



**UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra**

A Barragem das Gandjelas.

Sua Importância no Perímetro Hidroagrícola (Chibia- Angola)

Fernando Cachingango Tito

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – AMBIENTE E ORDENAMENTO

Orientador científico:

Prof. Doutor António Luís Saraiva *

*** Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra**

2016

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus todo-poderoso por me ter proporcionado saúde durante a minha formação e não só.

À minha família e especialmente à minha esposa e filhos, por me terem dado sempre força pra que concluísse com a minha formação e, proporcionarem todas as condições essenciais para eu concluir este mestrado com sucesso e por me garantirem todos os meios necessários para a realização deste estágio.

Ao meu orientador, o Professor António Luís de Almeida Saraiva, pelo tempo que dedicou ao meu trabalho e pelas suas recomendações para a melhoria do mesmo.

Aos Engenheiros Josefa P.S. Silva, Manuel, José por terem aceitado e receber-me para que fizesse os estudos no perímetro irrigado das Gandjelas ter transmitido muito conhecimento durante o meu período de estadia na obra.

Ao Engenheiro Manuel Rodrigues por ter a disponibilidade de me receber e facultar informação útil para o meu trabalho.

Por todas as horas despendidas, no fornecimento de todo material de apoio que serviu de base ao meu trabalho, por transmitirem alguma da sua experiência e pelo momento de lazer.

Quero também agradecer às empresas da SOGANGELAS,SA, a intercerviços.

Aos amigos que fiz neste percurso académico, em especial ao Lazaro, Elias, Bonifácio, Ionara, Benedito e Paula, pelos momentos que passámos em horas de estudo em conjunto, pelo apoio que sempre mostraram, deles guardarei a amizade que sempre nos unirá., pela vivência de muitas experiências e crescimento partilhado.

Tenho um gosto enorme em poder partilhar a vossa amizade, sem dúvida, um exemplo, cada um pelas suas razões.

A parcela mais importante de todas é devida à família. Queria deixar um grande obrigado à minha família pelo amor, carinho e educação que me forjaram nomeadamente a vovô Jú, Tio Isaías, Fedy, mãe Cecília, Lídia, Pedro, Clemente, Venâncio, Januário e Benedito.

Resumo

A construção de barragens é um processo muito antigo, inicialmente visava o armazenamento de água e irrigação, sendo recentemente introduzida a possibilidade de produção de energia elétrica. Um projeto desta característica altera o meio onde se integra, em diversos campos.

A presente dissertação tem como principal objetivo o estudo da barragem das Gandgelas. Primeiramente são abordados a evolução histórica da construção de barragens, sua classificação e posteriormente são avaliados a importância da caracterização dos terrenos de fundação das barragens, a rotura das barragens, suas causas.

A barragem das Gandgelas localizada no rio Tchimpumpuyime, constitui o estudo de caso: abordam-se a sua construção, caracterização geológica, geomorfológica, enquadramento climatológico e hidrológico e geotécnica, importância no abastecimento de água, na irrigação e no futuro abastecimento de energia hidrelétrica e seu impacto socioeconómico e ambiental.

Este trabalho foi desenvolvido na obra do aproveitamento hidroelétrico do rio Tchimpumyime durante os períodos compreendidos entre Agosto de 2014 e finais de Dezembro de 2015. Aqui vai-se transmitir alguns conhecimentos inerentes a infraestruturas desde a barragem e toda a sua área envolvente.

O represamento de água dos rios para irrigação e geração de eletricidade é um método ambientalmente adequado de produção, pois não liberta emissões danosa de dióxido de carbono para atmosfera.

Palavras-chaves: Barragens, caracterização geológica, geomorfologia, climatologia, geologia, geotecnia

Planeamento agrícola, perímetro irrigado das Gandjelas, agricultura na Chibia.

Abstract

The construction of a dam is an ancient process. At the beginning it was intended for gathering water for irrigation, but it was recently considered the possibility of producing electrical energy. This kind of project usually changes in different ways the natural environment where it is carried out.

The main aim of this dissertation is to study the Gandgelas dam, the geological and geotechnical characterization of its surrounding area and its importance. Firstly, it will be addressed the historical evolution of dam construction and taxonomy, and then the evaluation of grounds for building dams, ruptures and their causes.

The Gandgelas dam is located in Tchimpumpuyime River, Chibia Municipality in Huila Province. This case study focus on: Dam construction, geological characterization, geomorphology, climatologic, geologic and geotactic placement, importance of water supply and irrigation, supply of electrical energy in the future and its socioeconomic and environmental impact.

This work was carried out at the Gandgelas dam infrastructure, at Tchimpumpuyime River between August and December 2015. This paper will provide some knowledge regarding to dam infrastructures and the surrounding areas.

Using river waters for irrigation and electrical energy production, is a friendly environmental way, since it does not produces or sends harmful gasses to the atmosphere which might pollute the air.

Keywords: Dam, geological characterization, geomorphology, climatology, geology and geotactic.

Agriculture planning, Gandjelas watered area, agriculture in Chibia.

Índice Geral

Agradecimentos-----	I
Resumo-----	II
Abstract-----	III
1. Introdução-----	1
1.1. Considerações Gerais sobre as Barragens-----	1
1.2. Objetivos do Trabalho-----	2
1.3. Metodologia do Trabalho-----	3
2. Enquadramento Regional da Área em Estudo-----	4
2.1. Enquadramento Geográfico e Administrativo-----	4
2.2. Enquadramento Geológico da Província da Huila-----	5
3. Barragens-----	10
3.1. Tipos de Barragens-----	10
3.1.1. Barragens de Gravidade em Alvenaria ou Betão-----	10
3.1.2. Barragens em Abóbada -----	11
3.1.3. Barragens de Contrafortes-----	11
3.2. A importância dos Estudos de Caracterização dos Terrenos de Fundação de Barragens-----	12
3.3. A Rotura das barragens. Suas Causas-----	14
3.3.1. Exemplo da Rotura da Barragem de Malpasset-----	15
4. A Construção de Barragens-----	17
4.1. A Construção de Barragens na China, EUA e Portugal-----	17
4.1.1. Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva-----	22
4.1.1.1. Escalão de Pedrógão-----	22
4.1.2. Aproveitamento Hidroelétrico do rio Rabaçal (Bouçoais-Sonim) -----	23
4.1.2.1. Circuito hidráulico-----	24
4.2. A construção de Barragens em Angola, e sua Importância-----	25
4.2.1. Barragem de Laúca-Kwanza Sul-----	25

4.2.1.1. Circuito Hidráulico de Geração Principal-----	26
4.2.1.2. Central Principal de Laúca-----	27
4.2.1.3. Central Auxiliar de Laúca-----	27
4.2.2. A Barragem de Capanda-----	28
4.2.3. A Barragem de Camacupa-Bié-----	29
4.2.4. A Barragem do Lomaum-Benguela-----	30
4.2.5. A Barragem do Gove-Huambo-----	30
4.2.5.1. Central Hidroelétrica-----	31
4.2.6. Aproveitamento de Jamba-la- Oma-----	31
4.2.6.1. Circuito Hidráulico-----	32
4.2.6.2. Central-----	32
4.2.7. Aproveitamento Hidroelétrico de Jamba-la-Mina-----	33
4.2.7.1. Circuito hidráulico-----	33
4.2.7.2. Central-----	34
4.2.8. A Barragem da Matala-Huila-----	34
4.2.9. A Barragem de Ruacaná-Cunene-----	34
4.2.10. A Barragem das Neves-----	35
5. Caracterização da Área em Estudo-----	37
5.1. Geomorfologia-----	37
5.2. Enquadramento Climatológico-----	37
5.2.1. Temperatura-----	38
5.2.2. Evaporação-----	40
5.2.3. Humidade Relativa-----	40
5.2.4. Precipitação-----	40
5.2.5. Hidrografia-----	43
6. Situação de Referência-----	44
6.1 Introdução -----	44
6.2. Características da Barragem das Ganjelas-----	45

6.3. Geologia do Local-----	47
6.4. Litologia-----	47
6.4.1. Sondagem SI1-----	49
6.4.2. Sondagem SI2-----	50
6.4.3. Sondagem SI3-----	50
6.4.4. Sondagem SI4-----	51
6.5. Ensaio de Absorção de Água do tipo Lugeon-----	51
6.6. Tratamento da Fundação das Barragens-----	53
6.7. Atividades Realizadas no Campo-----	54
7. Importância das Gandjelas no Abastecimento de Água na Irrigação e no Futuro Fornecimento de Energia Hidroelétrica-----	59
7.1. Perímetro Irrigado das Gandjelas-----	63
7.1.1. Considerações Iniciais-----	63
7.1.2. A Exploração das Infra-estruturas Hidráulicas-----	64
7.1.3. O Planeamento Agrícola e os Sistemas de Rega na Parcela-----	72
8. Conclusões e Recomendações-----	75
8.1. Conclusões-----	75
8.2. Recomendações-----	76
9. Bibliografia-----	79

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Mapa administrativo de Angola-----	4
Figura 2.2 - Mapa da província da Huila (SINFIC, 2014)-----	5
Figura 2.3 - Fragmento da carta geológica da região enquadrante da área em estudo (Carvalho, 1974)-----	7
Figura 2.4 - Ilustração a área do projeto e seus principais acessos (Ossiyeto, cedido por Manuel Rodrigues, 2014) -----	8
Figura 2.5 - Divisão administrativa, localização da barragem e formações vegetais (SINFIC,2014) -----	9
Figura 2.6- Acácia Albida (Omunhere), característica da área envolvente-----	9
Figura 3.1 - Barragem do Alto Lindoso-----	11
Figura 3.2 - Barragem de Pracana-----	12
Figura 3.3 – Restos da barragem de Malpasset-----	15
Figura 4.1 -Barragem das Três Gargantas-----	17
Figura 4.2 - Eclusas na barragem das Três Gargantas-----	18
Figura 4.3 - Vista de jusante da barragem de Hoover no rio colorad (EUA) -----	19
Figura 4.4 - Construção da barragem de Itaipu-----	20
Figura 4.5 - Vista geral da barragem Itaipu-----	20
Figura 4.6 - Vista de jusante da barragem de Alqueva (Jesus, 2011) -----	21
Figura 4.7 - Barragem de Pedrógão (Pereira, 2011) -----	23
Figura 4.8 - Barragem de Bouçoais-Sonim-----	24
Figura 4.9 - Obras na barragem de Laúca (foto Lucas leitão)-----	26
Figura 4.10 - Barragem de Capanda (Novo Jornal, 2015) -----	29
Figura 4.11 - Barragem de Lomaum-Biópio-----	30
Figura 4.12 - Barragem e central hidroeléctrica do Gove-----	31
Figura 4.13 - Barragem da Matala-Huila-----	34
Figura 4.14 - Barragem de Ruacaná-----	35
Figura 4.15 - Barragem das Neves-----	36
Figura 4.16 - Fissura na barragem das Neves-----	36

Figura 5.1 - Mapa climático (SINFIC, 2014) -----	
38	
Figura 5.2 - Mapa de temperatura (SINFIC,2014) -----	39
Figura 5.3 - Gráfico de variações de temperaturas (SINFIC,2014) -----	39
Figura 5.4 - Evaporação média mensal na Chibia (1953/1974) (SINFIC - Organizações Hitombwa, 2014).-----	40
Figura 5.5 – Mapa da humidade relativa (SINFIC, 2014) -----	41
Figura 5.6 – Precipitação (SINFIC,2014) -----	42
Figura 5.7 - Gráfico de precipitação mensal (SINFIC, 2014)-----	42
Figura 5.8 - Rio Tchimpumpuyime-----	43
Figura 6.1 - Imagem do Google Earth da barragem das Gandjelas-----	44
Figura 6.2 - Barragem das Gandjelas antes da sua reabilitação-----	45
Figura 6.3 - Barragem concluída. Fonte própria (2015) -----	45
Figura 6.4 - Bacia de dissipação-----	47
Figura 6.5 - Carta geológica do município da Chibia- (SINFIC, 2014) -----	48
Figura 6.6 – Compartimentação na margem esquerda (Fonte: Sinohidro-cedido por Manuel Rodrigues, 2014) -----	48
Figura 6.7 - Compartimentação na margem direita (Fonte: Sinohidro-cedido por Manuel Rodrigues,2014) -----	49
Figura 6.8 – Diaclasamento no maciço rochoso -----	49
Figura 6.9 - Colocação de betão em diferentes etapas-----	53
Figura 6.10 - Família de diáclases no ponto D6 -----	54
Figura 6.11-Imagem do Google earth com representação dos pontos-----	55
Figura 6.12 - Família de diáclases no ponto D3-----	55
Figura 6.13 - Encosta da vertente na margem direita -----	56
Figura 6.14 - Margem direita do rio sob influência das árvores-----	56
Figura 6.15 - Vertente da margem esquerda -----	57
Figura 6.16 - Rochas apresentando diáclases-----	57
Figura 6.17 – Rochas apresentando diáclases -----	58

Figura 7.1 - Canal de irrigação a ser usado pela população para a lavagem de roupa-----	59
Figura 7.2 - Estação de tratamento de água (ETA)-----	60
Figura 7.3 - Tanque decantador-----	60
Figura 7.4 - Tanques de floculação e decantação-----	61
Figura 7.5 - Tanque de filtro lento em funcionamento-----	61
Figura 7.6 - Tanque de filtros lentos em manutenção-----	62
Figura 7.7 – Albufeira da barragem das Ganjelas-----	65
Figura 7.8 - Dique de derivação de águas para os dois canais de irrigação e canal de derivação da margem direita do rio-----	66
Figura 7.9 - Canal de derivação da margem direita do rio-----	66
Figura 7.10 - Canal de irrigação-----	67
Figura 7.11 - Estação de bombagem/elevatória-----	67
Figura 7.12 - Interior da estação de bombagem/elevatória-----	68
Figura 7.13 - Tanque elevado-----	68
Figura 7.14 - Grupo gerador a diesel-----	69
Figura 7.15 - Turbinas francis eixo horizontal-----	70
Figura 7.16 - Canal de restituição ao rio.....	70
Figura 7.17 - Comportas murais do tipo adulfa-----	71
Figura 7.18 – Bananeiras no perímetro irrigado-----	73
Figura 7.19 – Mangueiras no perímetro irrigado-----	73
Figura 7.20- Laranjeiras no perímetro irrigado-----	73

Índice de Quadros

Quadro 2.1- Legenda-----	7
Quadro 4.1 - Caraterísticas da barragem das Três Gargantas-----	18
Quadro 4. 2 - Caraterísticas da barragem de Hoover (EUA) -----	19
Quadro 4.3 - Caraterística da barragem de Alqueva-----	22
Quaro 4.4 - Características da barragem de Pedrógão-----	22
Quadro 4.5. Caraterísticas da barragem de Bouçoais-Sonim-----	23
Quadro 4.6 - Central hidroelétrica de Bouçoais-Sonim-----	24
Quadro 4.7 - Caraterísticas da barragem de Laúca-----	26
Quadro 4.8 - Central principal de Laúca-----	27
Quadro 4.9 - Caraterísticas da barragem de Jamba-la-Oma-----	32
Quadro 4.10 - Caraterística da barragem de Jamba-la-Mina -----	33
Quadro 6.1 - Caraterísticas da barragem das Gandjelas (Fonte: Ossiyeto – Cedido por Manuel Rodrigues, 2014) -----	46
Quadro 6.2 – Orientação das diáclases-----	55
Quadro 7.1 - Rede de transporte-----	65
Quadro 7.2 - Reservatório de água-----	69

1. Introdução

1.1. Considerações Gerais Sobre as Barragens

A água é um recurso vital, pois qualquer ser vivo depende da sua existência, e, daí a celebre frase: «Água é vida», é reconhecida pela importância como um recurso hídrico. As plantas, os seres vivos - dependem dela para a sua sobrevivência. A água é essencial para o consumo doméstico, para a agricultura, indústria, produção de eletricidade e abastecimento para a indústria; Mais de 6.5 mil milhões de habitantes que o planeta suporta dependem do consumo de água. É uma das suas necessidades básicas.

O planeta que habitamos, a Terra, é constituído por uma grande percentagem de água. É um “Planeta azul”, pois a maior parte da sua superfície é constituída pela água do mar que é salgada.

As águas representam cerca de 70% da área do planeta e os restantes 30% correspondem a continentes, 3% correspondem a água no estado líquido e 70% a água no estado sólido; 20% da água é água subterrânea e apenas 7% está distribuída pelos rios, lagos e pântanos. A água doce não se encontra igualmente distribuída no planeta e é, por sua vez, desigualmente utilizada e muito mal aproveitada. Se ela estivesse distribuída uniformemente em todo planeta, existiria em abundância. Mas, não acontece assim devido aos contrastes nos fatores do clima e dos seus elementos.

As chuvas concentram-se nas zonas temperadas e nos trópicos húmidos, fazendo com que em muitas áreas haja escassez de água, o que origina, quase sempre, o desencadear de problemas regionais. A título de exemplo refira-se o Médio Oriente, Norte da África, África subsarianas, que são regiões com significativas taxas de crescimento das populações.

A maioria dos rios têm regime irregular e as necessidades em água têm vindo a aumentar em consequência da explosão demográfica, crescimento económico acarretando desta forma a diminuição da água potável sendo a agricultura e as indústrias os responsáveis dos mais de 92% da sua utilização.

Para não se estar sujeito às irregularidades do caudal dos rios em detrimento das suas atividades o homem tem vindo, ao longo dos tempos, a utilizar vários processos para garantir o controlo da quantidade de águas suficientes destacando-se entre outros a construção de barragens, diques e represas, construção de furos etc.

As barragens são estruturas concebidas para armazenar e captar água em volumes significativos, implantadas no vale de um curso de água. Tem sido um dos processos mais

antigos e mais difundidos no mundo com o objetivo de controlar e conseguir água em abundância.

A água armazenada na albufeira das barragens pode ter várias utilizações, tais como por exemplo: produção de energia elétrica, consumo doméstico, navegabilidade, agricultura, controlar as cheias e os seus efeitos desastrosos, utilização contra incêndios e desportos náuticos.

Segundo Pereira (2011), a implantação de uma barragem deve estar sujeita a determinados requisitos ou obrigações, tais como: devem ser duráveis pelo facto de serem obras com dimensões e custos significativos, por estarem associadas a consideráveis riscos em relação à segurança das populações situadas a jusante dos vales.

As barragens de betão devem ser implantadas em maciços de fundação com boas características de resistência e deformabilidade.

1.2. Objetivos do Trabalho

O presente trabalho tem como objetivos fundamentais:

- Localização geográfica da área em estudo;
- Ter um conhecimento sobre as fases de execução da barragem das Gandjelas e dos elementos associados à construção, isto é caracterização geotécnica da estrutura e dos terrenos de fundação;
- Identificar e descrever os objetos geográfico-físicos e geológicos do aproveitamento hidrelétrico do perímetro de irrigação assim como de toda a área envolvente;
- Avaliar a precipitação anual e a capacidade de albufeira;
- Descrever a metodologia e as fases da construção da barragem;
- Identificar e definir as características e a composição que os betões devem possuir e descrever todos os procedimentos de controlo de qualidade do betão desde a construção, fabrico até a sua aplicação;
- Descrever o processo e qualidade de abastecimento da água para consumo e futuro abastecimento de energia elétrica às populações;
- Identificação dos principais impactos socioeconómicos e ambientais da estrutura e da área envolvente.

1.3. Metodologia do Trabalho

Para a prossecução deste trabalho, a metodologia usada envolveu fundamentalmente determinadas estratégias e técnicas:

- Consulta bibliográfica no DCT de Coimbra-Portugal, Direção da Songanjelas da Chibia, empresa Ossi-yeto, Direção municipal das águas da Chibia, visita a barragem das Ganjelas e entrevistas aos engenheiros Manuel Rodrigues, e Manuel José.
- Trabalhos de campo;
- Usos de meios de investigação tais como, bussola, GPS, régua, viatura;
- Análise e tratamento de dados.

A Huila é uma das províncias a sul do país com diversidade de clima e grupos etnolinguísticos distribuídos por 14 municípios, sendo Lubango a capital da província. Como municípios importantes destaca-se os de Caconda, Caluquembe, Chicomba, Cacula, Chipindo, Quilengues ao norte e Quipungo, Matala, Jamba, Cuvango a leste, Humpata a oeste, Chibia e Gambos a sul.

Tem uma configuração aproximadamente retangular cujos pontos extremos rondam entre 13°15', 16°30' sul e 13°30' e 16° a este de Greenwich, com 79 022 km² de superfície total e 3,5 milhões de habitantes e com uma densidade aproximada de 4,429 habitantes por km² segundo (fontes do Censo de 2014).

