



LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE ANGOLA

# **SEMINÁRIO BARRAGENS NO ESPAÇO DA CPLP EXPERIÊNCIAS, SOLUÇÕES, DESAFIOS**

**Optimização do Aproveitamento dos Caudais Provenientes  
da Exploração das Barragens do Médio Cuanza**

**Rui M C S Marques**

**MAPUTO – 18 de Março de 2014**

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1- BREVE MONOGRAFIA DO RIO KWANZA

1)- O rio Kwanza nasce na localidade de Mumbué na província do Bié, a uma altitude de 1963 metros e desenvolve-se de Sul para Norte numa extensão de cerca de 1000 quilómetros e desagua a Sul da cidade de Luanda no Oceano Atlântico na localidade da Barra do Kwanza;

2)- O rio Kwanza e os seus principais afluentes em número de 32, formam a Bacia Hidrográfica do Kwanza com uma área de drenagem de 147 157 km<sup>2</sup>, tem como afluente mais importante o rio Lucala.

Mais de metade do seu desenvolvimento é feita em terras planálticas, de margens baixas e amplas nas direcções predominantes de N e NW. A inflexão brusca para NW, em direcção ao mar, faz-se próximo de Malange descendo da cota 1000 até a cota 16 na base dos rápidos de Cambambe.

A área da Bacia do Kwanza é totalmente compreendida entre os paralelos 7 40 e 13 35 de latitude Sul e os meridianos 13 10 e 19 15 de Longitude Este.

3)- O rio Kwanza no seu percurso e devido a sua hipsometria, foram-lhe atribuídos três escalões, 1º o Alto Kwanza que vai da nascente até as quedas do Condo (Cangandala), o 2º, o Médio Kwanza onde logo à jusante está construído o Aproveitamento Hidroeléctrico de Capanda que vai até Cambambe onde está construído o aproveitamento hidroeléctrico com o mesmo nome, por último o Baixo Kwanza que vai de Cambambe a foz do rio localizada na Comuna da Barra do Kwanza;



4)- O rio Kwanza, é o mais importante do País, com uma área de afluência de cerca de 147.157 km<sup>2</sup> que corresponde a 11,85% da superfície do país. Tem um potencial energético de 8.199 MW, uma energia anual garantida de 34 746 Gwh e uma área irrigável de 60.000 ha.

5)- Na Bacia Hidrográfica do rio Kwanza, a maior e mais importante para Angola, para além das potencialidades já inúmeradas, ainda poderá observar-se:

a)- No aspecto paisagístico, social e histórico;

- - No sentido Sul Norte na província do Bié, pode-se observar logo nas cabeceiras do rio Kwanza, os “rápidos” do Kwanza, assim chamados por localizarem-se na povoação com o mesmo nome, esse local pode ser considerado como o prenúncio dos vários espectáculos que o Kwanza pode oferecer daí para jusante;
- - Mais abaixo na província de Malanje junto a ponte sobre o rio Kwanza que liga a província de Malanje a do Kwanza Sul, existem os “rápidos” do Porto Condo no município de Cangadala, onde durante muitos anos, a área adjacente serviu de zona de campismo e lazer da grande maioria dos habitantes da cidade de Malanje e de outras paragens, devido a beleza que a natureza ostenta naquele local;
- - Na cidade do Dondo que é ribeirinha, na zona de travessia do rio Kwanza, do Dondo para a aldeia de Caissece que fica na margem oposta, assistem-se diariamente actos típicos da região, como por exemplo, as várias canoas que cruzam transportando produtos agrícolas e pessoas numa azafama incalculável, os vários pescadores com as suas canoas atracadas na margem do rio e que processam a venda do pescado que assegura uma parte da dieta alimentar daquela população sobre tudo as de renda baixa;



