	1,18	0	127	29,2	5,4	3,26	2,09	1,45	0,89	0	14,42	
1977	4,22	2,85	1,95	13,5	0	2,6	1,7	1,75	0,46	1,42	1,23	0,89	2,71	
1978	1,57	3,1	6,1	3,32	0,58	3,03	1,89	0	0	1,35	0,93	0,34	1,85	
1979	0,46	1,47	1,46	1,16	4,2	1,46	0	0,3	2,02	2,41	2,22	2,47	1,64	
1980	1,19	2,67	4,4	1,68	17	15,6	4,8	2,97	1,08	1,27	1,09	3,01	4,73	
1981	0,45	0,39	15	5,2	1,45	0,76	1,35	0,89	0	0	0	0	2,12	
1982	0,74	0,7	0,68	1,19	0,72	0,73	0,63	0,74	0,71	0,59	0,59	0,57	0,72	
1983	1,94	2,34	3,96	4,44	7,74	4,88	2,92	2,23	1,67	1,53	1,42	1,4	3,04	
1984	1,02	1,16	1,73	1,91	3,08	2,05	1,37	1,12	0,92	0,87	0,83	0,83	1,41	
1985	1,05	1,19	1,8	1,98	3,22	2,14	1,41	1,16	0,94	0,89	0,85	0,84	1,46	
1986	1,22	1,41	2,21	2,46	4,08	2,66	1,7	1,36	1,08	1,02	0,96	0,95	1,76	
1987	0,75	0,81	1,08	1,17	1,71	1,23	0,91	0,8	0,7	0,68	0,66	0,66	0,93	
1988	1,39	1,64	2,63	2,93	4,96	3,19	2	1,57	1,22	1,14	1,07	1,06	2,07	
1989	1,36	1,59	2,55	2,84	4,8	3,09	1,94	1,53	1,2	1,12	1,05	1,04	2,01	
1990	1,05	1,2	1,81	2	3,24	2,15	1,42	1,16	0,95	0,9	0,85	0,85	1,46	
1991	0,62	0,65	0,78	0,82	1,08	0,85	0,7	0,64	0,6	0,59	0,58	0,58	0,71	
1992	1,28	1,49	2,35	2,62	4,38	2,84	1,8	1,43	1,13	1,06	0,99	0,99	1,86	
1993	0,64	0,67	0,82	0,87	1,16	0,9	0,73	0,66	0,61	0,6	0,59	0,59	0,74	
1994	1,48	1,75	2,84	3,17	5,39	3,45	2,14	1,67	1,29	1,2	1,12	1,11	2,22	
Media	1,303	1,55	2,87	3,65	9,74	3,5	2,02	1,53	1,08	1,03	0,905	0,9	2,5066	

Tabela 10	Caudais medios anuais(m3/s)			Precipitação annual (mm)	
	E8*	E395*	Movene*	P924	P342
	1954	25,60	21,87	3,1	1344,69
1955	17,50	15,19	2,33	1450,02	130,30
1956	8,30	6,94	1,37	1008,45	671,90
1957	13,50	11,75	1,93	892,50	646,70
1958	11,20	9,49	1,67	727,78	680,20
1959	8,55	7,08	1,5	721,29	563,00
1960	11,20	9,53	1,71	969,78	901,90
1961	7,55	6,17	1,38	595,30	368,30 **
1962	12,03	10,20	1,78	979,03	576,90
1963	9,40	7,85	1,55	484,02	333,50 **
1964	10,58	9,04	1,61	713,91	229,00 **
1965	25,94	22,89	3,22	1180,97	197,50 **
1966	22,08	19,41	2,81	1063,42	869,20
1967	7,17	5,81	1,35	649,10	475,80 **
1968	8,68	7,36	1,3	825,30	590,20
1969	11,80	9,38	2,43	458,50	331,60 **
1970	10,10	9,63	0,52	773,40	612,60 **
1971	34,70	30,98	3,97	1524,30	487,00 **
1972	6,09	6,43	0,06	803,60	418,60 **
1973	23,30	21,13	2,43	1091,00	599,00 **
1974	22,30	17,93	5,32	1083,00	531,30 **
1975	35,70	24,66	11,57	1282,40	356,30 **
1976	28,00	15,04	14,42	884,57	24,80 **
1977	19,00	16,63	2,71	916,08	800,90
1978	8,06	6,42	1,85	568,30	561,30
1979	5,37	3,97	1,64	743,40	561,20
1980	15,90	11,55	4,73	909,00	775,40 **
1981	7,93	6,85	2,12	679,33	32,50 **
1982	2,00	1,28	0,72	566,00	277,50 **
1983	24,22	21,34	3,04	1128,50	607,90 **
1984	8,60	7,25	1,41	653,70	412,40
1985	9,08	7,68	1,46	668,18	187,30 **
1986	11,98	10,29	1,76	756,28	0,00 **
1987	4,04	3,14	0,93	515,00	0,00 **
1988	14,93	12,96	2,07	846,00	0,00 **
1989	14,37	12,45	2,01	829,02	0,00 **
1990	9,15	7,75	1,46	670,49	0,00 **
1991	1,90	1,21	0,71	450,00	0,00 **
1992	12,96	11,18	1,86	786,30	0,00 **
1993	2,19	1,47	0,74	458,88	0,00 **
1994	16,36	14,25	2,22	889,57	41,00 **
Medio	13,64	11,30	2,51		