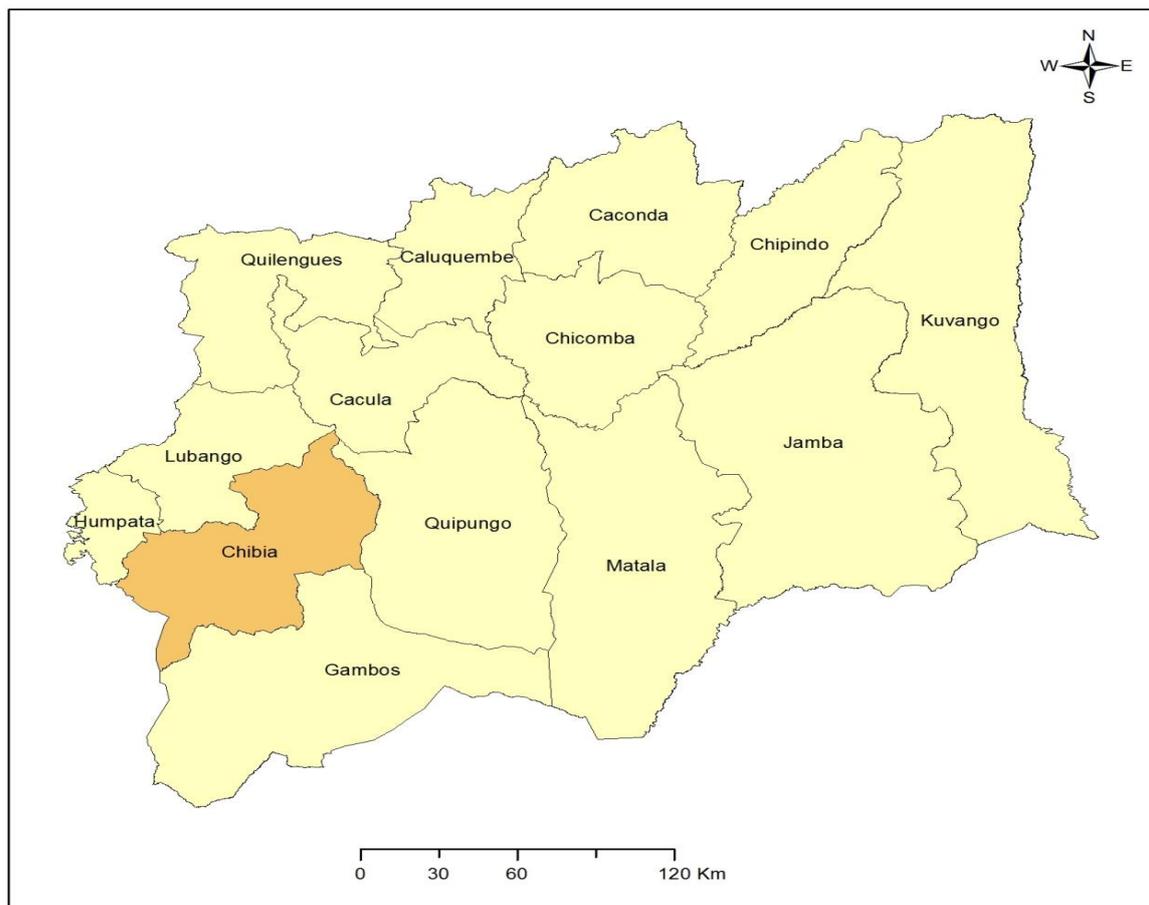


Figura 2.2 - Mapa da província da Huila (SINFIC, 2014).

2.2. Enquadramento Geológico da Província da Huila

Das rochas ígneas Pós-sistema Bembe, há a referir diversos afloramentos intrusivos de doleritos através de rochas deste sistema (na Humpata) ou mesmo através dos granitos do complexo de base. A idade destes doleritos foi considerada como ante pérmico, quer por Monta & O'Donnell, mas em publicação posterior deste último autor admite-se idade mais recente, possivelmente mesozoica.

Outros afloramentos de doleritos e rochas afins foram cartografados nas regiões de Cassinga e Idungo.

Todo território da Huila está localizado no maciço continental, onde se pode ainda distinguir no soco fundamental “as rochas eruptivas antigas” e as formações continentais.

Os terrenos antigos ocupam cerca de dois terços da área da província (Norte e Ocidente), sendo principalmente constituído por terrenos agnostozoicos «complexo de base», «sistema do Oendolongo», «granitos, granodioritos e quartzo dioritos», «Noritos gabros e Peridotitos» e sistema do Bembe e por terrenos paleozoicos «rochas eruptivas pós-sistema do Bembe», ante pérmico, apoiando-se, em geral, a Leste daqueles.

Encravados em terrenos antigos, aparecem alguns afloramentos de rochas eruptivas mesozoicas (principalmente doleritos e basaltos).

As formações sedimentares continentais por arenitos ferruginosas, silicatados e calcários, recoberto por mantos de areias de origem eólica (« Recente, Pleistocénico e Kalahari superior»).

As rochas ígneas antigas são de idade posterior às formações sedimentares acabadas de se referir, sendo de destacar as grandes intrusões dos granitos, granodioritos e quartzo dioritos, que constituem o grande batólito do planalto central de Angola e a intrusão gabro-anortozítica.

Dentro das rochas ígneas antigas há ainda de referir a existência de alguns afloramentos de granitos alcalinos (no Otchinjau, por exemplo) e diversos afloramentos de doleritos.

Os terrenos mais antigos são formados por rochas sedimentares ou eruptivas altamente metamorfizadas do complexo de base, tais como gnaisses e xistos (no Cunene) ou quartzitos e quartzitos ferruginosos (em Cassinga) e do sistema do Oendolongo, predominando, neste caso as formações do grupo de natureza siliciosa, quartzitos ferruginosos, quartzitos e grés, e ainda xistos e quartzitos pré-câmbrios (Ovicapa).

O sistema de Bembe é formado por várias séries de rochas sedimentares consideradas como pré-câmbrias, assentando sobre os granitos antigos (na Chela) ou sobre o complexo de base no (Cunene).

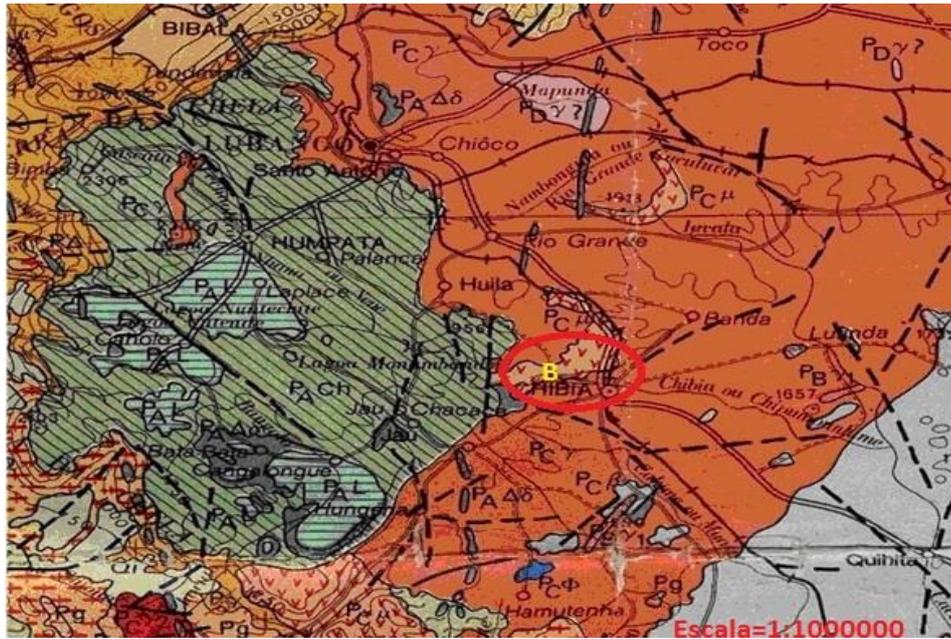


Figura 2.3 – Fragmento da carta geológica da região enquadrante da área em estudo (Heitor de Carvalho, 1974).

Site-<http://www.ceso.pt/upload/pdf/contente-intelligence/wloscejp/RochasOrnament>.



- Localização da barragem das Gandjelas-Chibia (Angola)

	Granitos biotíticos da região central (granitos regionais, 2250 m.a)
	Gabro ultrabásico
	Grupo da chela (siltritos, argilitos, arenitos, Vulcano clastos etc.)
	Gnaisses e migmatitos
	Granitos e granodioritos
	Formação da Leba-Tchamalindi (calcários dolomíticos com estromatólitos)
	Complexo gabro- anortositicos.
	Granitos vermelhos do sudoeste
	Metassedimentos (indiferenciados) e algumas outras rochas do subgrupo do Oendolongo. Conglomerados, quartzitos, arenitos, etc (Oendolongo). Pórfiros granitoides e rochas vulcânicas da Chibia (2210m.a.) e da região central.
	Noritos e doleritos (1118 m.a)

Quadro 2.1 - Legenda da figura 2.3.

A maior mancha deste sistema aparece na Humpata, onde predominam as rochas gresosas (grés e quartzitos), e os calcários dolomíticos, tendo também sido assinalada a ocorrência de xistos, todas estas formações cartografadas como pertencendo à serie Xisto-calcário.

A área em estudo localiza-se junto ao rio Tchimpumpunhime, afluente do rio Caculuvar (ou Caculuvali), junto à vila de Chibia, na região sudoeste do território angolano, situando-se integralmente na província da Huíla, como ilustrado na figura 2.2.

Selecionou-se a área de estudo o município da Chibia (vila e arredores), situado a sul do Lubango e Cacula, oeste de Quipungo, norte de Chiange e este de Virei e Humpata, com as coordenadas de 15°10 min, 10°15 min de latitudes sul e longitude oeste 13°37 min e 13° 44 min de longitude este. Tem uma superfície total de 5281 km² com 141 000 habitantes e 24 mil número de habitantes da vila, composta por 4 comunas, Capunda-Cavilongo a Norte, Lufinda a Nordeste, Jau a Sudeste Quihita a sul.

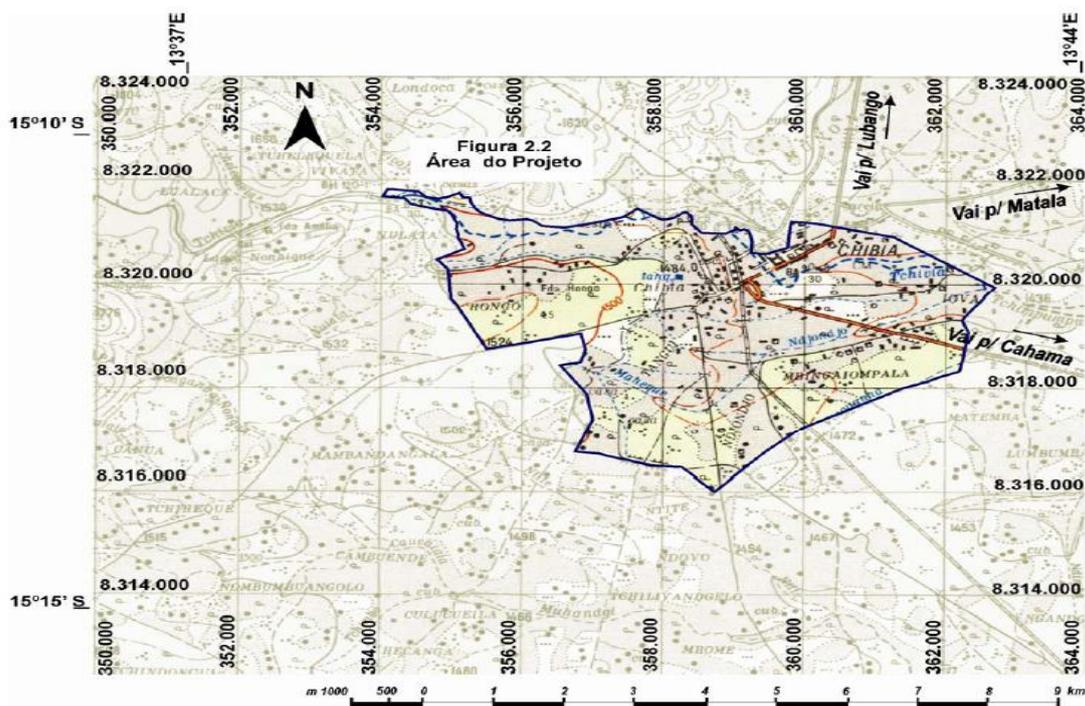


Figura 2.4 - Ilustração a área do projeto e seus principais acessos (Ossiyeto, cedido por Manuel Rodrigues, 2014).

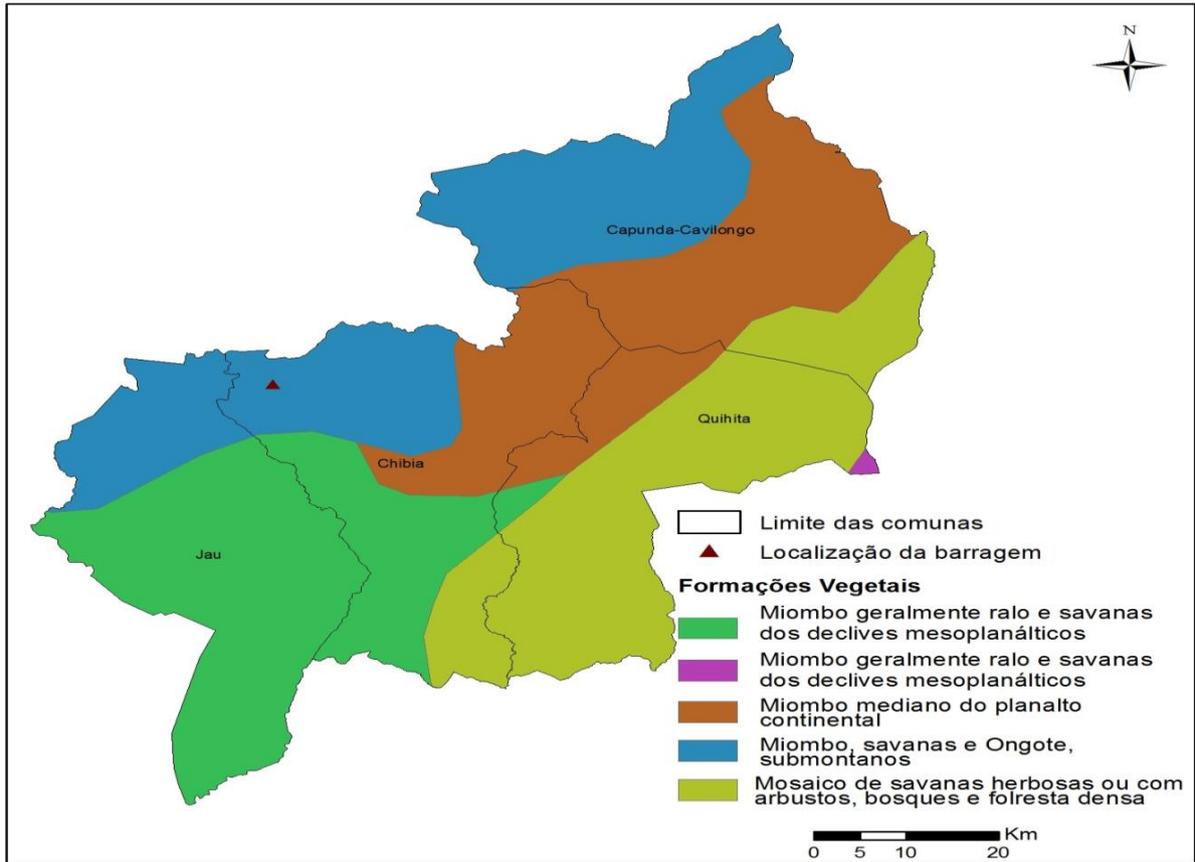


Figura 2.5 - Divisão administrativa, localização da barragem e formações vegetais (SINFIC, 2014).



Figura 2.6- Acácia Albida (Omunhere), característica da área envolvente.

...

3. Barragens

A localização de uma barragem a implantar, bem como as suas características, não é uma tarefa fácil, visto que envolve um conjunto de ações no que concerne à observação, morfologia, hidrologia, capacidade de albufeira, perfil longitudinal, estudos geotécnicos e sísmicos, assim como aspetos financeiros e económicos.

Segundo Mora Ramos (1994) «A escolha do local de construção de grandes barragens e a seleção do tipo de estrutura a construir é um processo longo e demorado no qual diversas vertentes são equacionadas».

Ainda segundo o mesmo, “De facto, a decisão de construir (ou não construir) um aproveitamento hidráulico, envolvendo uma grande barragem e a criação da correspondente albufeira, é hoje, fundamentalmente, de carácter político estando na base dessa decisão aspetos económicos, sociais e ambientais diversos, que podem condicionar as opções sobre o tipo e dimensões de estrutura a construir”.

Assim, Mora Ramos (1994), faz menção e classificação de tipos de barragens tais como: barragens de gravidade, em abóbada, contrafortes e abóbadas múltiplas.

3.1. Tipos de Barragens

3.1.1. Barragens de Gravidade em Alvenaria ou Betão

A secção transversal de uma barragem de gravidade típica é aproximadamente triangular, de base raras vezes inferior a 80% da altura. O traçado em planta é retilíneo ou com ligeira curvatura. Inicialmente, a secção transversal das barragens de gravidade ou em alvenaria, era um «trapézio» curvilíneo em que a curvatura era contínua, ou aproximadamente uma poligonal. Posteriormente esta forma evoluiu para um trapézio.

Já no tempo de betão surgiram as barragens de gravidade aligeirada de secção vazante, graças à evolução do conhecimento científico.

Evoluções recentes das barragens de gravidade são as barragens descarregadoras e as barragens móveis.

As principais forças a ter em consideração no dimensionamento das barragens de gravidade são a resultantes de pressão hidrostática, as do peso próprio, das pressões atuantes na base da barragem, as forças de inércia do corpo da barragem e as pressões hidrodinâmicas nos paramentos de montante devido às ações sísmicas.

3.1.2. Barragens em Abóbada

Uma barragem em abóbada, ou arco, é uma estrutura com curvatura em planta e em perfil com a convexidade voltada para a montante concebida por forma a transmitir o impulso da água principalmente para os encontros e não para o fundo do vale, utilizando para o efeito a resistência à compressão do material de que é feita (Votrop, 1988).



Figura 3.1 - Barragem do AltoLindoso
Sit:<http://www.dn.pt/inicio/globo/interior>.

3.1.3. Barragens de Contrafortes

Nas barragens de contrafortes, em alvenaria ou betão, a resistência ao impulso da água e a estanquidade do corpo da obra são garantidas por estrutura distintas segundo (Varlet,1966) citado por Mora Ramos (2004).

A estrutura resistente é constituída por uma série de contrafortes paralelos e em regra equidistantes (figura 3.2), de perfil geralmente triangular, sobre os quais se apoiam as estruturas de estanquidade. Estas estruturas podem ser lajes. Os contrafortes para montante têm cabeças que são maciças tendo, em certos casos, formas arredondadas ou poliédricas (cabeça de diamante) (INAG, 2001).



Figura 3.2 - Barragem de Pracana.
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Barragem.de Pracana](https://pt.wikipedia.org/wiki/Barragem_de_Pracana)

3.2. A Importância dos Estudos de Caracterização dos Terrenos de Fundação de Barragens

As barragens, muitas vezes fundadas em formações geológicas com características precárias, estão entre as estruturas que mais têm contribuído para o avanço dos conhecimentos da geotecnia

A geotecnia é o ramo da engenharia que agrupa as disciplinas científicas que são a Geologia de Engenharia, a Mecânica dos Solos e a Mecânica das Rochas e ocupa-se da caracterização e comportamento mecânico dos terrenos. Hoje é vista como uma ciência autónoma da engenharia (Nascimento, 1990).

Atualmente as barragens alcançaram alturas muito grandes, como por exemplo a barragem de Rogun, no Tadjiquistão, que tem uma altura máxima de 335 m.

Os estudos das fundações de barragens são pertinentes porque com os mesmos podemos ter conhecimentos profundos e sólidos da área em estudo. Segundo Quinta Ferreira (1999), os vales serem ou não simétricos, abertos ou fechados, se nos afloramentos rochosos o material

está alterado à superfície ou não, a presença, ou não de falhas e a sua orientação em relação ao rio, levanta questões tais como:

- Qual é a intensidade das alterações e a distribuição em profundidade;
- Há coincidência do leito com a zona da falha?
- Como é a permeabilidade em relação a falha?