- A seguir cerca de duas dezenas de quilómetros abaixo, na povoação de Massangano, próximo da confluência dos rios Kwanza e Lucala na margem direita do Kwanza, estão as ruínas da fortaleza de Massangano cuja história retrata, como um dos locais de disputa do território entre portugueses e holandeses, local interessante de ser visitado, devido as relíquias ali existentes;
- Em pleno Baixo Kwanza, na margem esquerda do rio na vila da Muxima, foi construída em 1599 um santuário junto ao rio, em memória a nossa senhora da Imaculada Conceição que é vulgarmente conhecido por Igreja da nossa senhora da Muxima. Local que anualmente e não só, concentra dezenas de milhares de peregrinos que se deslocam ao local para cumprirem as suas promessas e que utilizam a água do rio Kwanza para diversos fins;
- Também é de realçar a importância que o rio já teve no sistema de transporte fluvial até a década de 60 numa altura que era quase impossível transportarem-se mercadorias por via terrestre entre as localidades de Catete e Dondo nas épocas de chuvas principalmente, podendo mesmo voltar-se a utilizar todo o troço do Baixo Kwanza para a prática do turismo tendo em conta a beleza natural da região e o potencial de animais existentes ao longo do rio em plena reserva da Quiçama.



### 1.2 – BREVE DESCRIÇÃO DA BACIA

A estação das chuvas compreende o período de Outubro a Abril, com dois máximos assinalados em Novembro ou Dezembro e outro em Março ou Abril. O período seco compreende os meses de Junho, Julho e Agosto, com registos em geral nulos, podendo no entanto ocorrer precipitações neste período, os meses de Maio e Setembro constituem meses de transição entre as duas estações.

A precipitação média anual ponderada é de cerca de 1 230 mm, com valores extremos de precipitação ponderada de 1 500 mm máximo e 830 mm mínimo.

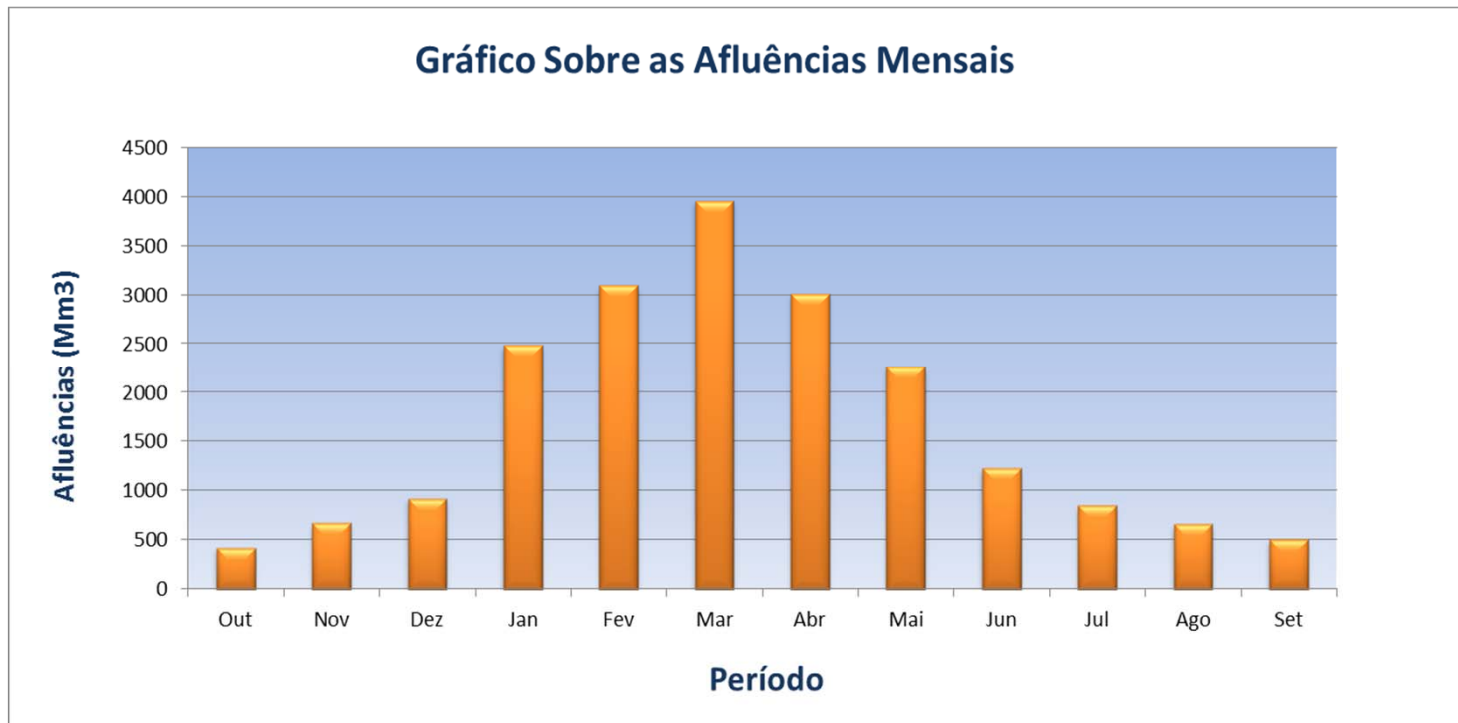
As precipitações anuais na zona planáltica apresentam um baixo coeficiente de variabilidade compreendido entre 15% e 25% o que representa um importante contributo para regularidade interanual do regime do rio Kwanza.