* dados gerados a partir da extrapolação dos registos das estações E8 e E395

** dados incompletos ou nao existentes

Anexo II

**RESULTADOS LABORATORIAIS DAS AMOSTRAS DE
ÁGUA E SOLO**

RESULTADOS LABORATORIAIS DAS ANÁLISES FÍSICAS DE ÁGUA DE MOVENE

Características Físicas de Água na Bacia do rio Moveene							
Ordem Amstras	Locais de Amstras	Hora da Colecta	Côr (TCU)	Turvação (NTU)	pH	Temperatura °C	Condutividade Eléctrica a 25,0°C (µmho/cm)
1	Pt. Boane	07h:30'	Amarelada	20,00	6,85	27,60	230,00
2	Pt. Mafuiane	07h:50'	Amarelada	25,00	6,80	27,60	225,00
3	Pt. Namaacha	08h:10'	Amarelada	20,00	6,85	27,60	233,00
4	Pt. Namaacha	08h:15'	Amarelada	20,00	6,44	27,80	230,00
5	Pt. Namaacha	17h:20'	Amarelada	75,00	6,40	27,50	130,00
6	Pt. Km 14	09h:50'	Amarelada	12,00	6,93	27,70	258,00
7	Pt. Km 20	10h:30'	Amarelada	50,00	6,06	27,60	85,00
8	Pt. Moamba	13h:00'	Amarelada	20,00	6,70	27,50	200,00

Fase 2: Colecta de Amstras da Água do rio Moveene, no 07/03/99, entrega no laboratório 08/03/99 (07h:30').

Amstras analisadas no *Laboratório Nacional de Higiene, Alimentos e Água (LNHAA)* do Ministério de Saude

Tabela 12

RESULTADOS LABORATORIAIS DE ANÁLISES AGUA DO RIO UMBELUZI (Mocambique)

Tabela 15										
QUALIDADE DE AGUA DO RIO UMBELUZI , ESTACAO 8 (1982-1999)										
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1999	
Temperatura (°C)	25,10	24,60	22,00	23,40	23,00	24,30	25,7	27,6		
pH	7,60	8,03	7,70	7,80	7,50	7,62	7,68	6,85		
Turvação (NTU)	4,70	3,60	8,40	s/d	21,50	24,70	3,8	20		
C.E (S/cm)	501,00	591,00	528,00	358,00	429,00	509,00	594	230		
Sulfato (mg/l)	7,40	9,30	22,60	9,00	7,00	16,90	s/d	s/d		
Nitrato (mg/l)	0,00	0,00	1,40	2,40	0,75	0,39	3,83	14		
Nitrito (mg/l)	0,01	0,02	0,02	0,03	0,85	0,10	0,05	0,12		
Amónio (mg/l)	0,13	0,05	0,15	0,07	0,00	0,32	0,12	0,51		
Calcio (mg/l)	20,80	23,40	22,90	20,00	20,00	25,00	25,6	20,9		
Magnésio (mg/l)	17,10	22,00	16,00	15,90	15,40	18,70	24,4	18,1		
Ferro (mg/l)	0,08	0,31	0,21	0,26	0,03	0,09	0,2	0,4		
Cloro(mg/l)	63,20	77,80	80,60	54,90	68,30	65,50	97,7	70,2		
Matéria Orgânica	3,50	3,70	4,80	5,60	2,88	3,80	s/d	s/d		
Nº amostras/ano	17	7	10	9	2	6	2	1		
Nota Importante:										
s/d = sem dados										
Os dados observados na estação (E8), referem as medias das amostras colectadas em cada ano (1982-1987).										
Os dados observados na estação (E8), referente os anos,1998 e 1999, foram colectados por autor										
Fonte: Oliveira, A., 1988: Qualidade de Agua na Albufeira de Pequenos Libombos e										
Rio Umbeluzi entre 1982 e Fevereiro de 1988 e resultados do laboratório (1999)										

Tabela 16 RESULTADOS LABORATORIAIS DE ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DE AGUA DE MOVENE

Fase 1: Colecta de Amostras da Agua do rio Moveene, no 24/11/98, entrega no laboratório 24/11/98 (12h:30').