Estes conhecimentos são muito importantes porque servem de suporte no esclarecimento e reconhecimento geológico do local na altura de se decidir ou não sobre a construção de uma determinada barragem.

Em projetos de barragens, o controle da percolação da água pelo maciço de fundação e encontros constitui um dos requisitos fundamentais à segurança da obra, Cruz (1996). O estudo da percolação da água pela fundação de uma barragem de gravidade é necessário para avaliação do comportamento e desempenho em relação as hipóteses formuladas no projeto, de modo a garantir a segurança da estrutura.

Ainda segundo Cruz (1996), o tratamento das fundações de uma barragem de betão pode ser determinante para avaliação de determinada solução. Duas questões, associadas entre si devem ser encaradas: a melhoria das características mecânicas e a melhoria das características hidráulicas, visto que geralmente as zonas superficiais do maciço rochoso estão em regra naturalmente mais descomprimidas e fraturadas, designadamente nas encostas, sendo estes aspetos potenciados pelos trabalhos de escavação necessários à implantação das obras. Assim, torna-se necessário proceder ao tratamento de consolidação, habitualmente realizados com injeção de caldas de cimento e por outro lado, é quase sempre necessário proceder ao tratamento das fundações por forma a garantir que o futuro escoamento sob a base da barragem se processe por forma a não afetar a estabilidade da estrutura. Estes tratamentos têm em vista garantir simultaneamente que os caudais percolados sejam pequenos, não podendo originar arrastamento de sólidos, designadamente dos materiais de preenchimento das fraturas, e que as subpressões são aceitáveis.

Por tanto, recorrer-se-á execução de sistemas de impermeabilização e de drenagem materializados por injeções de caldas para redução local da permeabilidade (cortina de impermeabilização) e por furos de drenagem para a redução das subpressões (cortina de drenagem).

Segundo Rocha (1981), Peres Rodrigues et al. (1983) “os estudos geotécnicos visando a caracterização de deformidade e da resistência do maciço de fundação, recorrem a meios de prospeção, e a ensaios em laboratórios”.

Tendo em conta as características geotécnicas do maciço, designadamente a orientação das principais famílias de fraturas, procede-se a ensaios visando o zonamento do maciço em termos de permeabilidade. Os resultados destes ensaios serão a base do projeto de tratamento da fundação em termos hidráulicos, procurando-se em regra obter permeabilidades inferiores a 1 a 2 unidades lugeon ao longo da inserção da barragem e até profundidades determinadas pelo campo de tensões transmitido pela barragem ao maciço.

3.3. A Rotura das Barragens. Suas Causas

As cheias podem induzir a rotura de grandes barragens numa situação de galgamento, quando a cota da superfície da água na albufeira iguala a cota do coroamento. Este galgamento pode ficar a dever-se a um mau dimensionamento dos descarregadores de cheias e ocorre quando entra na albufeira um caudal grande originado por uma forte precipitação,

Ligada também à rotura de uma barragem estão os deslizamentos dos taludes em que o transporte pode estar relacionado quase exclusivamente por ação da gravidade.

Segundo Roque Mercês, M. Ângela Ferreira et.al. (Manual de Reforma 12ª classe, 2009) «Nos terrenos inclinados constituídos por rochas permeáveis, assentes numa camada argilosa, as águas infiltradas nos terrenos permeáveis “ empapa-os, provocando o seu deslizamento sobre terrenos argilosos.

A deslocação dos materiais rochosos pode ser abrupta ou ocorrer mais lentamente, provocando escorregamentos. Os desabamentos ou desmoronamentos ocorrem quando, para além da meteorização, a erosão desagrega a base de sustentação do talude.

Praticamente pode ocorrer deslizamento quando a força da gravidade for superior às forças de coesão entre os detritos. A força transversal aumenta e diminui a força de fricção, pelo que o equilíbrio se desfaz e os terrenos iniciam os movimentos.

Muitas vezes os terrenos envolventes das barragens encontram-se muito compartimentados (falhas, diáclases, foliações, etc.). Estas estruturas facilitam a infiltração e percolação da água o que faz com que os terrenos (solos e rochas), se vão alterando e ficando mais pesados e que por via disso se deslocam lentamente comprometendo desta feita as estruturas da barragem provocando eventualmente a sua rotura.

Assim, nota-se que a rotura das grandes barragens prende-se, em grande medida, com as características geológico-geotécnicas e estruturais dos terrenos de fundação.

Ligadas às roturas de barragens estão também as falhas humanas e a má qualidade dos materiais utilizados nas estruturas das mesmas.

As falhas humanas são encaradas como um dos aspetos que pode estar na origem da eventual rotura de uma barragem. A esse respeito pode relacionar-se a má interpretação do geólogo com a falta e/ou deficiência de observações e a monitorização sistemática antes, durante e após a construção da estrutura segundo Carlos Nunes da Costa(2006).

3.3.1 - Exemplo da Rotura de Barragem de Malpasset

A barragem de Malpasset era arco de dupla curvatura com 60 m de altura e 223 m de desenvolvimento do coroamento e localizava-se perto da cidade de Frejús, nos alpes franceses.

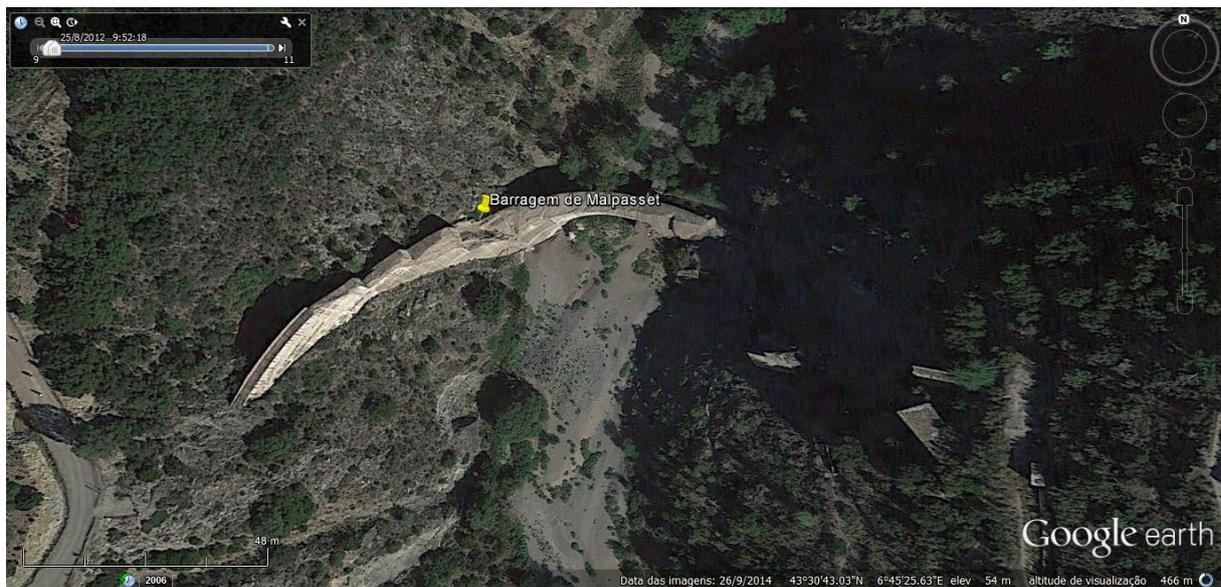


Figura 3.3 – Restos da barragem de Malpasset (imagem do Google earth-14|9|2014).

Os estudos geológicos e hidrológicos consideraram o local adequado para a sua construção, embora com a oposição de alguns consultores. A fundação rochosa parecia ser impermeável.

Fissuras foram observadas na base da barragem, a jusante, mas não foram investigadas. Duas semanas depois da sua identificação, a barragem ruiu matando 500 pessoas. A rotura foi rápida e catastrófica, liberando toda a água da albufeira.

Numerosos estudos foram feitos. A investigação concluiu que:

- Uma falha identificada a jusante da barragem que não tinha sido reconhecida na fase do projeto devido à sua distância à fundação na superfície do terreno.
- A precipitação intensa fez subir muito rapidamente o nível da água armazenada na albufeira mais de 5 m, o que contribuiu também para aumentar a pressão da água sobre a barragem.

– O mecanismo da rotura da barragem foi desencadeado pela combinação desta falha com as superfícies de baixa resistência proporcionadas pela xistosidade, levando ao escorregamento de uma cunha do maciço de fundação eventualmente conjugada com a subida das subpressões na direção da fundação da barragem e o estado de alteração da rocha Carlo Nunes da Costa (2006).

4. A Construção de Barragens

4.1. A Construção de Barragens na China, EUA e Portugal

A maior barragem do mundo é a mundialmente famosa barragem das Três Gargantas (figuras 1.1 e 1.2), foi construída no rio Yang-Tsé, que é o maior rio da China. A sua construção, que teve início em 3 de Dezembro de 1992, foi concluída em 20 de Maio de 2006, cerca de meio ano antes do prazo inicialmente previsto. O investimento ascendeu a 17,9 bilhões de Euros. Tem 2335 metros de desenvolvimento do coroamento e uma altura máxima de 185 metros. A sua construção esteve envolta em polémica devido ao imenso impacto ambiental que iria originar.

É a maior barragem e central hidroelétrica do mundo em potência instalada e energia gerada. A barragem das Três Gargantas tem como funções a prevenção de cheias, a produção de energia elétrica, e a facilitação do transporte fluvial. Por isso, desempenha um papel importante no desenvolvimento socioeconómico da China.



Figura 4.1 - Barragem das Três Gargantas.
<http://www.engenharia e construcao.com>]|maior barragem- do- mundo- barragem



Figura 4.2 – Eclusas na barragem das Três Gargantas.

Até fins de 2004 entraram em funcionamento quatro grupos geradores. Com 26 grupos implantados, a potência total instalada passou a ser de 8200 MW, ultrapassando assim a potência instalada no aproveitamento hidroelétrico de Itaipu, até então a maior central hidroelétrica existente no mundo.

Potência	22500 MW
Altura	181 m
Desenvolvimento do coroamento	2335m
Área inundada	1045 km ²
Localização	Yichang,Hubei
Rio	Yang-Tsé
Construção	1993-2012
Proprietário	Governo da República da China

Quadro 4.1 – Características da barragem das Três Gargantas.

No continente americano, a barragem de Hoover, (Figura 1.3) foi construída entre 1931 e 1936 situa-se no Black Canyon, no rio Colorado, na fronteira entre os estados do Nevada e Arizona, a 48 km a sudeste de Las Vegas, Estados Unidos da América. É uma barragem de betão, do tipo arco gravidade, com uma altura máxima de 379 m, sendo ainda hoje uma das maiores barragens existentes no mundo.



Figura 4.3 - Vista de jusante da barragem de Hoover no rio Colorado (EUA).
 Fonte: Carlos Nunes da Costa. Sit:<http://www.dn.pt/inicio/globo/interior>.

Altura	221,4 m
Espessura	200 m
Volume de betão	$3,33 \times 10^6 \text{ m}^3$
Capacidade da albufeira	$35,5 \text{ km}^3$
Custo da construção	$165 \times 10^6 \text{ dólares}$

Quadro 4.2 – Características da barragem de Hoover (EUA).

A construção da barragem do Belo Monte, na Amazônia (Brasil), uma gigantesca barragem foi motivo de grandes polémicas por causa dos possíveis impactos ambientais. A construção desta barragem, um antigo projeto do governo brasileiro, terminou em 2014. Tem uma potência instalada de 11233 MW e apenas ficará atrás dos aproveitamentos hidroelétricos das Três Gargantas, na China, e de Itaipu situado na fronteira entre o Brasil e Paraguai.

O aproveitamento hidroelétrico de Itaipu situa-se no rio Paraná. A sua construção foi o resultado da primeira parceria entre Brasil e o Paraguai. Continua a ser uma das maiores barragens do mundo. Tem uma potência geradora de cerca de 14 mil MW, 20 grupos instalados e fornece uma parte muito significativa da energia elétrica consumida em ambos os países. A sua construção implicou o consumo de $13 \times 10^6 \text{ m}^3$ de betão e a intervenção de 40 mil operários.



Figura 4.4 - Construção da barragem de Itaipu.



Figura 4.5 - Vista geral da barragem Itaipu.

Sit:<http://www.Engenharia civil.com|maiores-obras-engenharia-civil-brasil>.(22.10.2014)

Em Portugal a história das primeiras barragens aponta a antiga barragem do Lindoso, então uma das barragens de referência em Portugal. Foi considerada, pela Ordem dos Engenheiros, como sendo uma das cem obras de engenharia de referência construídas em Portugal.

A história da barragem do Lindoso remota ainda aos tempos da monarquia, quando Antunes Guimarães e Jesus Palácios Ramiro, apresentaram em 11 de Maio de 1905 o anteprojeto para a exploração hidráulica do sítio de Lindoso.

A barragem de Alqueva, atualmente a barragem com maior capacidade de armazenamento de água existente em Portugal, teve ao longo do projeto e da construção vários episódios. A conclusão das obras ocorreu no início do século XXI.

O enchimento da albufeira da barragem de Alqueva começou em Fevereiro 2002 e a produção de energia elétrica teve o seu início em 2004. Recentemente, o aproveitamento hidroelétrico foi objeto de um reforço de potência que consistiu na construção de uma segunda central hidroelétrica, implantada na margem direita e que duplicou a potência inicialmente instalada. A barragem de Alqueva tem as seguintes características apresentadas no quadro 4.3.



Figura 4.6 - Vista de jusante da barragem de Alqueva (Jesus, 2011).

Altura	96 m
Área da albufeira	250 km ²
Capacidade da albufeira	4150 milhões m ³
Capacidade útil	3150 milhões de m ³

Quadro 4.3 – Caraterísticas da barragem de Alqueva.

Segundo Saraiva, C. (2007), os objetivos da construção desta estrutura prende-se com a constituição de uma reserva de água vital na luta contra a seca e a garantia do abastecimento regular de água às populações, irrigação no sul do país e disponibilidade de 110 000 ha de área de rega, produção de energia elétrica e combate à desertificação física e populacional.

A barragem de Castelo do Bode, que entrou em funcionamento em 1951, uma das maiores barragens existentes em Portugal tem 115 m de altura, 295,00 m de desenvolvimento do coroamento e uma albufeira com a capacidade de armazenamento de 1095 hm³, possibilita a produção de energia elétrica e o abastecimento de água à grande Lisboa.

4.1.1. Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva

4.1.1.1. Escalão de Pedrógão

A jusante da barragem de Alqueva está implantada a barragem de Pedrógão, que é uma barragem em betão compactado com cilindro (BCC). Neste escalão, que está integrado no Aproveitamento de Fins Múltiplos do Alqueva e existe uma central hidroelétrica compreende a construção de um novo circuito hidráulico e uma central equipada com um grupo constituído por turbina do tipo Kaplan e alternador.

Potência	13,34 MW
Queda útil	21 m
Caudal nominal	70 m ³ /s
Número de grupos	1 com turbina Kaplan
Circuito hidráulico	192 m de comprimento e $\phi = 4,40$ m
Conduta de ligação à estação elevatória	(98 m e diâmetro $\phi = 4,0$ m)
Conduta forçada	76 m ϕ Entre 3,85 m e 4,30 m

Quadro 4.4 - Características da central da barragem de Pedrógão.



Figura 4.7 – Barragem de Pedrógão (Pereira, 2011).

4.1.2. Aproveitamento Hidroelétrico do Rio Rabaçal (Bouçoais-Sonim)

O aproveitamento hidroelétrico do rio Rabaçal, afluente do rio Tua e sub- afluente do rio Douro, localiza-se junto às povoações de Bouçoais e Sonim.

O aproveitamento destina-se à produção de energia elétrica, no quadro da legislação em vigor aplicável a produtores independentes com potências instaladas até 10 MW.

O relevo do local das obras é muito acidentado, apresentando vertentes abruptas cavadas nas formações graníticas ocorrentes, e o rio muito encaixado, com um declive médio de 1%, criando boas condições para a implantação do empreendimento.

O empreendimento envolve as seguintes estruturas:

Tipo	Betão, tipo gravidade
Altura	43 m
Comprimento de coroamento	87 m
Volume da barragem	$19,5 \times 10^3 \text{ m}^3$
Capacidade da albufeira	$1,4 \times 10^6 \text{ m}^3$
Caudal de máxima cheia	$1500 \text{ m}^3/\text{s}$
Descarregador de cheias	soleira de lâmina aderente sem comportas

Quadro 4.5 – Características da barragem de Bouçoais-Sonim.

A central localiza-se na margem direita do rio Rabaçal, cerca de 1,3 km a jusante da barragem, permitindo aproveitar os cerca de 28 m de desnível entre os dois locais. Tem as seguintes características principais:

Potência	10 MW
Queda útil	53 m
Caudal nominal	22 m ³ /s
Número de grupos	2 Francis
Caudal equipado	22 m ³ /s
Energia produzida	30 GWh/ano

Quadro 4.6 – Características da central hidroelétrica de Bouçoais-Sonim.



Figura 4.8 - Barragem de Bouçoais-Sonim.

Esta barragem, do tipo gravidade, tem um desenvolvimento do coroamento de 87 m, uma altura máxima da fundação de 43 m, um volume de betão de $9,5 \times 1000 \text{ m}^3$ e uma capacidade de armazenamento de $1365 \times 1000 \text{ m}^3$, localiza-se no rio Rabaçal, nas imediações de Bouçoais-Sonim.

4.1.2.1. Circuito Hidráulico

O circuito hidráulico está instalado entre a albufeira e a central, sendo constituído por um túnel com cerca de 1350 m de comprimento aberto no maciço granítico da margem direita do rio e

por uma conduta forçada com 65 m de desenvolvimento. O diâmetro de escavação do túnel é de 4,20 m, tendo o revestimento de betão, nos troços onde foi necessário, uma espessura de 0,30 m, definindo uma secção hidráulica com 3,60 m de diâmetro interno.

4.2. A Construção de Barragens em Angola e sua Importância

Angola é rica em recursos energéticos, possui um grande potencial em recursos hídricos, mas tem um grande défice em explorar suas reservas. A energia hidroelétrica representa cerca de dois terços da eletricidade angolana. O outro terço corresponde à energia produzida por centrais termoelétricas (geradores a gásóleo), designadamente os que são geridos pelas autoridades provinciais e locais e os geradores particulares.

Angola dispõe de apenas cinco aproveitamentos hidroelétricos de grandes dimensões, para além de outras de menor dimensão. Mas um estudo recente do Banco Mundial afirma que o país poderia construir 150 barragens.

O decreto presidencial nº 256/11, de 29 de setembro de 2011, aprovou a política e estratégia de segurança de energia nacional. Pretende-se uma profunda transformação do setor energético angolano, através do reforço das suas capacidades e das suas infraestruturas. A prioridade do governo é a de colocar em prática integração total dos três sistemas elétricos existentes em Angola (norte, centro e sul) de produção e distribuição de eletricidade existentes no país, assim como a ligação do Uíge ao sistema norte.

A província de Luanda vai continuar a ser a principal beneficiária de energia proveniente de Capanda e Camama, sendo também o principal centro distribuidor com 3,3 GW em 2025.

Angola precisa de se industrializar cada vez mais, e para que as indústrias que foram destruídas ao longo do conflito armado sejam reabilitadas, é preciso que haja energia.

4.2.1. Barragem de Laúca-Kwanza Sul

O aproveitamento hidroelétrico de Laúca situa-se no rio Kwanza, cerca de 47 km a jusante do aproveitamento hidroelétrico de Capanda em exploração, e tem como objetivo principal a produção de energia elétrica.

O aproveitamento é composto por uma barragem de betão compactado com cilindro (BCC), um circuito hidráulico de geração principal subterrâneo (2004 MW), um circuito hidráulico de geração ecológico de pé de barragem (65,5 MW) e central principal subterrânea.



Figura 4.9 - Obras na barragem de Laúca (foto Lucas Leitão, 2015).

Sit:<http://www.google.pt/imgurl=http:cdn2.portlangop.co.ao/angola-pt/files/highlight>

Tipo	Betão compactado com cilindro (BCC), perfil gravidade
Altura	132 m
Comprimento de coroamento	1 075 m
Volume total de betão	2 750 000 m ³
Capacidade da albufeira	5 482 x 106 m ³
Caudal de dimensionamento do descarregador de cheias	10 020 m ³ /s
Descarregador de cheias	Soleira, com 3 comportas tipo segmento com 15 m de largura
Descarga de fundo	Conduto de secção retangular com 6,8 m de largura e altura variável, com 117,8 m de comprimento, totalmente blindada (800 m ³ /s)

Quadro 4.7 – Caraterísticas da barragem de Laúca.