### 1.3 – OS CAUDAIS NATURAIS DO RIO KWANZA

O rio Kwanza antes da construção da Barragem de Capanda apresentava um escoamento bastante regular, sem grandes oscilações com um caudal médio anual de 540 m<sup>3</sup>/s, verificando-se normalmente a cheia máxima entre finais de Março e princípio de Abril e o caudal mínimo de estiagem nos meses de Setembro e Outubro.

A cheia máxima de que há registo é de 3 477 m<sup>3</sup>/s, enquanto o caudal mínimo registado é de 122 m<sup>3</sup>/s.



1.1 – AFLUÊNCIAS MENSAS DO RIO KWANZA



## 1.4 – OS CAUDAIS SÓLIDOS DO RIO KWANZA

Medições de caudais sólidos realizadas no rio Kwanza na época das chuvas a partir do ano hidrológico de 1958/59, permitiram obter resultados que indicam que para um caudal integral líquido de cerca de  $20 \times 10^9 \text{ m}^3$ , o Kwanza transporta  $1,5 \times 10^6 \text{ Ton.}$  de materiais sólidos,



## 2 - APROVEITAMENTO DO MÉDIO KWANZA

### 2.1 – ESTUDOS DO TROÇO DO MÉDIO KWANZA

Os primeiros estudos no troço do Médio Kwanza cujo objectivos foi o da geração de energia hidroeléctrica e agricultura, remontam à década de 50 do século XX.

Tais estudos levaram em conta a importância dos caudais e quedas disponíveis no troço em questão, a proximidade dos centros de carga em crescimento e a possibilidade do uso múltiplo dos recursos hídricos. Desta forma foram planeados e iniciados os trabalhos de levantamentos de dados básicos e a contratação de estudos para a avaliação do potencial energético disponível.

Em sucessivos graus de aprofundamento, foram realizados estudos a partir do ano de 1955, iniciados pela empresa Hydrotechnic Corporation (USA), com recursos do “Plano Marshal”, os quais foram complementados pela Brigada de Estudos do Cuanza, Bengo e Lucala (entidade Estatal na época) e Sonefe (Sociedade Nacional de Estudo e Financiamento de Empreendimentos Ultramarinos) nos anos 50 e 60 do século passado.