Amostras analisadas no **Laboratório Nacional de Higiene, Alimentos e Agua (LNHAA) do Ministério de Saude**

Características Microbiológicas de Agua na Bacia do rio Moveene

Ordem das	Locais de Amostras	Hora da Colecta	Total de Germes Aerobicos (MC, 48 horas)	Exame Bacteriologico (NMP 2400/100 ml)	Bacilos Coliformes	Coliformes fecais (BVB, 24 horas)	Conclusao
1	Pt. Boane	11h:50'	37°C, 760/ml	verde brilhante, 37°C +	44° , > ou = 2400/100 ml	impropria	
2	Pt. Mafuiane	11h:40'	37°C, 750/ml	verde brilhante, 37°C +	44° , > ou = 2400/100 ml	impropria	
3	Pt. Namaacha						
4	Pt. Namaacha						
5	Pt. Namaacha						
6	Pt. Km 14						
7	Pt. Km 20	10h:05'	37°C, 750/ml	verde brilhante, 37°C +	44° , > ou = 2400/100 ml	impropria	
8	Pt. Moamba						

Fase 1: Colecta de Amostras da Agua do rio Moveene, no 24/11/98, entrega no laboratório 24/11/98 (12h:30').

Amostras analisadas no **Laboratório de Agua de Maputo, E.E**

Características Microbiológicas de Agua na Bacia do rio Moveene

Ordem das	Locais de Amostras	Hora da Colecta	Total de Germes Aerobicos (MC, 48 horas)	Bacilos Coliformes	Coliformes fecais (BVB, 24 horas)	Conclusao
1	Pt. Boane	11h:50'	37°C, 760/ml	verde brilhante, 37°C +	44° , 2400/100 ml	impropria
2	Pt. Mafuiane	11h:40'	37°C, 750/ml	verde brilhante, 37°C +	44° , 2400/100 ml	impropria
3	Pt. Namaacha					
4	Pt. Namaacha					
5	Pt. Namaacha					
6	Pt. Km 14					
7	Pt. Km 20	10h:05'	37°C, 750/ml	verde brilhante, 37°C +	44° , 1100/100 ml	impropria
8	Pt. Moamba					

RESULTADOS LABORATORIAIS DE ANALISES MICROBIOLÓGICAS DE AGUA DE MOVENE

Tabela 17

Fase 2: Colecta de Amostras da Agua do rio Moveene, no 07/03/99, entrega no laboratório 08/03/99 (07h:30').

Amostras analisadas no **Laboratório Nacional de Higiene, Alimentos e Agua (LNHAA) do Ministério de Saude**

Características Microbiológicas de Agua na Bacia do rio Moveene

Ordem das Amostras	Locais de Amostras	Hora da Colecta	Total de Gemmes Aerobicos (MC, 48 horas)	Bacilios Coliformes	Coliformes fecais (BVB, 24 horas)	Conclusao
1	Pt. Boane	07h:30'	37°C, 750/ml	verde brilhante, 37°C +	44°, > ou = 2500/100 ml	impropria
2	Pt. Mafuiane	07h:50'	37°C, 750/ml	verde brilhante, 37°C +	44°, > ou = 2400/100 ml	impropria
3	Pt. Namaacha					
4	Pt. Namaacha					
5	Pt. Namaacha					
6	Pt. Km 14					
7	Pt. Km 20	10h:30'	37°C, 750/ml	verde brilhante, 37°C +	44°, > ou = 1100/100 ml	impropria
8	Pt. Moamba					

Anexo III

GUIÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA

Guão 1. INTERPRETAÇÃO DOS PADRÕES DE QUALIDADE DE AGUA PARA A IRRIGAÇÃO

Parâmetros de Agua	Símbolo	Unidade	Limites Usuais para Irrigação
Salinidade			
<u>Indicadores de sais</u>			
Condutividade Electrica	EC _w	dS/m	0-3 dS/m
Total de Sólidos Dissolvidos	TDS	mg/l	0-2000 mg/l
<u>Catiões e aniões</u>			
Cálcio	Ca ⁺⁺	me/l	0-20 me/l
Magnésio	Mg ⁺⁺	me/l	0-5 me/l
Sódio	Na ⁺	me/l	0-40 me/l
Carbonato	CO ₃ ²⁻	me/l	0-0.1 me/l
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	me/l	0-10 me/l
Cloreto	Cl ⁻	me/l	0-30 me/l
Sulfato	SO ₄ ⁻	me/l	0-20 me/l
Nutrientes			
Nitrato-nitrogênio	NO ₃ ⁻ -N	mg/l	0-10 mg/l
Amônio-nitrogênio	NH ₄ ⁺ -P	mg/l	0-5 mg/l
Fosfatos	PO ₄	mg/l	0-2 mg/l
Potássio	K ⁺	mg/l	0-2 mg/l
Miscelâneos			
Boro	B	mg/l	0-2 mg/l
Acida/Básica	pH	1-14	6.0-8.5
Taxa de sódio absorvido	SAR	(me/l) ^{1/2}	0-15

Fonte: Ayers, R.S. & Westcot, D.W., 1985. *Water Quality for Agriculture*, p.10

SAR – “Sodium Adsorption Ratio” calculado a partir de Na, Ca e Mg em me/l (miliequivalente por litro).
 mg/l – miligrama por litro.
 dS/m deciSiemen/metro equivale (em unidades de Sistema Internacional, S.I)
 para 1mmho/cm= 1milimho/centimetro.