4.2.1.1. Circuito Hidráulico de Geração Principal

Subterrâneo, formado no essencial por 6 tomadas de água, 6 poços circulares com 7,0 m de diâmetro interno e 110 m a 115 m de altura e por 6 galerias de adução com dimensões internas 9,0 x 12,2 m e comprimento médio de 1900 m cada, com inclinação de 4%.

4.2.1.2. Central Principal de Laúca

Alimentada pelo rio Kwanza, no município de Cambambe, província do Kwanza Sul, a obra que foi orçada em 370 milhões de dólares, vai produzir 2067 MWh, permitirá o aumento do potencial energético e da indústria nacional, segundo o vice presidente da república Manuel Vicente, “o que vai nos permitir cobrir o défice e quiçá, ultrapassar as necessidades que atualmente ainda temos”.

Subterrânea	21 m de largura e 273 m de comprimento
Escavação subterrânea	302000 m ³
Potência	6 x 334 MW = 2004 MW
Queda útil	200 m
Caudal nominal	182 m ³ /s
Número de grupos	6 com turbina Francis de eixo vertical com válvula cilíndrica no distribuidor
Energia produzida	8 640 GWh/ano

Quadro 4.8 - Central principal de Laúca.

4.2.1 3. Central Auxiliar de Laúca

- A céu aberto, no pé da barragem de BCC
- Escavação a céu aberto: 6 200 m³
- Potência: 65,5 MW
- Queda útil: 128 m
- Caudal nominal: 60 m³/s
- Número de grupos: 1 com turbina Francis de eixo vertical

Em construção no médio Kwanza, a 282 quilómetros da capital do país (Luanda), sob coordenação do Gabinete de Aproveitamento do Médio Kwanza (GAMEK), a futura barragem de Laúca inserida num projeto de grande investimento do governo de Angola prevê ser concluída em 2018.

Após a conclusão do aludido projeto, o Cuanza Norte passará a albergar o maior complexo hidroelétrico de Angola que contará com uma capacidade de produção de 2.070 MWh de energia elétrica, superando as barragens de Capanda com 520 MWh e Cambambe que contará com uma capacidade de produção de 960 MWh.

Dados do Gamek indicam que o complexo hidroelétrico de Laúca deverá contar com duas centrais, sendo a primeira constituída por seis unidades geradoras que vão produzir um total de 2.004 MWh de energia elétrica, correspondente a 334 MWh/cada, enquanto a segunda vai abarcar a construção de uma central ecológica com capacidade de 65 MWh.

Após a conclusão da barragem de Laúca, prevista para 2018, o complexo hidroelétrico construído com a técnica de betão compactado com cilindro, terá 132 metros de altura, 1.100 metros de desenvolvimento do coroamento e uma albufeira com 188 quilómetros quadrados de diâmetros e queda bruta de água 130,95 metros.

.O aproveitamento hidroelétrico de Laúca deverá contar ainda com uma central ecológica, no quadro de um projeto destinado à preservação das espécies aquáticas que passará por manter um caudal mínimo no leito do rio a ser desviado no quadro da execução das obras.

Os dados do projeto avançam igualmente que, no âmbito da criação das seis unidades geradoras de eletricidade, foram abertos igual número de túneis forçados, com 11.557 metros/cada, cujas comportas vão expelir um volume de água na ordem dos 10.020 m³/seg.

Coordenada pelo Gabinete de Aproveitamento do Médio Kwanza (GAMEK), a construção da barragem de Laúca, iniciada em Junho de 2012, está a cargo da empresa brasileira Odebrecht, envolvendo um universo de mais de dois mil operários.

É a segunda maior central hidroelétrica do país, poderá absorver uma força humana na ordem de 5.000 almas das quais 1.500 para o desvio do rio e 3.500 empregos diretos. Será erguida num maciço por blocos de rochas compactadas.

4.2.2. A Barragem de Capanda

Localizada na bacia do rio Kwanza, na província de Malanje ao Norte de Angola. Possui capacidade total de geração de energia elétrica de 20 MW.

O projeto teve o seu início em setembro de 1982, quando foi criado um consórcio formado pelas empresas Technopromexport, da Rússia, e Odebrecht do Brasil que assinaram contrato com o governo angolano.

As obras tiveram início em Fevereiro de 1982. Em 1992 houve uma primeira paralisação, decorrente do agravamento da situação militar na região, tendo as obras ficado paralisadas durante cerca de cinco anos.

As obras recomeçaram em julho de 1997, mas voltaram a ser suspensas em janeiro de 1999 e reiniciadas, de novo, em 2000 com o enchimento da albufeira, que ocupa uma área de 165 km².

Em 10 de janeiro de 2004, 17 anos depois, a barragem começou a fornecer energia elétrica a Luanda.



Figura 4.10 – Barragem de Capanda (Novo Jornal, 2015).

Atualmente produz 260 MWh de energia elétrica, que alimenta as cidades de Luanda e Malanje, além da sede municipal de Cacusó.

Quando ficarem concluídas as quatro unidades geradoras previstas no projeto, a produção de energia deverá atingir 520 MWh, que permitirão um esforço dos sistemas existentes no centro e sul do país, com o qual este aproveitamento hidroelétrico estará inter ligado. Concluída, permite abastecer energia a cinco províncias de Angola, a saber Malange, Luanda, Bengo, Cuanzas Norte e Sul.

4.2.3. A Barragem de Camacupa-Bié

A barragem de Camacupa está a ser reabilitada. Quando os trabalhos estiverem concluídos poderá produzir 1,8 MWh irá possibilitar fornecer energia elétrica também ao município de Catabola num total de 55 mil ligações domésticas. A conclusão das obras e a entrada em funcionamento está prevista para o ano de 2015 segundo informações fornecidas por Abel Paulo, Diretor de Energia e Águas do Bié em 2014..

Existem outras soluções de pequenos aproveitamentos das quedas do Cuemba, do rio Lembia, Cuito Cutato no município do Andulo, que são ações isoladas que no seu conjunto poderão garantir a matriz energética da província. Junta-se a estes projetos a construção de mini-

hídricas nos municípios do Cuemba e Andulo segundo o programa do governo, 2mil milhões de kwanzas são o valor estimado a ser gasto na reabilitação da barragem.

4.2.4. A Barragem do Lomaum-Benguela

Vai aumentar o potencial energético de Benguela. Neste momento está-se envidar esforços para a melhoria de abastecimento de energia elétrica com a realização de obras na rede de distribuição. A Empresa Nacional de Eletricidade (E.N.E) conta com mais de 85 mil clientes, distribuídos pelos municípios de Benguela, Lobito, Catumbela e Baia Farta.

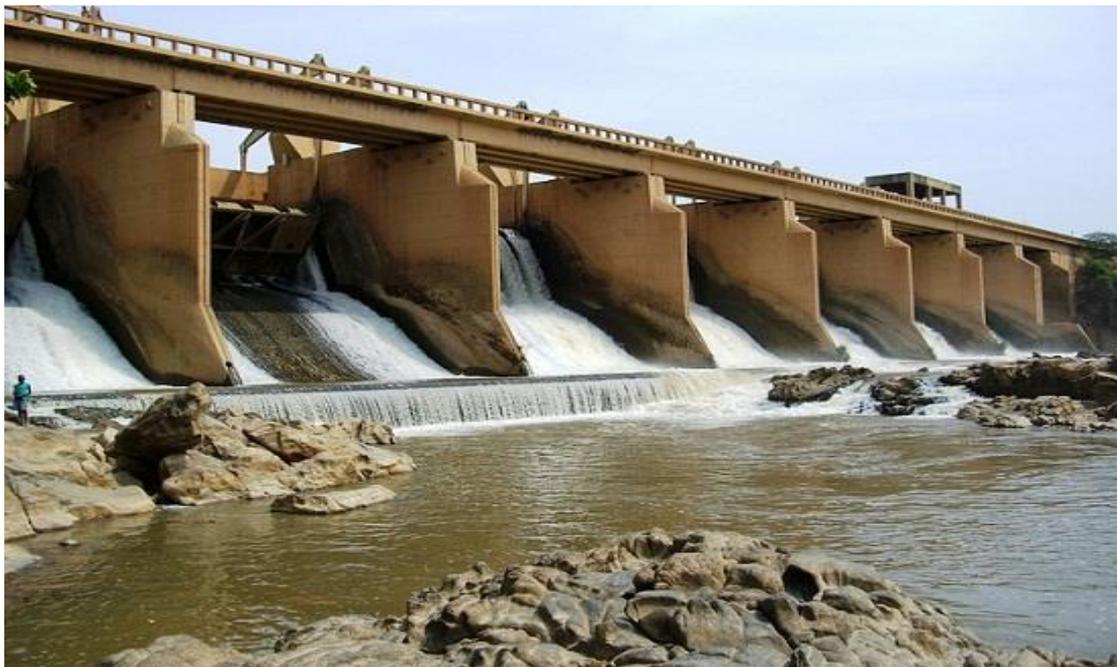


Figura 4.11- Barragem de Lomaum-Biópio (Benguela).
Sit:<http://www.angolabelazelo.com2012|imagens-do-biopro>

4.2.5. A Barragem do Gove-Huambo

A barragem do Gove que está implantada no rio Cunene, localiza-se a 119 km da cidade de Cahala.

Na sequência da deterioração que sofreu, foi objeto de trabalhos de reabilitação que tiveram o seu início em meados de 2001. A central associada à barragem está equipada com 3 turbinas com uma potência de 20 MW cada que estão a beneficiar mais de 30 mil consumidores, custou 279 milhões de dólares. As obras estiveram a cargo do grupo brasileiro Odebrech. A energia elétrica produzida permite o abastecimento da cidade de Huambo, capital da província, e da cidade do Cuíto na província do Bié.



Figura 4.12 - Barragem do Gove.

<http://www.macauhub.com.mo/barragem-hidroelectrica-de-gove-inaugurado>

A barragem do Gove tem um perfil de aterro homogéneo, com um pé em enrocamento. É uma barragem de terra com uma altura de 58 m e o desenvolvimento de coroamento de 1112 m. O volume total de aterro é de $4 \times 10^6 \text{ m}^3$.

4.2.5.1. Central Hidroelétrica

Destina-se à produção de energia elétrica que, a curto prazo, irá servir a cidade do Huambo. Tem uma potência instalada de 60 MW e produz, em ano médio, cerca de 150 GWh.

Em meados de 2014 iniciou-se o processo conducente ao abastecimento de eletricidade a partir do aproveitamento hidroelétrico do Gove. Na primeira fase são beneficiadas as sedes municipais do Bailundo, Lundy Bali, Chicala Choloanga, Alto Ama, Cachiungo e do Cuima. A barragem tem servido aos camponeses e pescadores da região que aproveitam, para a pesca fluvial e para a irrigação dos campos de cultivo. O desporto náutico é também uma referência nas águas do Gove e há quem a visita para fazer o turismo e disfrutar o melhor do Gove.

4.2.6. Aproveitamento de Jamba-la-Oma

O aproveitamento de Jamba-la-Oma fica situado no rio Cunene, a uma distância de 50 km a jusante do Gove e de 110 km a sul da cidade de Huambo.

Este aproveitamento de fins múltiplos tem como principais objetivos a regularização de caudais a jusante no rio Cunene e a produção de energia numa central hidroelétrica que integra o aproveitamento.

A energia produzida neste aproveitamento destina-se ao abastecimento da cidade de Huambo e posterior ligação à rede elétrica nacional, estando prevista a exploração conjunta da central de Jamba-la-Oma com as centrais de Jamba-la-Mina (em projeto) e de Gove.

Os estudos realizados pela COBA compreenderam a elaboração do estudo de viabilidade, do projeto base, do estudo de impacto ambiental e dos documentos para concurso.

O aproveitamento integra as seguintes infraestruturas:

Barragem mista, com corpo central em betão com perfil de gravidade e encontros em aterro de terra:

Altura máxima da zona de betão	47 m
Altura máxima das zonas de aterro	24 m
Comprimento total	2800 m
Capacidade da albufeira	1100 hm ³
Descarregador de cheias	integrado no corpo de betão da barragem; Q _{máx} = 4000 m ³ /s
Descarga de fundo	Q _{máx} = 194 m ³ /s (2 x 97 m ³ /s).

Quadro 4.9 – Características da barragem de Jamba-la-Oma.

4.2.6.1. Circuito Hidráulico

O circuito hidráulico da central está dimensionado para 225 m³/s (3 x 75 m³/s) e é constituído por:

- 3 Tomadas de água independentes, inseridas no corpo de betão da barragem;
- 3 Conduitas forçadas, com 4,15 m de diâmetro e 80 m de comprimento;
- Canal de restituição, com 430 m de comprimento e largura variável entre 40 e 100 m.

4.2.6.2. Central

- Potência ----- 78,75 MW
- Caudal nominal----- 225 m³/s
- Queda útil----- 38,8 m
- 3 Turbinas Francis de eixo vertical

- Subestação de 220 kV

Central de pé de barragem, totalmente enterrada com acesso pela cobertura, com dimensões em planta de 78,5 m x 27,1 m e altura máxima de 34 m.

A produção anual média é estimada em 156 GWh/ano.

4.2.7. Aproveitamento Hidroelétrico de Jamba-la-Mina

O aproveitamento de Jamba-la-Mina situa-se no Rio Cunene, a jusante da confluência com o rio Cuando e a uma distância em linha reta de cerca de 160 km a sul da cidade do Huambo, na província do Huambo. Fica localizada cerca de 110 km a jusante do aproveitamento do Gove e a 60 km a montante do aproveitamento da Matala, ambos existentes, ficando cerca de 60 km a jusante do aproveitamento planeado de Jamba-la-Oma.

Tipo	Mista, com corpo central em betão com perfil gravidade e encontros em aterro de terra na margem direita
Altura máxima da zona de betão	38,5 m
Altura máxima da zona de aterro	24,5 m
Comprimento total	1470 m
Capacidade da albufeira	522 hm ³
Descarregador de cheias	Q _{máx} = 7000 m ³ /s
Descarga de fundo	Q _{máx} = 204 m ³ /s (2 x 102 m ³ /s)

Quadro 4.10 - Características da barragem de Jama-la-Mina

4.2.7.1. Circuito Hidráulico

O circuito hidráulico da central está dimensionado para 300 m³/s (3 x 100 m³/s) e é constituído por:

- 3 Tomadas de água independentes, inseridas no corpo de betão da barragem;
- 3 Galerias de adução (Ø 5,00 m; extensão: 180 m);
- Restituição no Rio Guengue (afluente do Cunene).

4.2.7.2. Central

- Tipo: em caverna, com dimensões em planta de 96,1 m x 23,4 m e altura máxima de 34 m. O edifício de comando fica situado à superfície, com ligação à central por meio de um poço vertical.
- Potência: 205 MW
- Queda útil: 82,7 m
- Caudal nominal: 300 m³/s
- Número de grupos: 3 turbinas Francis de eixo vertical
- Energia produzida: 535 GWh/ano

4.2.8. A Barragem da Matala-Huila

As obras de reestruturação da barragem da Matala registaram um avanço significativo em 2014. A obra que foi adjudicada por 249 milhões de dólares, está a cargo da empresa Canadiana Lovalin. A central tem uma potência instalada de 40 MW.

As obras de reabilitação que tiveram o início em 2011 foram concluídas em 2015.



Figura 4.13 – Barragem da Matala-Huila.

Sit: <http://www.kunene.org|pt|gestão|water+use+and+allocation,aspx>

4.2.9. A Barragem de Ruacaná-Cunene

Localizada ao longo da fronteira entre Angola e a Namíbia na província do Cunene, município do Curoca, erguida na década 70 da era colonial pelos sul-africanos na sequência de um acordo com o governo português está a beneficiar, de momento, a parte norte da Namíbia e

em pouca escala os municípios de Namacunde, Curoca, Ombandja e Cuanhama no Cunene na parte angolana.

Está implantada no rio Cunene e é o maior centro eletroprodutor da Namíbia. Tem uma potência instalada de 250 MW.



Figura 4.14 - Barragem de Ruacanã.
Sit: <http://www.angolabelazebelo.com> [2012]

4.2.10. A Barragem das Neves

A barragem das Neves situa-se a 8 km do município sede da Humpata a uma altitude de 1974 m. Tem uma capacidade de armazenamento de 6,4 milhões de metros cúbicos de água. A barragem das Neves foi construída em 1965 pelos portugueses.

A barragem tem um coroamento com 441 metros de comprimento e uma altura máxima a partir da fundação de aproximadamente 14 metros.



Figura 4.15 - Barragem das Neves- (Huila 2015).
Fonte-própria



Figura 4.16 – Fissura na barragem das Neves- (Huila 2015).
Fonte-própria

A barragem das Neves apresenta-se bastante degradada, sendo urgente a intervenção dos governantes para a sua rápida reabilitação ou demolição, visto que os materiais estão bastante fragmentados, o que pode comprometer e por em risco toda a população a jusante, assim como a barragem das Gandjelas.

5. Caracterização da Área em Estudo

5.1. Geomorfologia

De um modo geral, as áreas emersas do território angolano compreendem dez unidades geomorfológicas com características específicas, as quais integram o denominado Relevo do Maciço Continental, dividido em Angola Oriental, onde predominam os processos de acumulação na formação do relevo, e em Angola Ocidental, onde predominam os processos de denudação com fenômenos de erosão atual.

Na parte sul de Angola Ocidental, as morfologias positivas encontram-se associadas às rochas do Escudo de Angola enquanto que as negativas se associam à depressão Peri oceânica. O Planalto Central com largura variando de 200 e 400 km, engloba a zona de relevo em escadaria, tendo sido formado sobre as rochas do arcaico e do Proterozoico Inferior, chegando a atingir cotas altimétricas da ordem de 2.300 m no “plateau” de Humpata, que constitui um prolongamento daquele planalto para o sul. A oeste, o planalto é limitado pela Grande Escarpa, que delimita a bacia sedimentar meso-cenozoica de origem marinha, e pela zona das planícies de inundação sobre a forma de degraus, descendo no sentido da planície costeira.

A área em estudo do projeto da barragem das Ganjelas situa-se no planalto antigo, apresentando altitudes que variam de 1.430 m a 1.530 m, pequenas montanhas rochosas vulcânicas de formas arredondadas, vales abruptos e corresponde as linhas de fraturas.

5.2. Enquadramento Climatológico

O território angolano tem grande diversidade climática, contempla, segundo o índice hídrico, uma vasta gama de tipos climáticos, variando desde o clima árido, seco e desértico, até muito húmido tropical chuvoso.

O município da Chibia enquadra-se na região tropical de clima quente, na zona semiárida da região sul da Huila com uma temperatura media anual superior a 20° C, onde o comportamento dos seus elementos climáticos são influenciados pelas calmarias que se fazem sentir ao longo dos trópicos.

Possui duas estações climáticas onde a época fresca coincide com grande parte da estação seca estende-se de maio a agosto, sendo o junho e julho os meses mais frios do ano, com consideradas oscilações podendo a temperatura mínima atingir menos 1,4° C e a máxima 31° C.

A região do projeto Gandjelas enquadra-se numa faixa caracterizada por um clima Mesotérmico húmido. Segundo a classificação de Koppen, a área pode ser enquadrada como sendo de transição entre os climas Cwb-clima temperado com inverno seco e verão quente, Cwd-clima mesotérmico, de inverno seco, Bsh seco de estepe.