Estes estudos iniciais tiveram sempre como objectivo o que é apresentado a seguir:





- A selecção de locais com características adequadas para a implantação de albufeiras de regularização de caudais e contenção de cheias;
- O conhecimento do regime plurianual dos caudais do rio Kwanza com a instalação e a operação de uma rede de postos hidrometeorológicos na sua bacia hidrográfica;
- O levantamento, com maior precisão, das características fisiográficas do troço médio da bacia hidrográfica, com a realização de novos voos fotogramétricos e restituições aerofotogramétricas apoiadas por topografia de campo, referenciada à uma rede oficial de 1ª ordem e ao nível médio do mar no marégrafo de Luanda;
- O estudo de aproveitamentos hidroeléctricos em cascata, com a máxima utilização da queda disponível no troço considerado e passível de ser implantados em fases, que suprissem as demandas de energia resultantes das projecções do mercado de energia eléctrica. No âmbito dos estudos da Sonefe foram consideradas diversas alternativas para a divisão de queda do médio Kwanza, com base nos estudos antecedentes e também na definição de novos locais potenciais para compor um elenco de soluções a serem levadas em conta nas avaliações técnico-económicas.

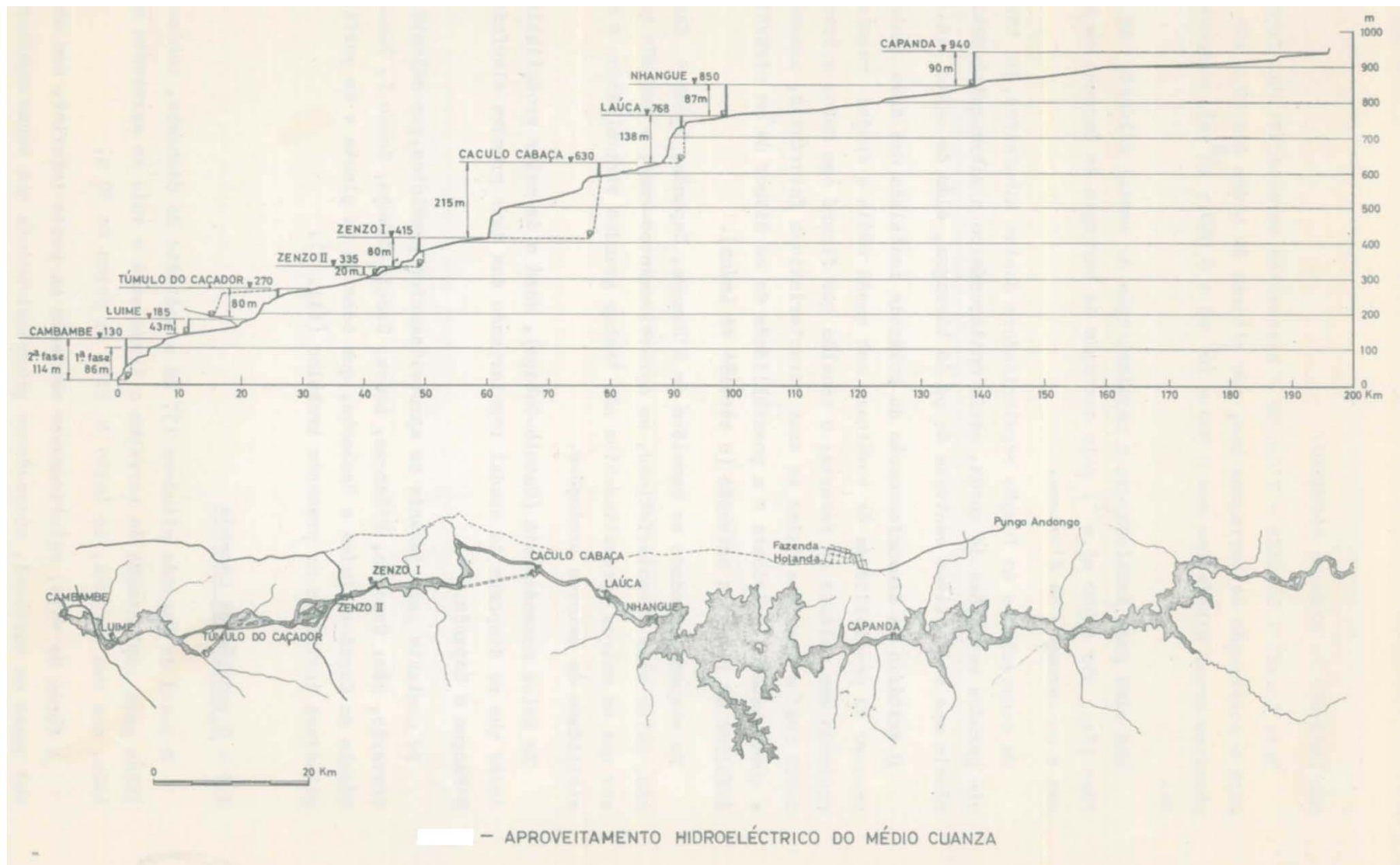
Os resultados iniciais dos estudos levaram ao projecto e construção, em uma primeira etapa de aproveitamento do troço médio do rio Kwanza, do AHE Cambambe no km 219,0, junto à cidade do Dondo, que iniciou sua operação no ano de 1962 com a seguinte instalação e previsão de ampliação;