Guião 2. PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO

Características	Padrões para a saúde	Características	Padrões para o consumo
Antimónio (mg/l)	0.005	Alumínio (mg/l)	0.2
Arsénio (mg/l)	0.01	Cloreto (mg/l)	250
Bário (mg/l)	0.7	Dureza total CaCO ₃ (mg/l)	500
Boro (mg/l)	0.3	Sulfido de hidrogênio (mg/l)	0.05
Cádmio (mg/l)	0.003	Ferro (mg/l)	0.3
Cromo (mg/l)	0.05	Magnésio (mg/l)	0.1
Cobre (mg/l)	2	PH	6.5-9.5
Cianido (mg/l)	0.07	Sódio (mg/l)	200
Fluor (mg/l)	1.5	Sulfato (mg/l)	250
Chumbo (mg/l)	0.01	Zinco (mg/l)	4
Magnésio (mg/l)	0.5	Total de sólidos dissolvidos (mg/l)	1200
Mercurio (mg/l)	0.001		
Molibdénio (mg/l)	0.07		
Níquel (mg/l)	0.02		
Nitrato (mg/l)	50		
Nitrito (mg/l)	3		
Selenium (mg/l)	0.01		
Uranio (µg/l)	140		

Fonte: WHO, 1994. *Guidelines for Drinking – Water Quality*, vol.1. Recommendations, 40-102p.

Guião 3. PRINCÍPIOS DE CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS E NORMAS DE QUALIDADE DA ÁGUA ADOPTADAS PELO CONSELHO DE ASSISTÊNCIA ECONÓMICA MÚTUA.

O Conselho de Assistência Económica Mútua (CMEA) definiu uma classificação de águas em quatro classes. As classes I, II e III corresponde a especificação de certas utilizações da água e de normas de qualidade. Neste guião não está apresentada a classe IV, por que não são especificadas as utilizações, nem as normas de qualidade. Contudo admite-se que alguns países adaptam normas específicas para estas águas.

As classes de água consideradas pelo CMEA são as seguintes:

Classe I: *Água limpa*, que pode ser utilizada para abastecimento de água potável às populações, abastecimento de água as indústrias alimentares e a outras indústrias com exigências de potabilidade, criação de trutas, banhos e natação. A água desta classe satisfaz a todas as utilizações excepto as correspondente a situações especiais em que possa haver exigências excepcionais.

Classe II: *Água ligeiramente poluída*, pode ser utilizada para alimentação de peixes excepto trutas, actividades desportivas e recreativas e abastecimento de água para a pecuária. A água desta classe não é adequada para o abastecimento doméstico, nem para certos tipos de abastecimento industrial, podendo, contudo, ser utilizável para estes fins após tratamento adequado.

Classe III: *Água poluída*, pode ser utilizada para a irrigação e abastecimento de água à indústria. A água desta classe é aceitável para diversos fins. Contudo, para a maioria das utilizações industriais é necessário tratamento. Só excepcionalmente poderá ser usada para criação de peixes, sendo nestes casos necessário verificar o teor de fenóis e de óleos, o pH e as características biológicas.

Classe IV: *Água altamente poluída*. Esta classe não tem utilizações específicas. A utilização desta água para qualquer fim só deve ser considerada após exame cuidadoso da situação, pois a sua regeneração é, em geral, dispendiosa.

AS NORMAS DE QUALIDADE DE AGUA SEGUNDO AS CLASSES I, II e III

a) Características relativas a teor em oxigênio e a carência de oxigênio

Parâmetros	Classe I (mg/l)	Classe II (mg/l)	Classe III (mg/l)
Oxigênio dissolvido, O ₂	> 6	> 5	> 3 ¹
Saturação do oxigênio, O ₂ (%)	> 75	> 50	> 30
CBO ₅ , O ₂	< 5	< 10	< 15
Carência de Oxigênio, O ₂	< 10	< 15	< 25
Sulfureto de Hidrogênio, H ₂ S	Não dectável ²	Não dectável ³	0.1

¹ Os resultados obtidos à noite e de manhã devem ser excluídos.

² Excepto em águas contendo matéria húmida.