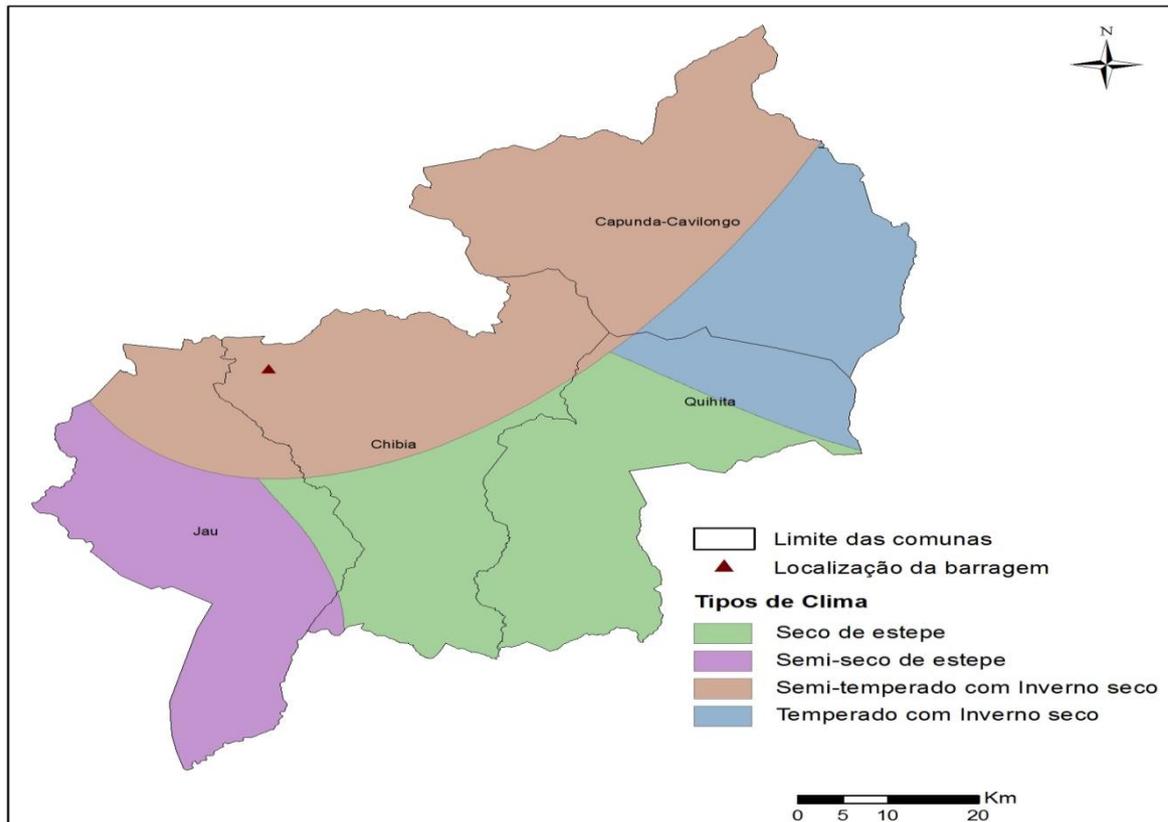


Figura 5.1 - Mapa climático (SINFIC-Huila, 2014).

5.2.1. Temperatura.

O município da Chibia apresenta uma temperatura média anual de 21° C.

A temperatura média anual ao longo da área de estudo também situa-se em torno de 21° C.

As temperaturas máximas médias anuais situam-se na faixa entre 23,6° C e 28,3° C, enquanto as mínimas médias variam de 8,1° C a 14,2° C.

A época quente se dá entre setembro e abril sendo outubro o mês quente com média de 21,1° C.

A época fresca ocorre entre maio e agosto sendo Junho o mês mais frio com média de 15,9° C.

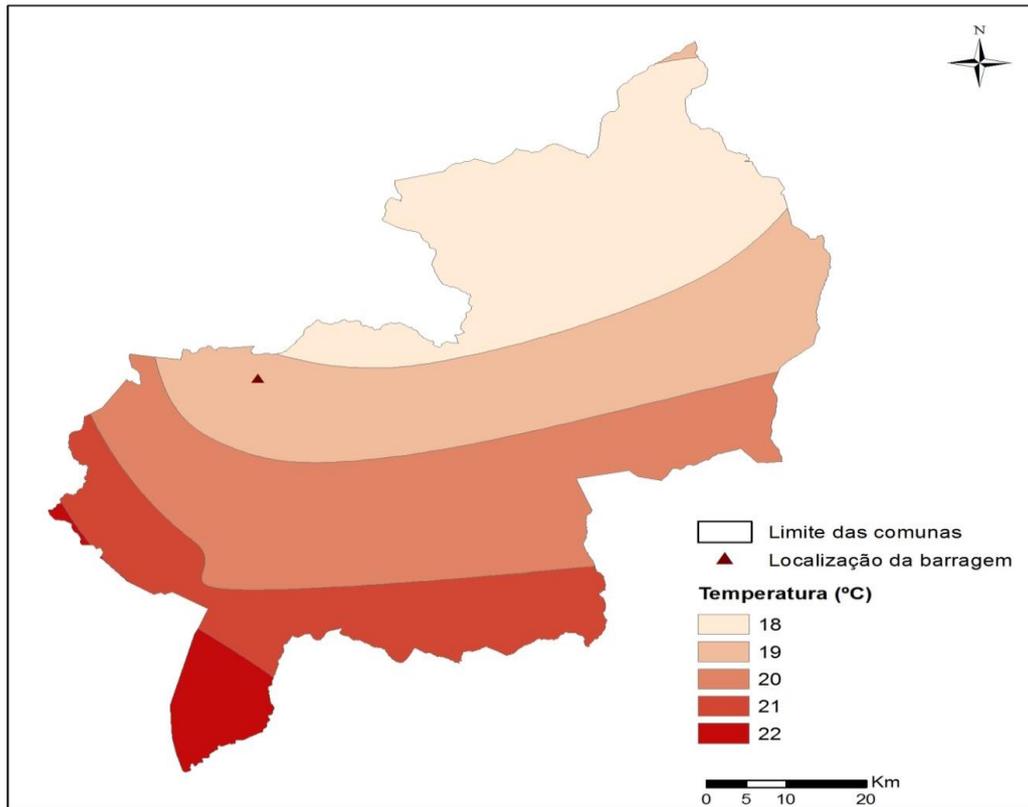


Figura 5.2 -- Mapa de temperatura (SINFIC-Huila, 2014).

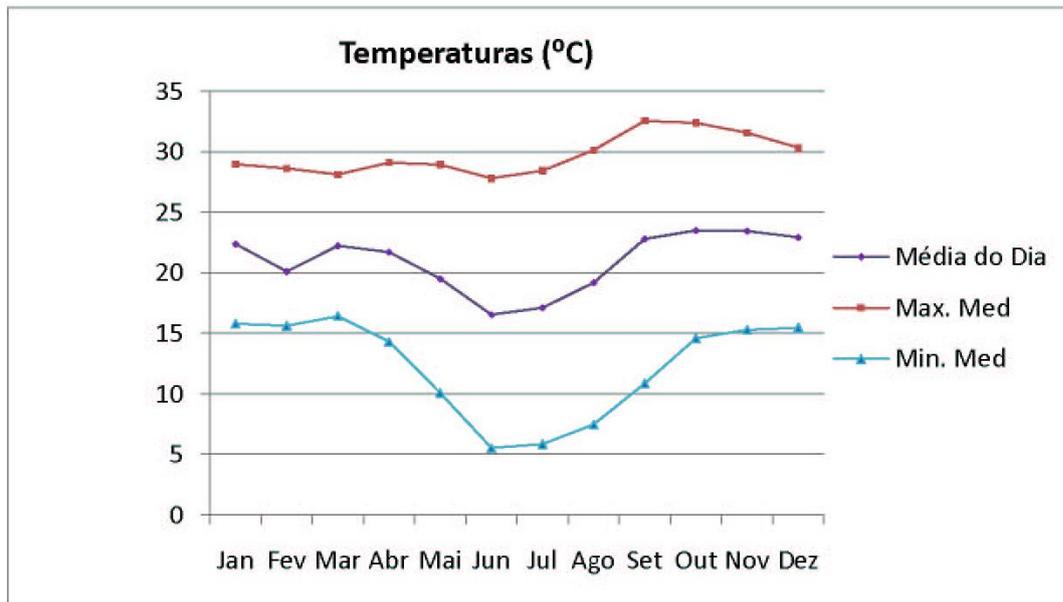


Figura 5.3 - Gráfico de variações de temperaturas (SINFIC-Huila, 2014).

5.2.2. Evaporação

Segundo os dados da estação climatológica da missão católica da Quihita-Chibia 1953 a 1974 em relação a média da evaporação total e mensal.

A evaporação para a Chibia apresenta um valor médio mensal de 147,8 mm com um comportamento inverso ao da precipitação, ou seja, os valores mostram um ascendente durante o período mais seco, de maio a outubro, atingindo o máximo no mês de Setembro com 205,7 mm período de transição entre a estação a estação chuvosa e com máxima de temperaturas elevadas. Já os valores mínimos registam-se em março (85,2 mm) com os maiores quantitativos pluviométricos.

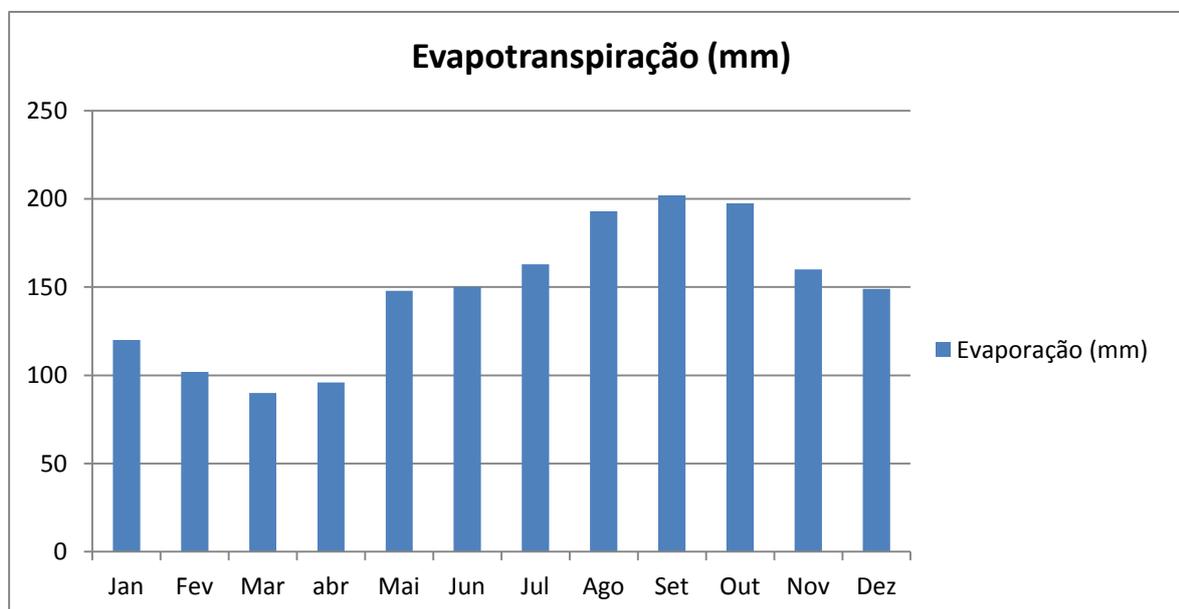


Figura 5.4 - Evapotranspiração média mensal na Chibia (1953/1974) (SINFIC Huila - Organizações Hitombwa, 2014).

5.2.3. Humidade Relativa

A humidade relativa média na área do projeto varia entre 55% e 60%.

5.2.4. Precipitação

A área objeto de estudo localiza-se numa região onde as precipitações médias anuais se situam entre 800 mm e 1000 mm, com ocorrências de dias chuvosos que podem oscilar entre 61 e 100 dias por ano.

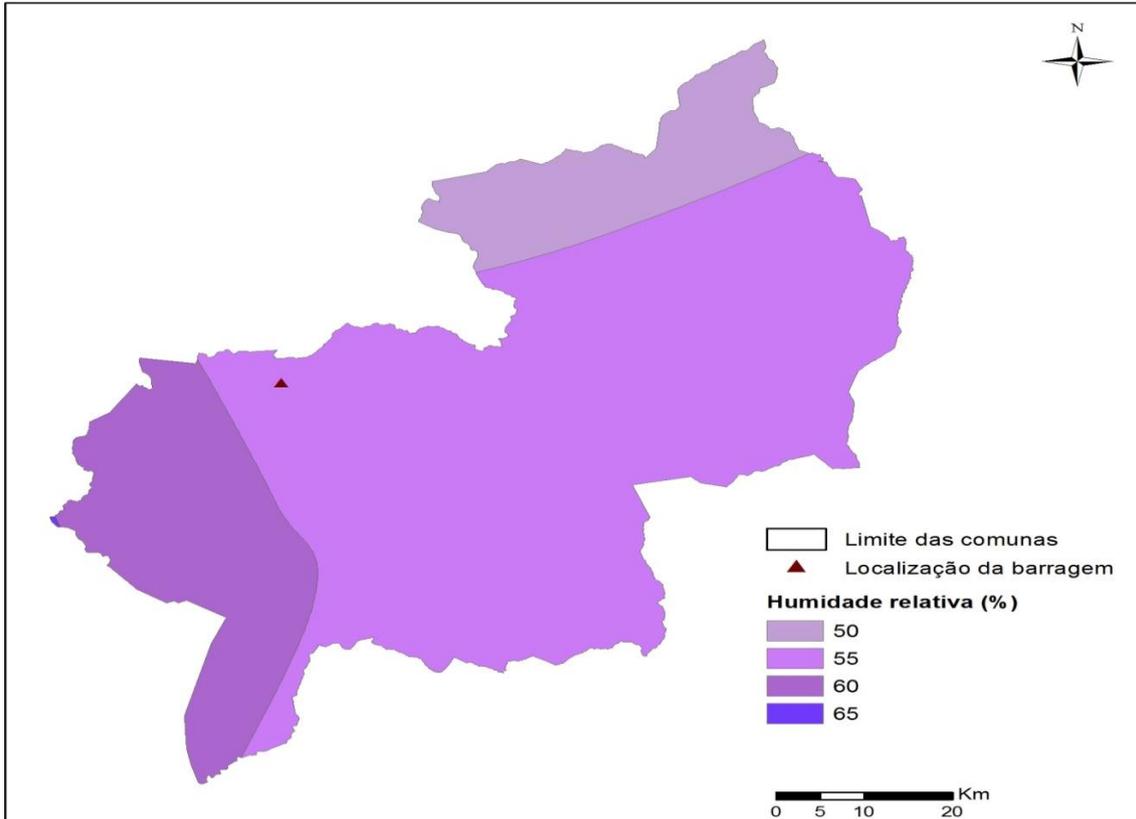


Figura 5.5 - Mapa da humidade relativa (SINFIC-Huila, 2014).

O período de chuvas ocorre nos meses de novembro e março. No período chuvoso, o mês de maior precipitação é o de março, enquanto no período seco, o mês de julho apresenta precipitação média nula.

O gráfico apresentado na figura 5.7 permite compreender a comparação ao redor da área em estudo da estação meteorológica da comuna da Quihita-Chibia (1953-1974) em relação a distribuição da precipitação, que tem um valor anual situado a 734 mm. Os meses mais pluviosos coincidem com os meses em que as amplitudes térmicas são menores.

Os valores máximos registam-se em fevereiro e março com 140,8 e 182 mm respectivamente. De acordo com Diniz (1998), ocorrem 61-100 dias de precipitação por ano em correspondência com análise do gráfico e o mapa de precipitação da província da Huila (81 dias de chuva).

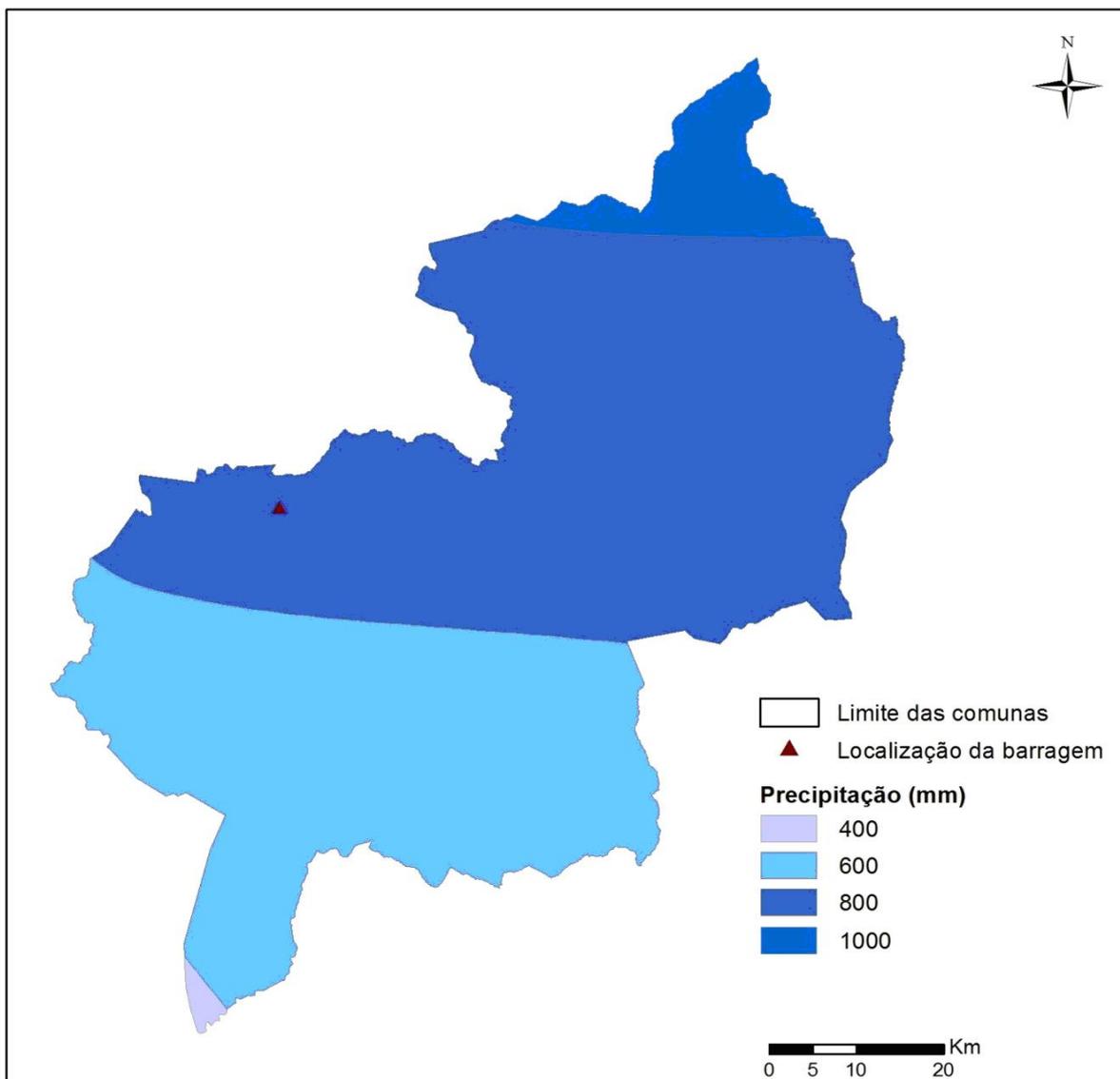


Figura 5.6 – Precipitação (SINFIC-Huila, 2014).

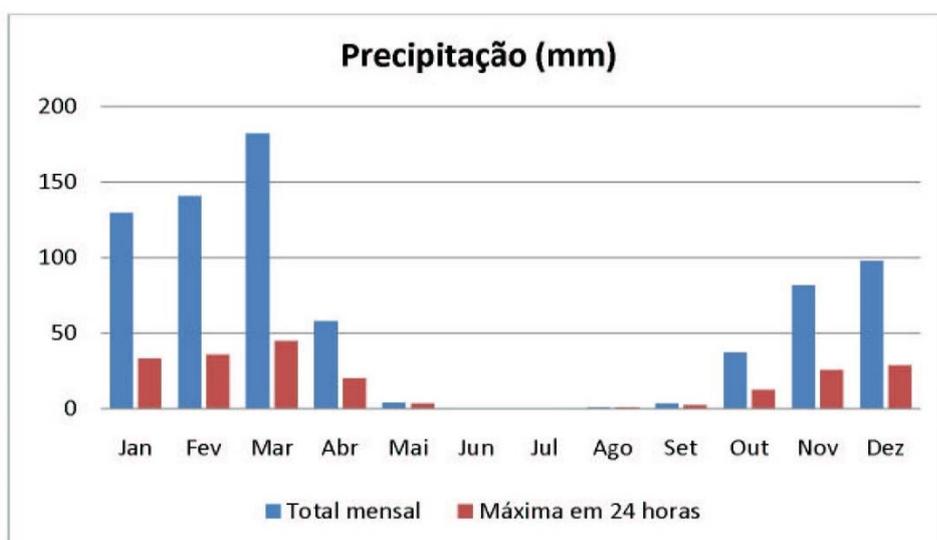


Figura 5.7 - Gráfico de precipitação mensal (SINFIC-Huila Organizações Hitombwa, 2014).