- 1ª Fase – Primeira central com a potência instalada de quatro unidades de 65 MW (total de 260 MW) operando sob queda reduzida (primeira fase da barragem) resultando em uma potência efectiva disponível actual de 180 MW;
- 2ª Fase – Construção de uma segunda central com 3 unidades de 133 MW (399 MW) de capacidade instalada, execução do alteamento da barragem e aumento da capacidade da primeira central (modernização dos equipamentos) em 92 MW, em uma configuração de quatro unidades repotenciadas de 88 MW (352 MW), totalizando uma potência instalada de 970MW.

De acordo com o gráfico dos caudais restituídos pela barragem de Capanda que afluem para o troço de jusante do rio Kwanza aos quais se juntarão os do rio Lucala, o maior afluente em pleno Baixo Kwanza, à jusante do aproveitamento de Cambambe.



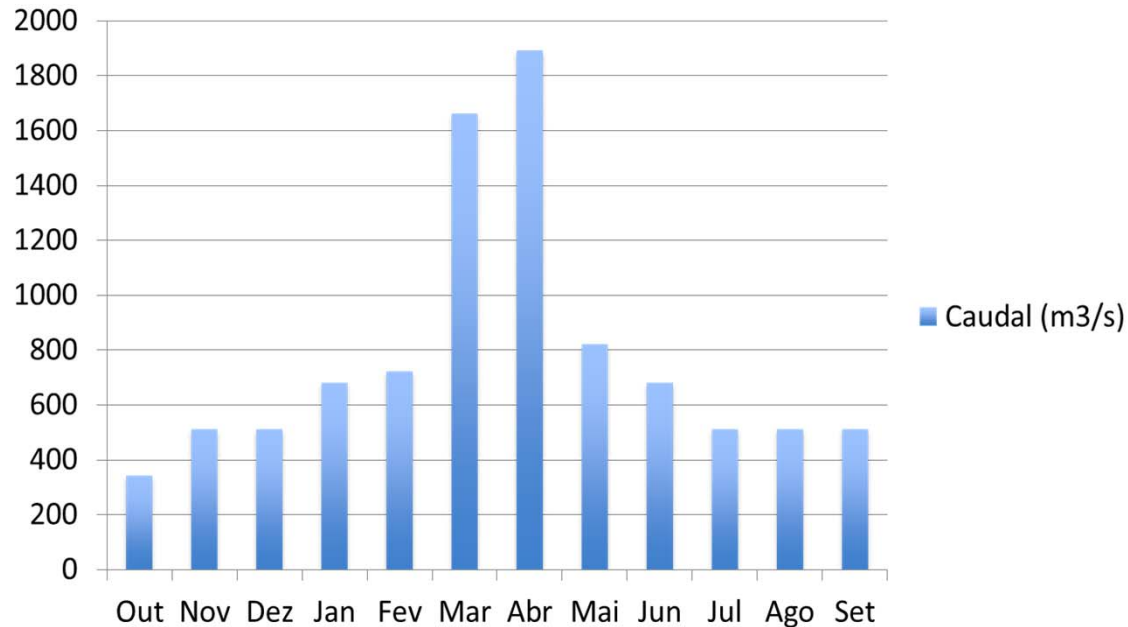


1.2 – PLANTA E CURVA HIDRODINÂMICA DO MÉDIO KWANZA

## 2.2 – SITUAÇÃO ACTUAL DO MÉDIO E BAIXO KWANZA

O regime hidrológico do Médio e Baixo Kwanza está dependente dos caudais regularizados pela barragem de Capanda, onde os valores máximos de caudais baixaram e os mínimos subiram em relação a situação natural. Quanto aos caudais médios, variam ligeiramente durante o ano hidrológico devido a duas situações impostas pela geração de energia e de cheias na histórica cidade ribeirinha do Dondo situada nas cabeceiras do Baixo Kwanza por transbordo das águas do leito do rio para o interior da cidade, sempre que os caudais excedam os 2.400 m<sup>3</sup>/s. Situação, que deu origem a elaboração de um programa para gestão dos volumes de água armazenados na albufeira de Capanda, para que, de acordo com as afluências anuais, os caudais sejam restituídos ao longo do ano por forma a ter em conta não só a geração de energia, cujas potências variam durante o ano, bem como, para prevenir que os caudais não excedam os 2.400 m<sup>3</sup>/s e que se salvguarde volumes de água armazenados para que em caso de precipitações baixas durante as épocas chuvosas se garanta água para satisfação das necessidades, tal como se apresenta no gráfico da figura 1.6