³ idem

b) Características relativas ao teor em matéria mineral

Parâmetros	Classe I (mg/l)	Classe II (mg/l)	Classe III (mg/l)
Cloreto, Cl_2^-	< 200	< 300	< 400
Sulfatos, SO_4^{2-}	< 150	< 250	< 300
Dureza total (grau de dureza) ⁴	< 20	< 30	< 40
Cálcio, Ca^{2+}	< 150	< 200	< 300
Magnésio, Mg^{2+}	< 50	< 100	< 200
Sais dissolvidos totais	< 500	< 800	< 1200
Sólidos suspensos em tempo seco	< 20	< 30	< 50

c) Características especiais

Parâmetros	Classe I (mg/l)	Classe II (mg/l)	Classe III (mg/l)
Amónio,	< 1	< 3	< 10
Nitratos,	< 13	< 30	-
PH	6.5 – 8.5	6.0 – 8.5	5.5 – 9.0
Ferro total, Fe	< 0.5	< 1.0	< 1.5
Manganésio, Mn	< 0.1	< 0.3	< 0.8
Fenóis, vapor	< 0.002	< 0.02	-
Detergentes, ANA (substâncias activas)	< 1	< 2	< 2
Cianetos, CN-	< 0.01	< 0.02	< 0.1
Temperatura, (°C)	depende das condições climáticas de cada país		
Cheiro e gosto	não desagradável	Não desagradável	Ligeiramente desagradável
Côr	a classificação é de acordo as condições existentes		
Óleos	não detectável	Vestígios	vestígios
Germes patogénicos	não determinado, pois há pouco germes do que o mínimo detectável		
Índice colimétrico	0.1	0.01	-

Fonte: Cunha, L. V. et al, 1980. *A Gestão de Água. Principios Fundamentais e sua Aplicação em Portugal*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, p. 603 –604.

⁴ 10 mg CaO/l

**Guião 4. NORMA MOÇAMBICANA:
PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA
(Resumo adaptado da OMS para o consumo humano)**

Parâmetros	Intervalos de aceitabilidade	Características e recomendações
1. Físicos e organolépticos		
Cheiro e sabor		Água potável deve ser constantemente limpa, sem cheiro e sabor, embora estes não se propõe que estes tenham valores fixos no ponto de vista sanitário.
Côr , (TCU)	< 5 incolor 6 - 50 côr ligeira 51 - 100 côr média 101 - 200 côr forte > 200 côr muito forte	A água potável deve ser incolor . Aconselhável que uma água para beber o valor inferior a 15 TCU.
Temperatura, (°C)		A temperatura da água está ligada à temperatura do ambiente circundante. Temperaturas elevadas favorecem a poliferação de microrganismos.
Turvação, (NTU)	< 5 NTU	A água potável não deve ser turva. A turvação é devida à presença de sólidos em suspensão.
2. Químico-minerais		
Conductividade, (µmho/cm)	0,5-2 água destilada 50-2000 água potável 2000-25000 água salobre 30000->60000 água do mar	A condutividade eléctrica depende da temperatura e da concentração total de substâncias iónicas dissolvidas e dá indicação do conteúdo salino da água, e é comparável à medição do teor em sólidos dissolvidos (em mg/l).
Resíduo sólido, (mg/l)	Não pode exceder o limite de 600 mg/l de sólidos totais, para água potável.	Dá indicações sobre o conteúdo em substâncias minerais dissolvidas e ou suspensas na água. As formas de resíduo sólido são determinadas pela concentração de quantidades de sólidos totais, fixos, dissolvidos e suspensos.
Dureza, (mg/l CaCO ₃)	0 - 70 muito mácio 70 - 150 mácio 150 - 220 semi dura 220 - 320 bastante dura 320 - 420 dura e > 420 muito dura	A dureza da água é devida à concentração total de catiões multivalentes, dos quais a maioria é constituída por cálcio (Ca) e magnésio (Mg). As concentrações de Ca e Mg para água não deveria exceder o limite de 100 mg/l de CaCO ₃ .
Cálcio, (mg/l Ca ²⁺)	20 - 50 mg/l valor normal	É abundante na água, a sua concentração