5.2.5. Hidrografia

O rio Tchimpunpunyime enquadra-se na bacia hidrografica do rio Cunene sendo um afluente do Caculuvar, nasce nas terras altas da Chela, concretamente na localidade dos Bimbeshumpata, desce em direcção ao sul num percurso de mais de 30 km, no municipio da Chibia e ultrapassa até atingir o rio Cunene.

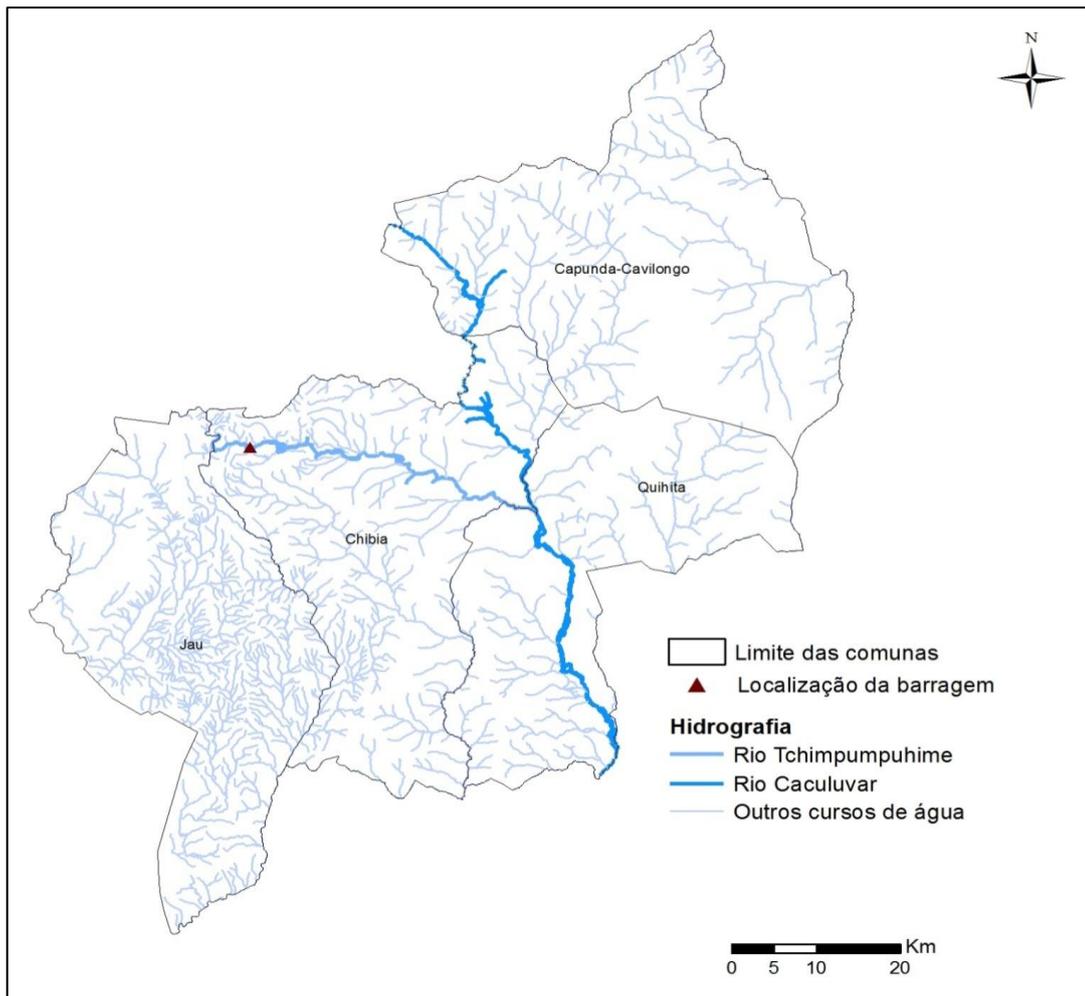


Figura 5.8 - Rio Tchimpunpunyime- (SINFIC Huila 2014).

6. Situação de Referência

6.1. Introdução

A construção da barragem das Gandjelas, que teve o seu início em 1974, foi uma iniciativa do então Governo Provisório da República Portuguesa, foi adjudicada à empresa Construções Técnicas pela quantia de 39.500.000 escudos.

Os estudos e outros documentos de índole geológico-geotécnica relativos aos trabalhos desenvolvidos para a elaboração do projeto da barragem das Gandjelas podem ser agrupados em três relatórios que estão guardados na Biblioteca de Engenharia de Angola. Os três relatórios encontram-se listados da seguinte forma:



Figura 6.1 - Imagem do Google Earth da barragem das Gandjelas (14.10.2014).

- Investigações geológicas e geotécnicas, tomada de águas subterrâneas, consolidação de solo (injeções), fundação de todo tipo, barragens, túneis, pontes (1975);
- Estrutura geológica e características geotécnicas da rocha de fundação da barragem Gandjelas (1971);
- Ajuda do Laboratório Engenharia de Angola no estudo geológico do local de construção da barragem das Gandjelas (1971), descrita na terceira parte do relatório.



Figura 6.2 - Barragem das Gandjelas antes da sua reabilitação.

Sit:<http://www.angolabelezebelo.com|2011|02, barragem- das- gangelas>

6.2. Características da Barragem das Gandjelas.

A barragem das Gandjelas (betão do tipo gravidade) situa-se na província da Huila e tem uma altura máxima 30,00 m, um comprimento do coroamento de 113,00 m e uma capacidade máxima de armazenamento de água na albufeira de $3.5 \times 10^6 \text{ m}^3$. A inclinação do paramento de montante da barragem é variável, sendo vertical acima da cota 1534,50 m e de 1:0,15 para cotas inferiores a 1534,50 m. O paramento da barragem tem uma inclinação de 1:0,70. O descarregador de cheias, não controlado, possui 3 segmentos cada um com um vão de 10 m foi dimensionado para cheias com um caudal máximo de $274 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 6.3 - Barragem concluída. Fonte própria (2015).

Localização	
Província	Huíla
Local	Ganjelas-Chibia. 15°11'5" S 13°37'9" E
Bacia hidrográfica	Cunene
Linha de água	Rio Chimpumpuhime
utilização	Mista (Abastecimento de água, rega, energia eléctrica)
Caraterísticas da Barragem	
Tipo	Betão gravidade
Altura acima da fundação	34 m
Altura acima do terreno natural	30 m
Cota do coroamento	1545.00 m
Comprimento do coroamento	113.00 m
Fundação	Direta em sapatas reforçadas com ancoragens
Descarga de Fundo	
Promotor	Ministério da Agricultura de Angola
Construtor	Vários – Sinohydro último na barragem Ossi Yeto-Mitrelli -Mini hidroelétrica
Ano de conclusão	2007 – Barragem 2014 – Mini hidroelétrica
Caraterísticas da Albufeira	
Área inundada ao NPA	1525ha
Capacidade total	$3.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Capacidade útil	$2.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Cota do NPA	1545.00m
Cota do NME(Nível Mínimo de exploração)- Rega	1525.43m
Descarregador de Cheias	
Localização	Central ao corpo da barragem
Tipo de controlo	Superfície livre
Tipo de descarregador	Soleira Creager
Caudal máximo descarregado	274 m ³ /s
Dissipação de energia	Tanque rectangular – H=1.50m
Central Hidroelétrica	
Tipo de central	Pé de barragem semienterrada
Nº de grupo	2
Tipo de grupos	Francis de eixo horizontal
Potência instalada	1,200 MW (0.400+0.800)

Quadro.6.1 – Caraterísticas da barragem (Fonte:Ossiyeto-Cedido por Manuel Rodrigues, 2014).



Figura 6.4 - Bacia de dissipação.(Fonte-própria 2015)

6.3. Geologia do Local

O Laboratório de Engenharia de Angola (LEA) elaborou um esboço geológico da região de implantação da barragem. Ao longo do rio Chimpumpunhime e na zona da barragem das Gandgelas apareceram várias falhas com orientação NS, a saber F-3, F-4, F-5, F -6, F-7, F-8, F-9, F-10 e F-12 e outras EW, a saber F-1, F-2 e F-11. A estabilidade da barragem foi condicionada pelas falhas F-1 e F-2, uma vez que o ponto de intersecção das falhas F-1 e F-2 se localiza na sua área de implantação.

6.4. Litologia

Em geral, a zona da fundação da barragem que é do tipo gravidade é composta de lavas, riolitos e pórfiros.

Os estudos geológico-geotécnicos desenvolvidos englobaram, entre outros, a realização de sondagens de furação à rotação com recuperação dos testemunhos e ensaios de absorção de água do tipo Lugeon. Para o efeito foram executadas as sondagens SI1 e SI2 na margem direita e SI3 e SI4 na margem esquerda.

De uma forma esquemática, a análise das sondagens permite afirmar que:

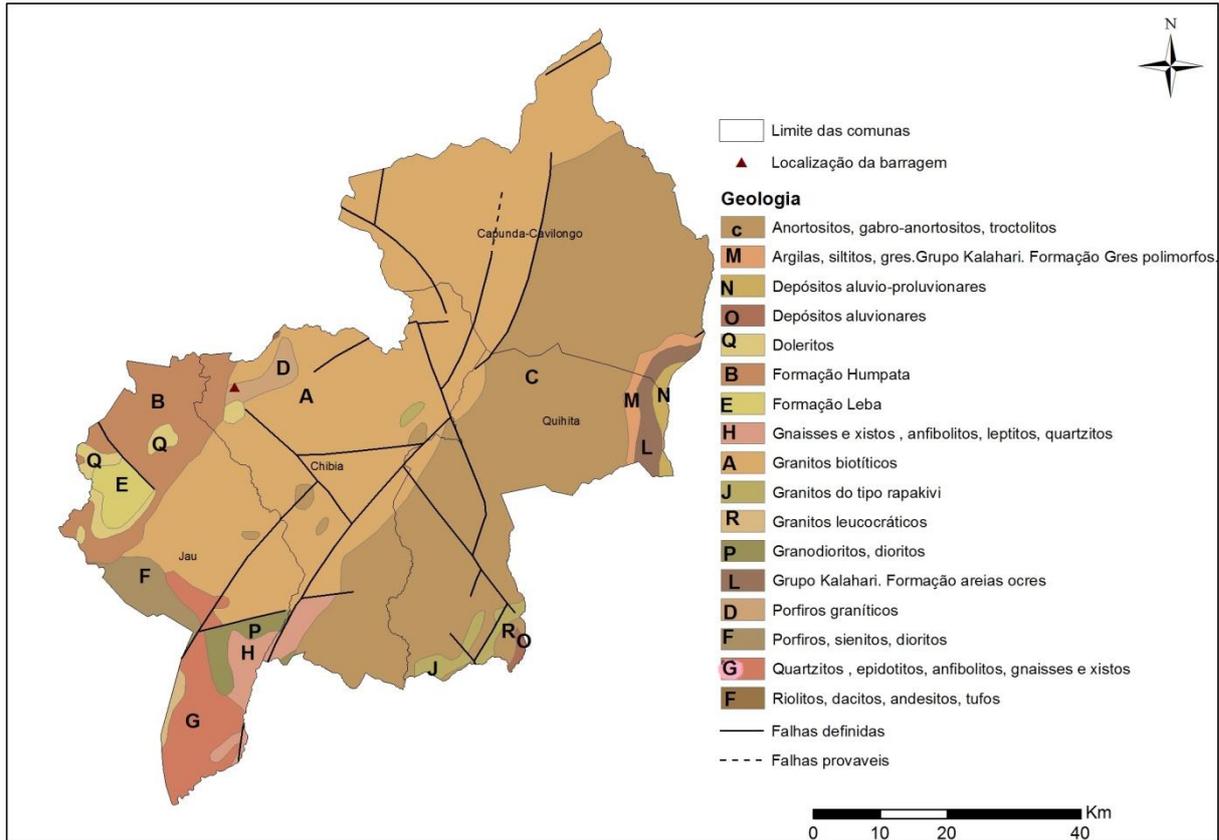


Figura 6.5 – Carta geológica do município da Chibia (SINFIC, 2014).



Figura 6.6 - Compartimentação na margem esquerda (Fonte: Sinohidro - cedido por Manuel Rodrigues, 2014).



Figura 6.7 - Compartimentação na margem direita (Fonte: Sinohidro - cedido por Manuel Rodrigues, 2014).



Figura 6.8 – Diaclasamento no maciço rochoso (Fonte própria 2015)

6.4.1. Sondagem SI1

a) Foram encontrados, a uma profundidade de 0,00 m a 1,00 m depósitos de efluentes, formação de argila e material argiloso de cor vermelha clara com uma fração $\leq 2\mu$, composta de ilite e caulinite, bem como fragmentos de riolitos.

- b) Foi encontrado, a uma profundidade de 1,00 m a 3,50 m, riolitos muito fraturados, indicando a presença de falha.
- c) Foram encontrados, a uma profundidade de 3,50 m a 14,60 m, complexos vulcânicos (lava de andesito vulcânico e riolito) com predominância de riolitos.
- d) Foram encontrados, a uma profundidade de 14,60 m a 24,78 m, complexos vulcânicos (riolitos e tufos vulcânicos silicificados) com predominância de riolitos.
- c) Foram encontrados, a uma profundidade de 24,78 m a 35,45 m, complexos vulcânicos (lava de andesito vulcânico, riolito e pórfiro) com predominância de riolitos e pórfiro.

6.4.2. Sondagem SI2

- a) A uma profundidade de 0,00 m a 4,00 m - repleto de lama: mais areia ou menos lama com uma mistura cinzenta escura com depósitos da inclinação.
- b) Foram encontrados, a uma profundidade de 4,00 m a 19,05 m, um tipo de pórfiro na estrutura rochosa com granito calco-alcálico e um metamorfismo da argila com cristais secos.
- c) Foi encontrado, a uma profundidade de 19,05 m a 21,05 m, um complexo vulcânico composto principalmente de riolitos.
- d) Foi encontrada, a uma profundidade de 21,05 m a 26,77 m, uma rocha complexa composta principalmente de tufos vulcânicos silicificados.
- e) Foram encontrados, a uma profundidade de 26,77 m a 32,43 m, riolitos e tufos vulcânicos silicificados, com predominância de riolitos.
- f) A uma profundidade de 32,43 m a 35,65 m, o principal complexo vulcânico é composto de tufos vulcânicos silicificados.

6.4.3. Sondagem SI3

- a) A uma profundidade de 0,00 m a 3,00 m, repleto de lama: mais areia ou menos lama com uma mistura cinzenta escura com depósitos da inclinação.
- b) Foram encontrados, a uma profundidade de 3,00 m a 13,33 m, complexos vulcânicos com predominância de riolitos.
- c) Foram reveladas, a uma profundidade de 13,33 m a 27,30 m, riolitos vulcânicos, tufos de pórfiro e silicificação vulcânica com predominância de riolitos.
- d) Foi encontrado, a uma profundidade de 27,30 m a 35,75 m, pórfiro de riolitos.

Em geral, a partir de 3 m de profundidade, é composto de rochas de origem vulcânica, na sua maioria com silicificação e calcificação.

6.4.4. Sondagem SI4

a) A uma profundidade de 0,00 m a 20,00 m, encontra-se um complexo vulcânico constituído principalmente de pórfiro.

b) A uma profundidade de 20,00 m a 30,06 m, encontra-se riolitos.

6.5. Ensaios de Absorção de Água do Tipo Lugeon

Entre novembro e dezembro de 2006 foram realizados antes da execução da cortina de impermeabilização ensaios de absorção de água do tipo Lugeon, com a finalidade de avaliar o padrão de percolação da água nas descontinuidades, bem como o comportamento destas. Tal permitiu conhecer os valores da absorção de água em unidades lugeon (UL) em que uma unidade lugeon corresponde à absorção de 1l de água/min./m à pressão estabilizada de 10 kgf/cm² a actuar durante 10 minutos,. Seria adequado que a absorção de água fosse inferior a 5 UL Os valores obtidos para a absorção de água, bem como a sua distribuição espacial, vertical e lateral, permitiu definir a extensão e profundidade da cortina de impermeabilização.

Para a sondagem SI1, uma vez que foram encontradas grandes fraturas a uma profundidade compreendida entre 0,0 m e 15,82 m e especialmente a partir de 1,00 m até aos 3,50 m e dos 10,05 m até aos 15,82 m, a absorção de água atingiu os 6,40 ~ 7,80 l/min/m sem aplicação de qualquer pressão devido à fraca potência da bomba de injeção utilizada. À medida que eram organizadas séries de ensaios a cada 5 m de profundidade, entre 15,82 m e 35,48 m, era indicado que a absorção de água era nula para os patamares de pressão 5-10-5 kgf/cm², o que evidencia estar-se na presença de um sector que não necessita de tratamento de impermeabilização.

Os testemunhos obtidos nas sondagens evidenciam grande fracturação, mais claramente revelada em dois trechos entre 1,00 m-3,50 m e 10,05 m-0,25 m.

Na sondagem SI2, a absorção atingiu, a uma profundidade entre 0,0 m e 8,85 m os 8 l/min/m, e sem a aplicação de qualquer pressão de injeção de água; a maior absorção verificou-se a uma profundidade entre os 8,85 m e os 13,75 m onde atingiu os 6,28 l/min/m sob uma pressão com 5 kgf/cm², e com patamares de pressão com 2,5-5-2,5 kgf/cm²; a absorção a uma profundidade entre os 13,75 m e os 16,70 m atingiu os 11,10 l/min/m, quando a pressão de injeção foi de 2,5 kgf/cm²; a absorção era inferior a 3 l/min./m a uma profundidade entre os 16,70 m e os 26,77m,

ao passo que a absorção era nula para escalões de pressão com 5-10-5 kgf/cm² para profundidades entre os 26,77 m e os 35,65 m.

Na sondagem SI3, a absorção atingiu até aos 8,85 m de profundidade uma absorção de 7,5 l/min/m, sob uma pressão de injeção máxima com 2,5 kgf/cm², ao passo que a absorção passou a ser nula para os escalões de pressão com 5-10-5 kgf/cm² desde os 8,85 m profundidade até ao fim da perfuração.

Na sondagem SI4, a absorção para a profundidade compreendida entre os 0,20 m e os 5,00 m foi para os escalões de pressão com 5-10-5 kgf/cm². Em contrapartida, a absorção para a profundidade compreendida entre os 5,00 m e os 10,00 m atingiu os 5,40 l/min/m para a pressão máxima de injeção de 1 kgf/cm². A partir dos 10,00 m de profundidade e até ao fim da perfuração, e para escalões de pressão com 5-10-5 kgf/cm². Absorção de água revelou-se nula.

O primeiro trecho da sondagem SI4 (0,20 m-5,00 m), com a utilização das pressões 5-10-5 kgf/cm² revelou as absorções nulas. E, ao contrário, no trecho 5,00 -10,00 m, sendo utilizada a pressão máxima de 1 kgf/cm², a absorção passou para 5,40 l/m/min.

Só a partir da profundidade de 10,00 m e até ao fim da sondagem todas as rochas mostraram-se totalmente impermeáveis com absorções nulas, apesar das pressões de injeção de 5-10-5 kgf/cm².

A construção da barragem teve o seu início em 1964. A sua construção, em que estiveram envolvidos vários empreiteiros, foi suspensa em 1975 por causa da guerra. Em 2005, a Sinohydro prosseguiu a reabilitação da barragem, que constou do seguinte:

- (1) Nos trechos A, B, e C do descarregador de cheias, continuação da colocação de betão até à cota de 1545,00m;
- (2) Construção das pontes e pilares;
- (3) No trecho nº 1, na matgem direita da barragem, continuação da betonagem entre as cotas 1542.55m e 1549.00m;
- (4) Construção da laje do piso com betão armado na fundação na bacia de dissipação a jusante;
- (5) Lançamento do betão no corpo da parede no reservatório da saída de água;
- (6) Conclusão do descarregador de cheias;
- (7) Tratamento das fundações e injeção de caldas de cimento/água na fundação.

Em 2005, a Sinohydro desenvolveu trabalhos conducentes à reabilitação da barragem. Após a reabilitação, deu-se início ao enchimento da albufeira que começou a acumular água segundo os requisitos do projeto. Em dezembro de 2008, quando a cota da água armazenada na albufeira atingiu os 1545 m, começou a verificar-se a infiltração de água nos encontros da barragem. Tendo sido paralisada num curto espaço de tempo para a sua manutenção e reparações devidas e, conseqüentemente a sua entrada em funcionamento em 2009.