1.2 – Caudais Restituídos pelo Aproveitamento de Capanda

### 2.3 – ALTERAÇÃO DA SITUAÇÃO

A situação actual será revertida logo após a conclusão do aproveitamento de Laúca, que se prevê acontecer no ano de 2017, na medida em que, o estudo recente sobre o aproveitamento do Médio Kwanza realizado em 2014, prevê que o referido aproveitamento à jusante de Capanda seja construído por forma que o mesmo desempenhe também para além da geração de energia prevista em cerca de 2000 MW, a regularização dos caudais que em estudos anteriores seriam regularizados pelo aproveitamento de Nhangue à montante que será abandonado e substituído pelo aproveitamento de Laúca. O que virá a garantir que os demais aproveitamentos a serem construídos no futuro no Médio Kwanza.

Assim, poder-se-á contar no futuro com um caudal regularizado a partir do armazenamento das cabeceiras do Médio Kwanza da ordem:

- Aproveitamento de Capanda \_\_\_\_\_ 4.6 hm<sup>3</sup>
- Aproveitamento de Laúca \_\_\_\_\_ 6.0 hm<sup>3</sup>

Que garantirão o Médio e Baixo Kwanza um caudal médio anual regularizado superior a 600 m<sup>3</sup>/s, que não só garantirão a estabilidade na geração de energia, bem como mitigar alguns problemas ambientais que datam do ano de 2003 com a entrada em funcionamento da barragem de Capanda, nomeadamente o abaixamento dos níveis de água de uma grande parte das lagoas e canais bem como, a secagem de uma pequena parte delas como é o caso da lagoa de Cassaque no Baixo Kwanza.



## 4- ABSTRAÇÕES DE ÁGUA NO MÉDIO E BAIXO KWANZA

### 4.1- MÉDIO KWANZA

No Médio Kwanza a montante do aproveitamento hidroeléctrico de Capanda apenas existem dois (2) grandes consumidores para fins agrícolas e industriais cujos consumos são:

- Empresa BLOCM, para irrigação de cana de açúcar e produção de Etanol e energia num total de ... 2000 m<sup>3</sup>/h
- Empresa GESTERRA SA., para irrigação de agricultura em geral num total de ..... 2160 m<sup>3</sup>/h.
- A água para as duas empresas é toda abstraída albufeira da barragem de Capanda.