		varia entre 0 – 100 mg/l. Esta variação depende das características geológicas da fonte e do tipo de tratamento de potabilidade efectuado.
Magnésio, (mg/l Mg^{2+})	Na água potável a concentração de magnésio não deve exceder 50 mg/l.	Concentrações excessivas em magnésio, geralmente deve-se a presença de rochas magnésicas no sub-solo, dão a água um sabor amargo característico e desagradável ao paladar.
Alcalinidade (mg/l $CaCO_3$)	O valor de alcalinidade deve estar de acordo com o resultado de outras determinações. Em particular está ligado ao valor da dureza, do pH e do CO_2	A água natural apresenta sempre uma certa alcalinidade devida geralmente à presença de bicarbonatos e carbonatos ou hidróxidos em condições particularmente alcalinas.
pH, (unidades)	4,5 – 5 ausência da alcalinidade; 5 – 8,2 a água não tem carbonatos nem hidróxidos e a alcalinidade deve-se aos bicarbonatos; 8,2 indica a presença de carbonatos e alcalinidade.	As variações de pH medem a capacidade tampão da água. O pH representa a actividade do ião H^+ livre não ligado aos carbonatos. Nas águas naturais varia na maioria dos casos, entre 4 – 9, na água potável entre 6,5 e 8,5 e pH inferior a 6 indica a acidez excessiva.
Cloreto, (mg/l Cl)	Em níveis de 250 mg/l dá à água sabor salgado. Nas quantidades superiores até 1000 mg/l pode não ser detectadas pelo paladar, quando predominam os catiões Ca^{2+} e Mg^{2+}	Cloreto é um dos aniões presentes em quantidade maior na água, podendo dar uma ideia do grau de salinidade da água. Um elevado teor de cloreto pode indicar uma infiltração marinha, no caso de fontes juntos do mar, confirmada por um valor elevado de conductividade eléctrica.
Silica, (mg SiO_2)	Varia na água entre 1 – 30 mg/l, embora se encontrem frequentemente níveis até 100 mg/l e, em águas particulares, até 1000 mg/l.	O silício é o principal constituinte dos minerais, e pode estar presente nas águas em concentrações apreciáveis (em silicatos ou sílica), em consequência de degradação das rochas.
Sulfato, (mg/l SO_4^{2-})	O valor recomendado é de 250 mg/l.	As maiores concentrações podem ser encontradas em consequência da natureza geológica da fonte ou do tratamento de potabilização sofrido pela água.
Ferro total, (mg/l Fe^{3+})	É detectável em concentrações superiores a 1 – 2 mg/l. na água potável não deve exceder o limite de 0,3 mg/l	Concentrações do ferro elevadas dão à água um sabor agridoce, adstringente, e em contacto com o ar podem provocar o aparecimento de opalescência, colorações amareladas e depósito de flocos, devido a formação de óxido de ferro (III) hidratos insolúveis.
Fluoreto, (mg/l F^-)	0,8 – 1,0 mg/l na água	Os fluoretos podem ocorrer nas águas

	potável é considerada ótima. 1,5 mg/l limite na água potável.	naturais com uma certa frequência em concentrações geralmente baixas e inferiores a 1 mg/l. A concentração excessiva é perigosa e se for superior a 5 mg/l pode provocar lesões ósseas.
Soma de aniões e catiões (meq/l)	Existe uma relação empírica de 100 para 1 entre a condutividade eléctrica (µmho/cm) e a soma de aniões e catiões (me/l)	A dissolução de substâncias iónicas na água determina a presença em solução de aniões e catiões, obviamente em equilíbrio entre eles. No final duma análise química completa, o valor da soma de aniões e catiões também está ligado à condutividade eléctrica da água.
3. Indicadores de poluição		
Matéria orgânica-oxidabilidade, (mg/l O ₂)	Normalmente a água potável não apresenta valores superiores a 2,5 mg/l O ₂	Indica fundamentalmente a contaminação de origem biológica.
Compostos azotados		O azoto está contido em organismos vivos sob a forma de proteínas. Estes organismos eliminam substâncias azotadas durante o metabolismo, e quando morrem, estes compostos são degradados por microorganismos até à formação de moléculas mais simples como amónio, nitritos e nitratos.
Amóniaco, (mg/l de NH ₄ ⁺)	Na água para beber a concentração de amóniaco não deve exceder 1,5 mg/l	O amóniaco está presente naturalmente nas águas superficiais e profundas. A sua presença na água em teor elevado indica uma contaminação biológica recente.
Nitritos, (mg/l NO ₂ ⁻)	O valor máximo aceite é de 3 mg/l	Os nitritos estão geralmente presentes na água em concentrações muito baixas como produto intermédio da oxidação do amóniaco a nitrato.
Nitratos, (mg/l NO ₃ ⁻)	Na água potável não deve ultrapassar o limite de 50 mg/l	Os nitratos representam o último estágio da oxidação do nitrogénio de origem biológica, o seu elevado teor na água indica a contaminação bastante antiga ou prolongada. Um teor elevado em nitratos pode ser devido tamb' em a um tratamento intenso do terreno com adubos azotados, em cosequências de condições geológicas particulares, sem que este facto seja ligado à qualidade higiénica da água.
Fósforo, (mg/l PO ₄ ³⁻)	O teor de fósforo na água pura natural costuma ser inferior a 0,1 mg/l.	O fósforo nas águas naturais está presente quase exclusivamente como fósforos condensado e ligado com