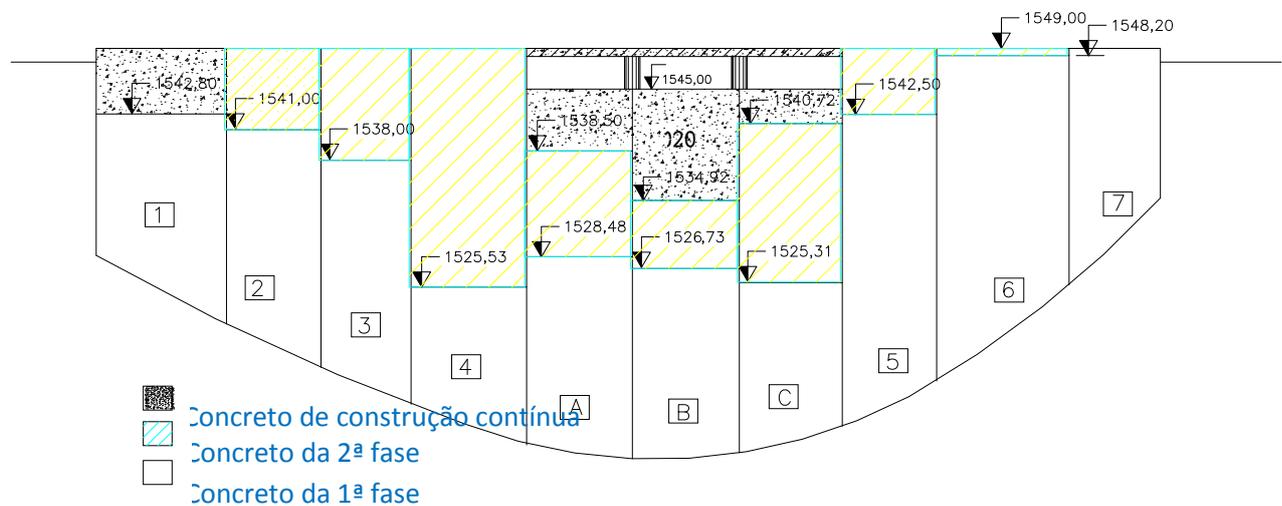


Figura 6.9 - Colocação do betão em diferentes etapas (Fonte: Sinohidro - cedido por Manuel Rodrigues, 2014).

6.6. Tratamento das Fundações da Barragem

O tratamento das fundações da barragem englobou a implementação de uma cortina de impermeabilização e de uma outra de drenagem. Baseado nos dados fornecidos pelo dono da obra, projectou-se uma cortina de impermeabilização com uma profundidade de 25 m, em mono-fila, com uma distância entre os furos de 5 m. A cortina de drenagem englobaria furos com uma profundidade de 20 m, e uma distância entre os furos de 5 m. Após a realização dos furos de impermeabilização e de alguns ensaios de absorção de água do tipo lugeon, a profundidade da cortina de impermeabilização foi ajustada de 16,5 m para 10,0 m e a distância entre os furos de injeção é ajustada para 4,0 m.

6.7. Atividades Realizadas no Campo

O trabalho de campo na barragem, realizou-se de janeiro a novembro de 2015 coadjuvado pelos estudantes Elias Sacueça, Lazaro Miguel e Bonifácio da Costa. Em Julho de 2015, o trabalho foi efetuado com o auxílio do Tutor, tendo sido utilizado como instrumentos, a bússola G.P.S, máquina fotográfica e fita métrica.

Na margem direita do rio e na sua maior parte, as famílias de diáclases são subverticais.

Na margem esquerda o maciço apresenta-se compartimentado por acentuada escamação. Aparece uma falha com NS; 80°E e com uma caixa com uma possança de 15 cm.

A existência de todos estes sistemas subverticais e subhorizontais, assim como o caráter vulcânico das rochas, tornou fácil a ligação entre as diáclases. Os resultados das sondagens demonstraram que nas formações geológicas há uma acentuada fraturação em profundidade segundo o Laboratório de Engenharia de Angola (LEA) e constatação no terreno. Assim sendo, deve fazer-se manutenções de forma programada a estrutura do corpo da barragem bem como as encostas ou vertentes na qual a mesma se encontra instalada, no sentido de se garantir a estabilidade da barragem e o seu tempo de vida.

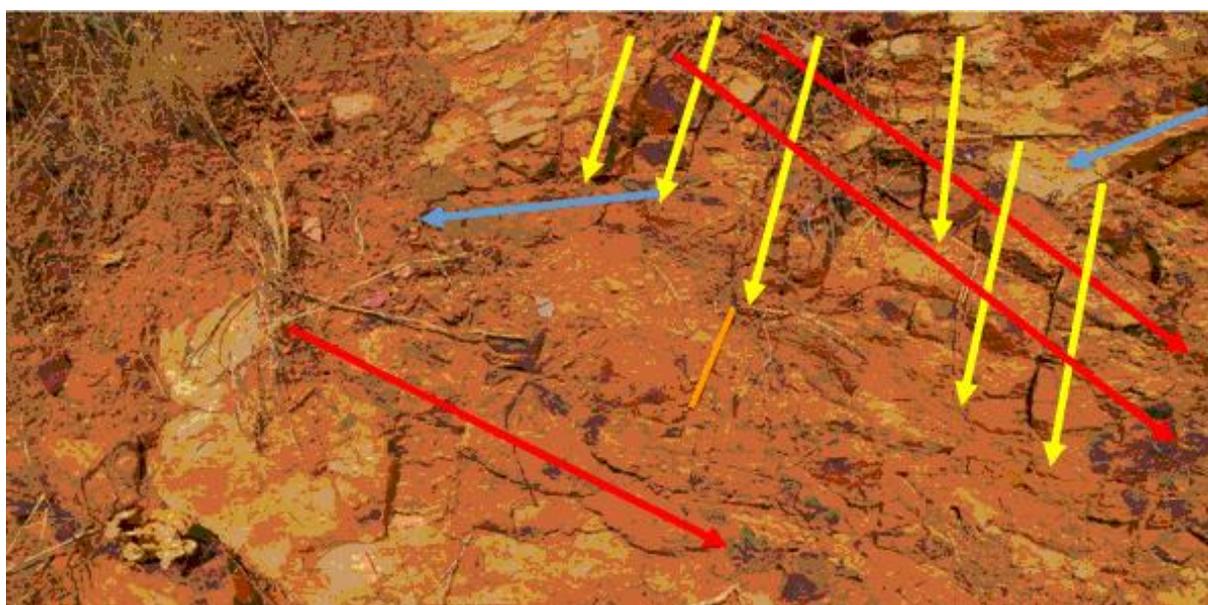


Figura. 6.10 - Famílias de diáclases no ponto D6 (Fonte própria 2015).

No quadro 6.2 apresenta-se um resumo das orientações das diáclases encontradas a jusante do local de implantação da barragem. As medições foram efetuadas nas margens direita e esquerda.



Figura 6.11-imagem do Google earth (14|10|2014) com marcação dos ponto a jusante da barragem

S15°11'3.96"			E13°37'90"			S15°11'2 43"		
						E13°37'907"		
Margem direita do rio			Margem esquerda do rio					
Diáclase	Orientação	Pendor	Diáclase	Orientação	Pendor			
D1	N14°E	12°W	D1	N80°E	SV			
D2	N76°W	SV	D2	N76°E	SV			
D3	N5°W	SV	D3	N14°E	60°E			
D4	N84°E	SV	D4	N86°W	70°S			
D5	N74°E	SV	D5	N14°E	60°W			
D6	N24°E	50°W	D6	N24°E	60°W			
D7	N72°E	80°V	D7	N36°E	30°W			
D8	N12°E-	50°W	D8	N36°W	30°E			
D9	N42°E	SV	D9	N76°W	80°E			
D10	N78°W	30°N	D10	N56°E	70°E			
D11	N32°E	55°W	D11	N44°E	50°NW			
			D12	N66°W	20°W			
			D13	N76°W	SV			

Quadro 6.2 - Orientação das diáclases (Fonte própria 2015).

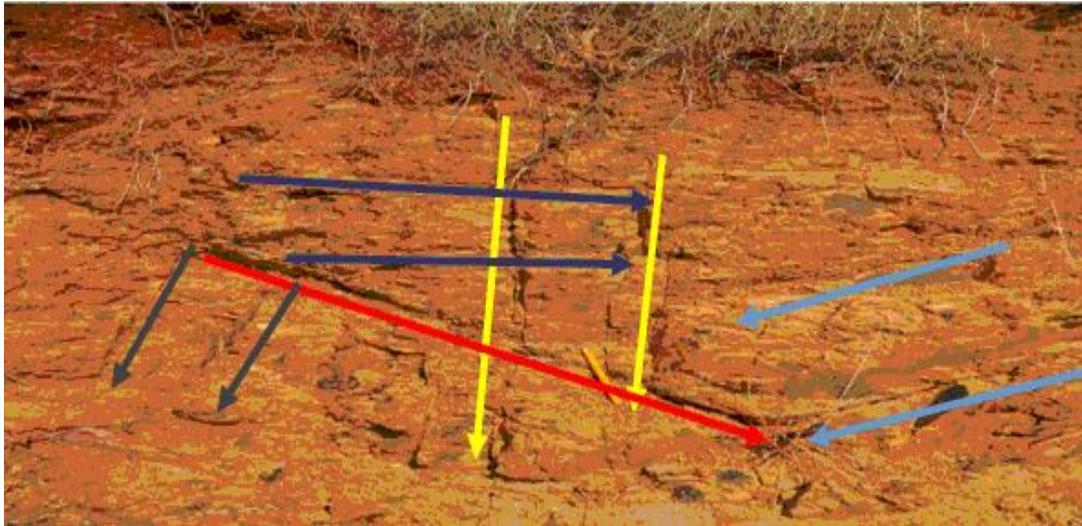


Figura 6.12 - Família de diáclases no ponto D3(Fonte própria 2015).



Figura 6.13 - Encosta da vertente na margem direita a jusante da barragem.
Fonte: própria (2015)



Figura 6.14 - Margem direita do rio sob influência das árvores (Fonte própria 2015).



Figura 6.15 – Vertente da margem direita (Fonte própria 2015).



Figura 6.16 – Vertente da margem esquerda (Fonte própria 2015).



Figura 6.17 – Rochas apresentando diáclases (Fonte própria 2015).

7. Importância das Gandgelas no Abastecimento de Água, na Irrigação e no Futuro Fornecimento de Energia Hidroelétrica

As necessidades em água no município da Chibia tem vindo aumentar em consequência do aumento populacional segundo dados do Censo de 2014, em mais de 200 mil habitantes e de crescimento económico, razão pela qual a quantidade de água potável disponível tem vindo a diminuir. Assim, a existência de cursos de água e de condições topográficas que favoreçam um aproveitamento rentável das barragens e para o melhor aproveitamento dos cursos hídricos superficiais essenciais para o consumo doméstico, para agricultura e para a indústria, tem sido a principal alternativa.

No período chuvoso, quando o fornecimento é maior, o caudal do rio aumenta podendo em alguns casos a água transbordar do leito e inundando uma área mais ou menos extensa e no período seco, o fornecimento de água é menor provocando uma diminuição do caudal do rio, ocupando a água apenas uma parte do leito à jusante. E quando se sucedem longos períodos de seca, o leito do rio pode mesmo secar, dificultando a sua utilização para a agricultura, a indústria e o uso doméstico.

Para fazer face as diversas necessidades, os munícipes têm recorrido e utilizado da água canalizada fornecida pela barragem em torneiras e canais de irrigação e outros recorrem à utilização prática de poços ou cacimbas.



Figura 7.1 - Canal de irrigação a ser usado pela população para a lavagem de roupa (Fonte própria 2015).

O precioso líquido que jorra nas torneiras é fornecido a partir da estação de tratamento de água (ETA) localizada apenas a 7 kms da barragem. O projeto foi inaugurado em 2000 e reinaugurado em 2013, com uma rede de distribuição de 12 kms e beneficia atualmente 522 número de ligações domiciliárias para um universo de 25 mil habitantes da sede segundo o censo de 2014.

O projeto encontra-se repartido por um tanque floculador, 3 tanques de decantação com 2,5m de profundidade, e um terceiro tanque a 6 m também de decantador que funcionava como pré filtro e este canaliza a água para os 2 tanques de filtros lentos compostos por brita, areão, areia fina de 4 camadas com a capacidade de 420 mil litros e 4 metros de profundidade. Cada tanque de filtros lentos funciona de 30 a 30 dias no tempo seco e 15 a 15 dias no tempo chuvoso com um período de filtragem de 12 horas, onde após a filtragem a água sai pelas câmaras tratadas já pura e encaminhada para os 4 tanques de distribuição aos domicílios sedeadas na vila. O fornecimento para as torneiras é feito das 6 horas as 12 horas tempo considerado insuficiente tendo em conta a demanda populacional.



Figura 7.2 - Estação de tratamento de água (ETA) (Fonte própria 2015).



Figura 7.3 -Tanque decantador (Fonte própria 2015).



Figura 7.4 - Tanques de floculação e decantação (Fonte própria 2015).



Figura 7.5 - Tanque de filtro lento em funcionamento (Fonte própria 2015).



Figura 7.6 - Tanque de filtros lentos em manutenção (Fonte própria 2015).

O abastecimento ainda não é satisfatório, visto que é feito com interrupções de forma intensiva, beneficiando um número ainda não satisfatório comparativamente a população com um crescimento populacional acelerado e de forma descontrolada, sufocando a insuficiência da rede de distribuição de água à vila e a sua periferia.

Em números países, os serviços públicos, garantem, por vezes aos domicílios e a baixos preços, enormes volumes de água a grupos sociais com mais recursos, enquanto “ os moradores de bairros degradados e as famílias carenciadas das zonas rurais dos mesmos países têm acesso a bem menos de 20 litros de água por dia e por pessoa, necessário para satisfazer as necessidades humanas mais básicas (PND, 2006).

Tais indicadores não satisfazem o que a SADC objetivou como «a água recurso indispensável à existência dos seres humanos”. Angola deu um gigantesco passo com a publicação «lei de águas» consagrado no artigo quinto: as águas enquanto recurso natural são propriedade do estado e constituem parte do domínio público hídrico, sendo um direito “inalienável”.

Na sede do município, ainda se notam grandes dificuldades no que tange ao abastecimento de água, níveis baixo de consumo diário, fraca cobertura da rede com vista a assegurar o bem – estar e contribuir para a melhoria da saúde pública, através do acesso generalizado e serviços adequados de abastecimento de água potável, capacidade insuficiente de infraestrutura de estação de tratamento, canalizações adaptadas aos níveis de consumo, cota insuficiente para atrair mais água de maneiras que a água crie mais cinética na adução de distribuição.

A agricultura foi uma das maiores conquistas da humanidade e o seu aparecimento marca um vitorioso rumo na emancipação do homem face ao meio natural. Graças à agricultura, o homem tornou-se produtor dos seus próprios alimentos.

Três pilares fundamentais devem contribuir para alavancar o desenvolvimento do setor agrário em Angola – o combate à fome, a segurança alimentar e o aumento do contributo da agricultura para o PIB bem como a qualidade de vida dos cidadãos no que tange a distribuição e abastecimento de água e saneamento básico, sistema de irrigação dos compôs situados nos perímetros de irrigação.

Num país com elevada disponibilidade de recursos hídricos e com uma sazonalidade climática bem marcada, a água constitui um bem essencial ao desenvolvimento da agricultura durante o período seco, entre maio e outubro. Daí o interesse da implementação de perímetros irrigados.

Ciente deste facto, o Estado Angolano tem vindo a promover a reabilitação e modernização de vários perímetros, encontrando-se alguns deles já em exploração.

A Pró-sistema, empresa com vasta experiência na área hidroagrícola, elaborou estudos para os perímetros Irrigados de Caxito (Bengo) e do Waco Kungo (Cuanza Sul) e desenvolveu ações de formação e de assistência técnica aos agricultores e à sociedade gestora do perímetro irrigado das Gandjelas, na Chibia, Huíla.

A entrada em funcionamento do perímetro irrigado da barragem das Gangelas - com 23 quilómetros de extensão no município da Chibia, localizado a 45 quilómetros a sul da cidade do Lubango, está à permitir a prática de agricultura modernizada, independente das quedas pluviométricas.

Trata-se de um projeto do Ministério da Agricultura em parceria com o Governo da Província da Huíla, que visa a recuperação completa da barragem das Gangelas, deixada em estado inacabado pelas autoridades coloniais.

Numa primeira fase, o referido perímetro vai permitir irrigar cerca de 355 hectares de terras aráveis, distribuídas em talhões aos pequenos e médios camponeses, agricultores e técnicos médios da agricultura, recém- formados no Instituto Médio Agrário do Tchvinguiro.

O projeto, que se encontra na sua fase experimental, está a beneficiar diretamente 50 populares, que, para além da água para irrigar os campos, receberam material agrícola, instrumentos de trabalho e subsídios para incentivar a produção em grande escala.

7.1. Perímetro Irrigado das Gandjelas

7.1.1. Considerações Iniciais

O perímetro Irrigado das Gandjelas situa-se na província da Huíla, próximo da vila da Chibia e ocupa cerca de 2000 ha do antigo colonato estabelecido em 1884. A área de rega desenvolve-se ao longo das margens do rio Tchimpumpunhime, curso de água afluente do rio Caculuar.

O perímetro irrigado foi concebido no final dos anos 60 e destinava-se ao fornecimento de água em gravidade aos agricultores, tendo sido projetadas e construídas as seguintes infraestruturas principais:

- uma barragem de betão, do tipo gravidade, numa secção do rio Tchimpunhime (obra só iniciada em meados dos anos 70);
- Um açude de armazenamento e derivação no mesmo curso de água e a jusante da barragem;
- Duas tomadas de água laterais no açude para alimentação de dois canais principais;
- Um conjunto de distribuidores secundários em canal.

Atualmente, a obra de rega encontra-se em fase final de reabilitação e modernização, encontrando-se já em exploração o bloco piloto, com uma área de cerca de 374 ha, situado na margem direita do canal nº 1.

Este bloco desenvolve-se num planalto pouco ondulado, onde predominam os solos psamolateríticos,

Caracterizados por um horizonte superficial de natureza areno-limosa, de espessura variável, assente sobre uma camada laterítica de natureza ferrosa e bastante coerente. O horizonte superficial é muito pobre em matéria orgânica e com estrutura bastante deficiente.

Dada a fraca estrutura dos solos, a sua permeabilidade hidráulica é muito baixa. Para além disso, a presença do horizonte laterítico condiciona fortemente a sua drenagem interna.

Este bloco está dividido em 38 lotes agrícolas (15 lotes de 2,6 ha, 13 lotes de 5,2 ha e 10 lotes com uma área média de 25,2 ha), para os quais se prevê o desenvolvimento de culturas permanentes (citrinos, bananeira e mangueira) e de culturas anuais (cereais e hortícolas).

No decorrer das ações de formação e de assistência técnica aos agricultores e à entidade gestora do perímetro foi possível tomar contacto com os problemas relacionados com a gestão e exploração das infra-estruturas hidráulicas e com a atividade agrícola em regadio.

7.1.2. A Exploração das Infra-estruturas Hidráulicas

Têm 4 grupos eletrobomba com motores elétricos de 110 kw e possuem um caudal nominal unitário de 684 m³/h (total 2052 m³/h), que captam a água numa câmara de aspiração que, por sua vez, recebe água diretamente do canal C 1. Esta estação eleva os caudais de rega para um reservatório, através de uma rede adutora por recalque, pois conduz a água sob pressão, de um ponto mais baixo para um outro com cota mais elevada;

Rede de Transporte

Canal C1, C2, C3 e C4. Do açude saem duas tomadas: do lado direito do dique encontra-se a C1 e no lado esquerdo encontra-se a C4 (11,4 km). No final do canal C1, de 7 km de extensão, há um tanque de derivação, a partir do qual se iniciam dois outros canais, o canal 2 (8,73 km) e o canal C3 (3,64 km).

Os 4 canais têm a extensão de 30,635 km.

Quadro 7.1 – Rede de transporte

A cerca de 3 km da sua origem está construída uma tomada de água e uma estação elevatória para alimentação do bloco piloto.

Esta estação eleva os caudais de rega para um reservatório revestido, apoiado no terreno, a partir do qual se desenvolve uma rede ramificada de condutas para alimentação dos lotes de terras.



Figura 7.7- Albufeira da barragem das Gandjelas .
(Fonte própria 2015).



Figura 7.8 - Dique de derivação de águas para os dois canais de irrigação e canal de derivação da margem direita do rio.
(Fonte própria 2015).



Figura 7.9 - Canal de derivação da margem direita do rio (Fonte própria 2015).



Figura 7.10 – Canal nº1 de irrigação (Fonte própria 2015).