### 4.2- BAIXO KWANZA

No Baixo Kwanza será abstraída água para abastecimento a infra-esturas industriais e populações a saber:

- Industrias oito (8) , com o consumo de ..... 4000 m<sup>3</sup>/d
- Abastecimento de água a população de várias localidades incluindo a cidade de Luanda, bem como os futuros sistemas para a Zona Económica Especial (Novo Aeroporto Internacional) e do Bitá, cujo consumo total será cerca de ..... 25,0 m<sup>3</sup>/s



RIO KUANZA						
BARRAGEM DE CAPANDA						
SIMULAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DOS VOLUMES DA ALBUFEIRA						
1. AFLUÊNCIA MÉDIA ANUAL DO RIO KUANZA EM CAPANDA 25.000 hm <sup>3</sup>						
2. CAPACIDADE ÚTIL DA ALBUFEIRA 4.600 hm <sup>3</sup>						
3. PARTINDO DO PRINCÍPIO QUE EM ANOS NORMAIS NO FIM DE CAD MÊS DE ABRIL, A ALBUFEIRA DA BARRAGEM ATINJA A SUA CAPACIDADE MÁXIMA , TER-SE-Á						
	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO
AFLUÊNCIA	2.120hm <sup>3</sup>	1.280hm <sup>3</sup>	1.030hm <sup>3</sup>	850hm <sup>3</sup>	520hm <sup>3</sup>	330hm <sup>3</sup>
STOCK DA ALBUFEIRA	2.800hm <sup>3</sup>	4.120hm <sup>3</sup>	3.830hm <sup>3</sup>	3.360hm <sup>3</sup>	3.030hm <sup>3</sup>	2.020hm <sup>3</sup>
RESTITUIÇÃO	2.120hm <sup>3</sup>	1.760hm <sup>3</sup>	1.320hm <sup>3</sup>	1.320hm <sup>3</sup>	1.320hm <sup>3</sup>	1.320hm <sup>3</sup>
DESCARGA	+ 100m <sup>3</sup> /s					
Nº DE TURBINAS A FUNCIONAR	(4)	(4)	(3)	(3)	(3)	(3) (2) ?





RIO KUANZA						
BARRAGEM DE CAPANDA						
SIMULAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DOS VOLUMES DA ALBUFEIRA						
1. AFLUÊNCIA MÉDIA ANUAL DO RIO KUANZA EM CAPANDA 25.000 hm <sup>3</sup>						
2. CAPACIDADE ÚTIL DA ALBUFEIRA 4.600 hm <sup>3</sup>						
3. PARTINDO DO PRINCÍPIO QUE EM ANOS NORMAIS NO FIM DE CAD MÊS DE ABRIL, A ALBUFEIRA DA BARRAGEM ATINJA A SUA						
CAPACIDADE MÁXIMA , TER-SE-Á						
	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL
AFLUÊNCIA	670hm <sup>3</sup>	1.550hm <sup>3</sup>	2.800hm <sup>3</sup>	3.880hm <sup>3</sup>	4.300hm <sup>3</sup>	4.900hm <sup>3</sup>
STOCK DA ALBUFEIRA	1.370hm <sup>3</sup>	1.600hm <sup>3</sup>	2.600hm <sup>3</sup>	4.600hm <sup>3</sup>	4.600hm <sup>3</sup>	4.600hm <sup>3</sup>
RESTITUIÇÃO	1.320hm <sup>3</sup>	1.320hm <sup>3</sup>	1.760hm <sup>3</sup>	1.760hm <sup>3</sup>	1.760hm <sup>3</sup>	1.760hm <sup>3</sup>
DESCARGA				+ 800m <sup>3</sup> /s	+ 900m <sup>3</sup> /s	+ 1.200m <sup>3</sup> /s
Nº DE TURBINAS A FUNCIONAR	(3) (2) ?	(3)	(4)	(4)	(4)	(4)