		<p>compostos orgânicos.</p> <p>Um teor superior pode indicar uma poluição de origem variada, como adubos e pesticidas na agricultura e entram na formulação dos detergentes. O fósforo é um elemento nutritivo que limita a produtividade duma água.</p> <p>Um aumento do teor em fosfatos na água em consequência de uma poluição, pode provocar uma poliferação excessiva de macro e microorganismos, com efeitos prejudiciais (eutroficação).</p>
4. Cloro residual	<p>A água não canalizada submetida a tratamento com cloro, deve ter depois de 2 horas de adição de cloro um valor compreendido entre 0,4 - 0,6 mg/l de cloro residual.</p>	<p>O cloro residual é a soma de cloro livre (cloro gasoso dissolvido) e cloro combinado (cloro presente como compostos orgânicos e cloraminas). Para as concentrações inferiores a 0,1 mg/l, o cloro residual não garante a ausência duma contaminação microbiológica da água.</p>
5. Microbiológicos	<p>Toda a água natural pode conter bactérias provenientes do ar, solo, dejectos, dos seres vivos e mortos com que entram em contacto.</p> <p>O maior risco para a saúde dos consumidores é a contaminação directa ou indirecta de água para beber por excrementos humanos ou animais e esgotos. Neste caso a água pode tornar-se meio de transmissão de doenças graves como cólera, diarreia, febre tifoide, hepatite, etc.</p> <p>As bactérias patogénicas causadoras destas doenças são acompanhadas por uma grande quantidade de microorganismos que vivem normalmente nos intestinos em particular os coliformes.</p>	
Coliformes totais, (NMP/100 ml)		
Coliformes fecais, (NMP/100 ml)	<p>A água potável num sistema de distribuição deve ter as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nunca conter mais de 3 coliformes fecais numa amostra de 100 ml, - Ao longo de um ano, 95% das amostras de rotina não devem conter coliformes, - Em duas amostras consecutivas, relativas ao mesmo local, não devem detectar coliformes. 	<p>Os coliformes fecais são um subgrupo de coliformes totais. Trata-se de bactérias gram-negativas com a forma de bastonete, aeróbicas ou anaeróbicas facultativas, não esporuladas, capazes crescer à temperaturas de 44 - 44,5 °C em menos de 24 horas, fermentando a lactose com produção de ácido e gás.</p>
<p>Fonte: LNHA, 1997: <i>Parâmetros para a Avaliação da Qualidade de Água</i> (apêndice II).</p>		