Figura 7.11 - Estação de bombagem/elevatória.

Sit:<http://www.sir.dgadr./conteudo/jornadas-aph/apresentações/s6/2.pdf>
=Barragem/perímetros de irrigação das ganjelas



Figura 7.12 - Interior da estação de bombagem/elevatória.
Sit:<http://www.sir.dgadr./conteudo/jornadas-aph/apresentações/s6/2.pdf>
=Barragem/perímetros de irrigação das ganjelas

A entrega de água de rega aos lotes tem sido feita através de grupos eletrobomba, dimensionados em função da área servida.

A energia elétrica era até então, fornecida através de grupos geradores a diesel.



Figura 7.13 - Tanque elevado(Fonte própria 2015).

Reservatório de água

É semi - escavado com revestimento de betão e tem uma capacidade de 8 791 m³

Rede de Distribuição

A partir do reservatório de água é feita a alimentação gravítica (adutoras por gravidade-transporte de água de uma cota mais elevada para uma cota mais baixa) e em pressão das UBL para a área a irrigar. Em cada UBL é feita a pressurização dos sistemas de rega na parcela;

Conduatas de distribuição (640 km com diâmetro de 800 mm a 1500 mm)

Quadro 7.2 – Reservatório de água.



Figura 7.14 - Grupo gerador a diesel (Fonte própria 2015).

Atualmente com a reabilitação total da barragem e da central hidroelétrico foi reforçada com mais 1.200 MW de potência, e 4 GW produção de energia fornecida por duas turbinas do tipo Francis de eixo horizontal.

As turbinas são alimentadas por uma conduta de galeria com mais de um 1 m de profundidade com a capacidade de 15 m³/s e libertado posteriormente no curso normal do rio a partir da central sem retorno cerca de 6 m³/s.



Figura 7.15 – Turbinas francis de eixo horizontal (Fonte própria 2015).



Figura 7.16 – Canal de restituição ao rio (Fonte própria 2015).

A gestão e exploração das infraestruturas hidráulicas são complexas e requer uma forte logística em meios humanos e materiais, neste último caso combustíveis e lubrificantes.

Com efeito, a entidade gestora do perímetro deverá, antecipadamente, conhecer os pedidos de água de rega para os diferentes lotes, de modo a quantificar o volume de água a retirar da albufeira.

Começa logo aqui a primeira dificuldade, uma vez que a barragem não dispõe de infraestruturas que permitam a medição do caudal derivado.

Uma vez represada no açude, a água de rega tem que ser derivada para o canal, que está equipado a montante com orifícios seccionados com comportas murais do tipo adufa. No início do canal não existe, também, qualquer infraestrutura que permita a medição dos caudais em trânsito, pelo que a gestão terá que ser feita de forma empírica.



Figura 7.17 - Comportas murais do tipo adufa (Fonte própria 2015).

A bombagem de água para o bloco piloto requer a intervenção humana; não existe qualquer automatismo. Primeiro, há que ligar o gerador, depois, as unidades de bombagem.

Ao nível da rede de rega passa-se o mesmo. As eletrobombas dos pontos de entrega de água aos lotes só podem funcionar após o arranque do respetivo gerador, sendo que cada gerador serve mais do que uma eletrobomba.

Todo este processo fica a cargo da entidade gestora, não havendo por parte dos agricultores qualquer intervenção.

Para além da complexidade da gestão e exploração das infra-estruturas hidráulicas, o sistema é pouco eficiente ao nível da utilização dos recursos hídricos. Não havendo mecanismos de controlo dos caudais, as perdas de água serão avultadas.

Repare-se que o volume útil da albufeira é de 2,3 hm³ e que durante o período seco e quando se rega praticamente não há afluências. Para a rega da área piloto o volume armazenado é suficiente mas já não o será para a futura rega da totalidade da área do perímetro – 2 000 ha.

7.1.3. O Planeamento Agrícola e os Sistemas de Rega na Parcela

As Terras Altas da Huíla, onde o perímetro se encontra implantado, têm particularidades em termos agrícolas.

Não reúnem as melhores condições para o desenvolvimento das espécies tropicais e subtropicais e as espécies dos climas temperados, muitas das vezes, não encontram as melhores condições de adaptação.

A ocorrência frequente de temperaturas baixas e de geadas pode inviabilizar o investimento nas primeiras espécies referidas. Em relação às segundas, no caso do regadio, enquanto nas regiões temperadas o período quente coincide com a época seca, nos trópicos o calor coincide com a época das chuvas. Muitos autores questionam a viabilidade económica e financeira do regadio nos planaltos tropicais, à exceção dos pomares e das hortícolas.

Para o Bloco Piloto da Chibia foi feito o parcelamento das terras e estabelecido o plano de ocupação cultural para cada um dos tipos de lote.

Está planeada a instalação de fruteiras (citrinos, mangueiras e bananeiras) a regar por mini aspersão e o cultivo de hortícolas e de cereais (milho), a beneficiar por aspersão.

No que respeita ao primeiro grupo, julga-se que apenas os citrinos poderão dar bons rendimentos, já que as mangueiras e as bananeiras têm dificuldade de adaptação climática. O milho e as culturas hortícolas têm boas condições de desenvolvimento em regadio.

Em relação aos métodos de rega, não se julga adequado a prática da rega por mini aspersão nas fruteiras, quer por questões fitossanitárias quer por ser uma região muito ventosa, o que reduz os níveis de eficiência de rega.

A utilização da aspersão, se bem que adaptada para a cultura do milho, inviabiliza a prática de algumas culturas hortícolas e horto-industriais, como são os casos do tomate e da batata, muito valorizados nos mercados regionais.

A agricultura na Huila em particular no perímetro irrigado das Gandgelas, ainda enfrenta grandes dificuldades no que diz respeito ao mercado de escoamento e consumo. As micro e médias indústrias de processamento de produtos derivados do campo e aos agentes comercializadores, a vias de acesso deficientes fazem que muitos dos agricultores que trabalham no campo não possuam práticas e técnicas de trabalho no que concerne ao manejo do solo, fertilizantes, rotação e seleção das espécies propícias ao solo, clima, o que tem influenciado grandemente na qualidade e quantidade das espécies agrícolas.



Figura 7.18 – Bananeiras no perímetro irrigado (Fonte própria 2015).



Figura 7.19 – Mangueiras no perímetro irrigado (Fonte própria 2015).



Figura 7.20- Larangeiras no perímetro irrigado (Fonte própria 2015).

A metodologia usada às vezes choca com os resultados visto que, todos produzem os mesmos produtos ao mesmo tempo, comercializam na mesma época e não encontram respostas no mercado recetor até de indústrias que deveriam se responsabilizar na transformação, comercialização. É necessário que se faça então estudos de dinamização, articulação de todos os fatores de produção e comercialização, uma vez que o governo angolano está envidar esforços de diversificar a economia nacional no sentido de se libertar de dependência do sector petrolífero. De salientar que nos anos 70 o sector agrícola liderou a economia de Angola foi o quarto maior produtor de café do mundo, com colheitas anuais na ordem das 200 mil toneladas.

Hoje estima-se que a produção comercializável ronde as quatro mil toneladas. Apesar da disparidade dos números, nos últimos anos tem-se assistido a sinais que refletem vontade em se alavancar um sector que ficou moribundo com a guerra e o êxodo rural.

E, tendo em vista a comercialização e a obtenção de lucros, empresários Agroindustriais que invistam em operações de publicidade com objetivo de alargar os seus mercados (verdadeiros latifundiários).

8. Conclusões e Recomendações

Neste capítulo apresenta-se as conclusões e respetivas recomendações resultantes dos estudos realizados na barragem das Gandjelas e seu perímetro de irrigação, localizada a Sul de Angola, província da Huila, município da Chibia.

8.1. Conclusões

Um terço dos países do mundo depende de usinas hidrelétricas para produzir mais da metade da sua eletricidade. As grandes barragens geram 19% de toda a eletricidade do mundo.

A área em estudo apresenta o seguinte enquadramento geomorfológico- físico, geológico que a seguir se sintetiza.

Geograficamente a área localiza-se no município da Chibia, situado a sul do Lubango, província da Huila entre as coordenadas de 15°10' e 15°15' de latitude Sul e longitudes de 13°37' e 13° 44' de , composta por 24mil habitantes;

-A área do projeto da barragem das Gandjelas, situa-se no planalto antigo, apresentando altitudes que variam de 1430m á 1530m, enquadra-se no clima de transição entre climas temperados com inverno seco e verão quente, clima mesotérmico de inverno seco de estepe, apresentando uma temperatura media anual de 21°C e a máxima entre 23,6° C e 28,3° C, 147,8 mm de evaporação média e 205,7mm a máxima, com uma humidade relativa de 58,5%, com precipitações medias anuais entre 800 mm e 1000 mm;

- A barragem encontra-se instalada no rio Tchimpunpuyime, afluente do rio Caculuvar, enquadrante da bacia hidrográfica do rio Cunene;

- De acordo com a “estrutura Geológica e caracterização Geotécnica da rocha de fundação da barragem das Gandjelas” (1971) e dos estudos efetuados na área, conclui-se em geral que, a área da fundação para o reservatório da barragem de gravidade, é composta de lavas de riolite e pórfiro, granito do período pré- câmbrico, areia de quartzo do período câmbrico, pórfiro calco alcalino, andesitos, tufo vulcânico (silicioso) e montanha rochosa;

- A área foi afetada em tempos remotos do período Câmbrico por movimentos geológicos confirmados pelos fragmentos de rochas de vários tamanhos ao longo das vertentes e desgastes devido a ação do tempo. A região tectónica estava bastante tranquila no decorrer de períodos geológicos prolongados mas a deslocação que perturbou as formações das quais é composto a fundação da barragem, tiveram lugar no período de paleozóico à era terciária, em consequência destes acontecimentos apareceram fraturas e diáclases testemunhados pelas formações geológicas locais;

-As diáclases têm favorecido a ação da meteorização confirmada pelos fragmentos de rochas de vários tamanhos existentes ao longo das vertentes;

A área do projeto e arredor foi alvo de ensaios de absorção de água do tipo Lugeon, com a finalidade de avaliar o padrão de percolação de água nas discontinuidades, bem como o comportamento desta entre novembro e dezembro de 2006;

-Segundo a bibliografia apresentada, os testemunhos obtidos nas sondagens, evidenciaram grandes fracturações, mas claramente revelada em dois trechos, concretamente nas sondagens SI1 e sondagem SI2, onde a absorção de água variaram entre 6,40-7,80l/min/m e 8L/min/m na SI2;

- Devido à existência das fraturas na rocha mãe, podem surgir problemas de permeabilidade e condicionar o tempo de vida da barragem;

- Face aos dados recolhidos, pode-se dizer que a barragem estudada poderá contribuir para o desenvolvimento socio económica do município assim como os municípios vizinhos, apesar de algumas dificuldades que se prende ainda com a plena exploração das infra estruturas relacionadas aos sistemas de medição do Caudal de derivação, a gestão de água é feita ainda de forma empírica, a bombagem de água requer a intervenção humana sem qualquer automatismo assim como ao nível da rede de rega;

- Não há por parte dos agricultores qualquer intervenção no concernente a exploração de infra estruturas hidráulicas;

- Regista-se grandes perdas e de forma avultada e desperdiçada por não haver mecanismo de controlo dos caudais de entrada e de saída de água;

- As espécies dos climas temperados, muitas vezes, não encontram as melhores condições de adaptação e a ocorrência frequente de temperaturas baixas e de geada, pode inviabilizar o investimento das espécies tropicais e subtropicais.

8.2. Recomendações

Tendo em conta os estudos efetuados na área envolvente e pelas bibliografias fornecidas pelas empresas das obras, no que tange o corpo da barragem, fundação, geologia e qualidade do maciço da área envolvente, recomenda-se o seguinte:

- Reduzir a percolação de água no corpo da barragem e nos maciços encaixantes e seu tratamento, a fim de garantir a sua estabilidade e segurança;

- Que se vele pela estabilidade e tratamento de taludes dos maciços a jusante tanto a direita como esquerda da estrutura da barragem, visto que as rochas encontram-se bastante fragmentadas e outras deterioradas com risco de desmoronamento e deslocação de blocos as (diábases), face as movimentações ocorridas no passado da era geológica, segundo bibliografia fornecida e constatação no terreno;

- Que se proíbe e evite o corte de árvores no topo das colinas no sentido de se evitar erosão e uma maior evapotranspiração nos volumes de água da albufeira;

Que se evite a lavagem de carros e roupa no curso do rio que alimenta as duas barragens (Neves e Gandjelas), pelo fato da mesma ser captada e usada para o consumo no município da Chibia;

- Que se façam mais investimentos nos sistemas de seguranças avisos sonoros alerta e monitoramento a jusante das barragens das Neves e Gandjelas;

- Visto que o risco aceitável está cada vez mais associado ao número de pessoas residentes a jusante da barragem, segundo A. Veiga Pinto (2008). Recomenda-se que os governos dos municípios da Humpata e Chibia como supervisores de riscos (controlo externo) e donos das obras (controlo interno), definam cartas de risco a jusante devido a uma onda de inundação e zonas de evacuação e se criem palestras acerca da obra e possíveis impactos das áreas envolventes;

- É necessário e urgente que se faça a ampliação das infra estruturas da estação e tratamento de água e sua modernização para que venha satisfazer as demandas das necessidades crescente de água;

- Que se vele pela ampliação da rede de distribuição tendo em contas ao ritmo acelerado do crescimento da população da vila, ampliar a cota para atrair mais a água, de maneiras que a água crie mais cinética na adução de distribuição;

- Que se construam mais chafarizes para a população residente no curso dos canais com sistemas de drenagem das água residuais no sentido de se evitar lavar no interior dos canais.

- Quanto ao perímetro de irrigação, automatizar os sistemas de rega e sistemas hidráulicos;

- Que se crie e se cumpra com os horários de rega estabelecido, com uma boa colaboração;

- Velar cada vez mais na formação de quadros e técnicos que possa gerir e acompanhar os trabalhos dos camponeses para uma maior produção e produtividade, dar palestras e seminário aos camponeses beneficiados;

- Que se façam estudos e investigações cada vez mais no melhoramento do solo e seleção de espécies mais adaptadas ao meio;
- Que se vele na criação de cortinas de vento no perímetro irrigado;
- Que se criem políticas da parte do estado, que visem dinamizar todo processo, desde apoio aos camponeses, sementes, produção, acondicionamento e escoamento dos produtos.

9. Bibliografia

- Almeida, J. (2000). Conteúdos Integrados em Biologia 7ª classe. 1ª edição. Litocor.
- Altunaga, J. (1996). Geografia do Ensino de Base 8ª classe. INIDE-MED.
- Altunaga, J. et al (2008). Angola atlas Geográfico Ensino Secundário. 1ª edição. Macmillan Publishers.
- Alves, M. Henriques, J. (1995). Compreender a Terra. Ciências Naturais 7ª ano. 3ª edição. Universitária Editora.
- Antunes, M.T. (1991). Ensino de Geologia. Perspectivas Científicas. Lisboa.
- Azevedo, M. (2005). Barragem de Terra. Sistemas de Drenagem interna. Universidade Anhembi Morumbi.
- Asma L.,K. al. (2000). Barragens e Desenvolvimento. Um Novo Modelo para Tomada de Decisões in “Relato da Comissão Mundial de Barragens”. Eartscan Publications.
- Batouxas, M. Veigas, J (1998). Dicionário de Geografia. 1ª edição. Edições Silabo.
- Baud, P. et al (1997). Dicionário de Geografia 2ª edição. Plátano Editora.
- Carvalho, H. (1974).Geologia de Angola-Laboratório nacional de investigação científica tropical,Angola.
- Chova, J. Sabino, M. (2008). Geografia da 12ª classe 2º ciclo do ensino secundário. 1ª edição. Texto Editora.
- Chova, J. Zerquera, J. (2008). Geografia 10ª classe do 2º ciclo do ensino secundário. 1ª edição. Luanda. Livraria Mensagem Editora.
- Costa, J. (2009). Logística de Obras de Construção em Angola. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Costa, P. (2002). Ambiente e Sector Elétrico. Gestão da Procura, uma solução. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Economia e Gestão.
- Costa, C. (2006|2007). Disciplina de Fundamentos de Geotecnia. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa.
- Castro, F. (2001). Guia Básico de Segurança de Barragens. Comité Brasileiro de Barragens.

Diniz, A. (2006). Caracterização Mesológica de Angola. 2ª edição. Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento do Ministério dos Negócios Estrangeiros.

Dias, S. (2009). Análise do Comportamento de uma Estrutura em Abóbada de Betão Armado de Revestimento de uma Caverna Subterrânea. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Duarte, C. et al. (1997). Geografia 9º ano. 1ª edição. Texto Editora.

E´liard, J. (1999). Manual Geral de Agricultura. 3ª edição. Publicações Europa-América.

Fernandes, C. Pedro, L. (2007). Geologia 11ª classe do 2º ciclo de ensino secundário. 1ª edição. Texto Editora.

Faustino, V. (2009). Uma Contribuição para a Divulgação das Barragens de Enrocamento com Cortina de Betão Betuminoso em Portugal. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico.

Fernandes, A. (2007). Relato-tema 100 Construções de Barragens Belém. Comité Brasileiro de Barragens.

França, E. Gomes, C. (2005). Análise de Percolação de Água Através da Fundação da Barragem Castanhão. Ceará.

Júnior, M. (1997). Gestão Ambiental para a Internacionalização de Empresas Angolanas. 1ª edição. Luanda.

Jesus, R. (2011). Optimização de Forma Estrutural de uma Barragem. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Leitão, S. (2009). Contributos do Projecto Geotécnico para a Concepção de Cavernas de Centrais Hidroeléctricas. Vigas de Suporte de Caminhos de Rolamentos. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Melico, J. (2010). Escolha de Formas de Barragens Abóbada. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa.

Motta, L. Viana, M. (2002). Bio terra, Terra no espaço, Terra em transformação. Ciências Físicas e Naturais\Ciências Naturais 3ºciclo. 1ª edição. Porto Editora.

Neiva, J. (1957). Geologia de Barragens. Coimbra.

Nunes, E. (2011). Apreciação de Risco em Barragens de Aterro. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa.

Pereira, R. (2011). Análise Probabilística da Segurança ao Deslizamento de Barragens de Gravidade de Betão. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa.

Pires, M. (2010). Dimensionamento de Zonas de Ancoragem de Cabo de Pré-esforço. Tese de Mestrado. Universidade do Porto.

Pinto, A, (2008). Gestão de risco e de barragens. LNEC.

Porto, E. (2002). Critérios para Determinação de Vazões pela Fundação de Barragens com Base nos Ensaios de Perda d'água. Caso da UHE de Itaipu. Tese Mestrado. Universidade Federal do Paraná.

Quintas, F. (2002). Planeamento da Construção de Barragens de Terra. Porto. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Roque, M. et al. (2009). Geologia 12ª reforma educativa. Porto Editora.

Ramos, J. (2004). Observação do Comportamento Estrutural de Barragens de Betão. Aspectos Práticos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Santos, R. (2012). Progressão da Erosão Interna em Barragens de Aterro. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Sousa, H. et al. (1994). Aprender Geografia Conhecendo o Mundo. 1ª edição. Plátano Editora.

Soma, E. (2013). Lições de Metodologia e Climatologia. 1ª edição. Editora Regrapapiro.

SINFIC, SA. (2014). Avenida Amilcar Cabral, Lubango.

Silva, A. et al. (2008). Geologia 11ª classe Reforma Educativa. Porto Editora.

Silva, L. (2010). O Mercado de Electricidade em Angola. Situação Actual e Evolução. Instituto Regulador do Sector Eléctrico, IRSE.

Sousa, R. (2011). Controlo de Qualidade na Execução de Fundações numa Barragem. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Turra, A. Junior, I. (2007). Estudo de Fissuração Térmica do Concreto em Barragens. Universidade Tuiuti do Panamá.

Velosa, J. (2009). Os efeitos das Grandes Barragens no Desenvolvimento Socioeconómico Local. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico.

Sit:

Sit:<http://www.sir.dgadr./conteudo/jornadas-aph/apresentações/s6/2.pdf> =Barragem/perímetros de irrigação das ganjelas

Sit:<http://www.dn.pt/inicio/globo/interior.aspx?content-ind=1800098&seccao=CPLP>. (2014)

Sit:<http://www.Engenharia civil.com/maiores-obras-engenharia-civil-brasil> (2014)

Sit <http://www.angonoticias.com/Artigos/item/39717/a-hora-do-cape>