AnexoIV
RECOMENDAÇÕES

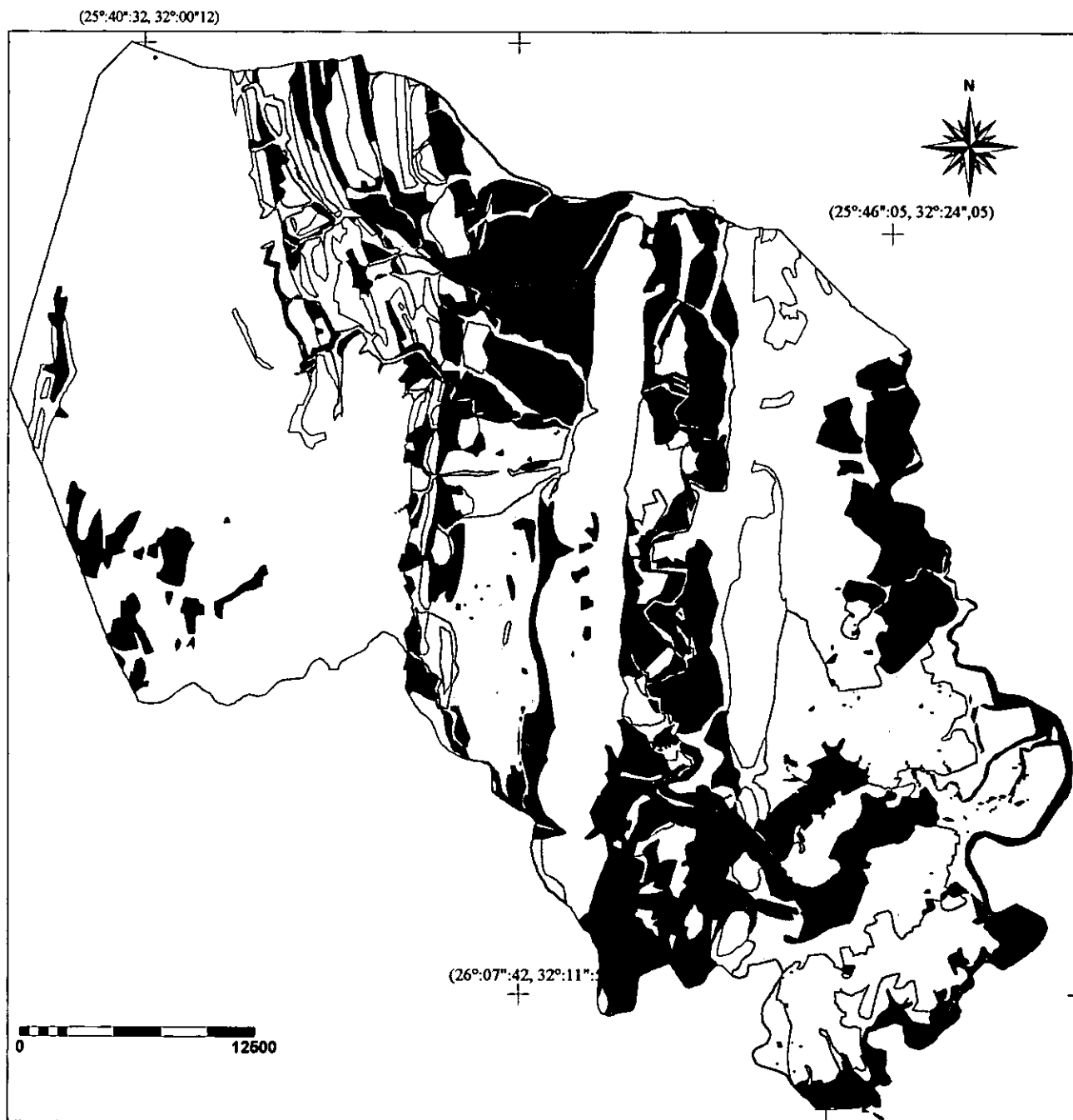
Recomendações

O autor pensa que não é a pessoa mais ideal para tecer as recomendações sobre o tema, mas atribui a importância dos aspectos que seguem, segundo as constatações apuradas, para implementação dos projectos esboçados na área de estudo e para os próximos trabalhos de investigação relacionados com a quantidade e a qualidade de água.







1. É necessário restabelecer o funcionamento adequado das estações hidrométricas, para o conhecimento dos caudais e disponibilidade da água em termos de volume superficial existente ao longo do tempo, para determinar com exactidão os níveis das necessidades dos utilizadores.
2. Do ponto de vista sanitário, as águas superficiais devem ser consideradas como um foco principal de transmissão de doenças (como cólera, malária principalmente), o que não é seguro beber qualquer água superficial não tratada.
3. Deve-se projectar um sistema de abastecimento de água tratada à Vila de Boane, local de maior concentração da população a nível da bacia de Movene, a partir da Estação de Tratamento de Água, o que pode contribuir para o fornecimento de água com qualidade para mais de 44500 habitantes, que bebe a água do rio e dos furos (com lençol freático salgado)⁵.
4. No rio Movene há condições aceitáveis, sob ponto de vista topográfico e geológico, para a construção da barragem e represas na montante. O projecto da barragem Movene II, o seu aproveitamento deve ser limitado a irrigação de culturas temporárias e fornecimento de água às populações e o gado, para proporcionar os

BACIA DO RIO MOVENE

Mapa 7: APTIDAO AGRICOLA PARA O REGADIO



LEGENDA:

- | | |
|--|--|
|  Muito Apta |  Uso Especial (rega por aspersao) |
|  Moderadamente Apta |  Nao Recomendada |
|  Marginalmente Apta |  Rio |

Fonte: Carta de solos, 1:50000
INIA-DTA, 1999
Por: Guale, R.
Dep. Geografia/UEM

Nota: Aptidão Agrícola para o Regadio na Sub-bacia de Movene, foi adaptada a partir dos sistema de USBR (baseado nos dados de solos, sem avaliação climática).

Trabalho de Licenciatura em Geografia/UEM
Com base no sistema ILWIS-GIS

níveis de consumo e as irregularidades das chuvas ao longo do ano, evitando deste modo a escassez de água na albufeira e o vale de Movene, deveria beneficiar-se de água do rio Umbelúzi durante o período seco.

5. O mapa 7 de aptidão para o regadio⁶, corresponde a associações de solos, englobando cada uma delas com um certo número de séries. Portanto, estas associações podem ser exploradas, na prática, em regime de regadio se houver a disponibilidade de água, numa perspectiva de necessidade de extensão da produtividade agrícola, através do sistema de regadio.

⁵ Os dados da população referem os resultados definitivos do recenseamento de população e habitação, 1997 (INE, 1998:5) e PRORURAL(1998:29).

⁶ Este mapa foi elaborado com base na legenda explicativa de cartas de solos, a partir da classificação das classes de aptidão agrícola para o regadio do Sistema USBR (United States Bureau of Reclamation), segundo os dados de solos do INIA , sem avaliação climática.