



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

**A Barragem das Neves e o Perímetro Hidroagrícola.
Sua Importância. (Humpata-Angola)**

Lázaro Miguel Cambinda

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – AMBIENTE E ORDENAMENTO

Orientador científico:

Prof. Doutor António Luís Saraiva *

* Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

2016

Dedico este trabalho aos meus pais, à minha
querida esposa e aos meus filhos

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus por me ter dado a vida, força e saúde para que eu pudesse chegar a este momento.

Aos meus pais, Manuel Celestino Cambinda e Maria da Conceição Cambinda por me encaminharem com bons princípios até chegar a esta data.

A ti Natália meu amor que tens sido muito paciente em compreender-me quando não estivesse ao teu lado.

Aos meus filhos que muitas vezes chamaram por mim e não estava com eles para que pudesse dar-lhes o meu calor.

Aos meus irmãos, pela amizade e carinho que têm tido por mim.

Ao grupo de casais Santo Agostinho da paróquia de Nossa Senhora das Dores que tanto faz para que eu possa afirmar-me como uma pessoa íntegra.

A todos os meus professores e em especial ao meu orientador professor António Saraiva que com muita paciência e sabiamente pudessem transmitir-me conhecimentos teóricos e práticos até ao final deste trabalho.

Como é óbvio, sem me esquecer dos meus três colegas de luta, Bonifácio da Costa, Fernando Tito e Elias Sacueça, pela ajuda mútua que existiu entre nós e que não nos devemos esquecer de continuarmos esta batalha.

Muito Obrigado!

Resumo

O presente trabalho de dissertação tem como objetivo principal o estudo da barragem das Neves, localizada a norte do município da Humpata. Caracterização geológica e geotécnica da zona envolvente e sua importância. Primeiramente aborda-se a história das barragens, a evolução histórica da construção de barragens, a importância dos estudos de caracterização dos terrenos de fundações das barragens e os acidentes em barragens e as suas causas.

A barragem das Neves tem uma grande relevância e importância para as comunidades que vivem na região, e também serve de regularizador da albufeira da barragem das Gandjelas, fala-se também da caracterização geológica e geotécnica da zona envolvente e sua importância tendo em conta com a litologia, os tipos de rochas que afloram a zona, o clima e o caudal do rio onde foi construída a barragem. Faz também referência da história das Barragens e seu desenvolvimento, bem como da sua classificação, construção, manutenção e apresentação dos seus resultados.

A barragem encontra-se num estado atual em degradação com fissuras enormes no corpo da barragem e o descarregador de cheias fraturado.

Na área de implantação da barragem afloram rochas quartzíticas com uma alteração essencialmente superficial e com bastantes diáclases

As diáclases chegam a ter aberturas superiores a 1 centímetro contribuindo assim para a percolação sob as fundações da barragem e por via disso para o seu estado de degradação

Para que a prática da atividade de regadio seja intensificada, é importante que os agricultores selecionem as espécies vegetais adaptadas às condições climáticas existentes naquela área.

Palavras-chaves: Barragem, Geotecnia, Perímetro Hidroagrícola, Pesca, diáclases, Fissuras.

Abstract

The current dissertation works has as main objective the study of Nevis's dam , located north of Humpata's city-hall.

Description of geologic and geotechnics characteristics plus the importance of surrounding areas.

First an approach of the dam's history, historical evolution of the dam's construction, the importance of studies of the characteristics of the dam's foundation fields, accidents and according causes.

The Nevis's dam has great value and importance for the local communities, it serves as regulator for the "albufeira" of Gandjela's dam, we'll talk also about the description of geologic and geotechnics characteristics of surrounding areas and its importance taking into account its lithology, the types of rocks that compose the area, climate and river's flow where the dam was build. Make a reference of the dam's history and development, its class, construction, maintenance and results presentation.

Currently the dam is such a state of degradation its main body has started to crack, exposing massive fissures, also the over-flow dischargers have cracked.

The dam's foundation area is composed of quartz rocks with essentially superficial alteration and many discloses.

Said discloses can reach gaps wider than a centimetre, contributing for the percolation underneath the dam's foundation thus allowing its present state of degradation.

In order to increase land exploitation its important that the farmers select vegetable species adapted for the local climate charaterisct of the zone.

Key Words: Dam, Geotechnics, Perimeter, Hydro-Farming, Fishery, Camprind Fissures, Fissures

Índice

Capítulo I	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objetivos do trabalho.....	2
1.3. História das Barragens. Seu Desenvolvimento.....	2
1.4. A Evolução Histórica da Construção de Barragens.	2
1.5. As Barragens. Sua Importância.....	4
1.6. Classificação de Barragens.....	5
1.6.1. Barragens de Aço.....	5
1.6.2. Barragens de Madeira.....	6
1.6.3. Barragens de Aterro.....	6
1.6.4. Barragens de Betão.....	7
1.7. Acidentes em Barragens.....	8
1.7.1. Barragem de Baldwin Hills.....	9
1.7.2. Rotura da Barragem de Teton.....	10
1.8. Metodologia do Trabalho.....	10
Capítulo II Enquadramento Regional	11
2.1. Enquadramento Geográfico e Administrativo.....	11
2.2. Climatologia e Hidrologia	13
2.2.1. Climatologia.....	13
2.2.2. Temperatura.....	14
2.2.3. Os Solos.....	15
2.2.4. A Vegetação.....	16
2.2.5. Precipitação.....	17
2.2.6. Hidrografia.....	18
2.3. Enquadramento Geológico Regional.....	19
2.3.1. Quaternário.....	20
2.3.2. Terciário.....	22
2.3.3. Primário.....	22

2.3.4. Pré-câmbrico.....	27
2.3.5. Rochas Eruptivas.....	29
2.4. Enquadramento Geomorfológico.....	33
Capítulo III. Caracterização Física da Área em Estudo.....	35
3.1. Topografia e Hidrografia.....	35
3.1.1. Importância dos Estudos de Caracterização dos Terrenos de Fundações das Barragens.....	35
3.2. Caracterização Geológica do Curso onde foi Construída a Barragem.....	36
3.2.1. O Solo da Área Envolvente da Barragem.....	36
3.2.1.1. Processos de Formação do Solo.....	37
3.3. A barragem das Neves.....	38
3.3.1. Normas de Projetos de Barragens.....	39
3.3.2. Normas Gerais para a Implementação de uma Barragem.....	41
3.3.3. Normas de Observação e Inspeção de Barragens.....	43
3.3.4. Construção.....	44
3.4. Causas de Fissuração em Barragens.....	48
3.5. O Regadio.....	50
3.6. A Pesca.....	53
3.7. Manutenção.....	53
3.7.1. Projeto Base para a Reabilitação do Perímetro de Irrigação da Humpata e Barragem das Neves.....	54
3.7.2. Limpeza da Argamassa e Colocação de Tubos de Injeção.....	55
3.7.3. Composição da Calda de Cimento.....	55
3.7.3.1. Modo de execução.....	56
3.8. Resultados do Trabalho de Campo.....	56
Capítulo IV. Conclusões e recomendações.....	60
4.1. Conclusões.....	60
4.2. Recomendações.....	60
Capítulo V. Bibliografia.....	62

Índice de Figuras

Figura 1.1. Vista de montante da barragem de Redredge Steel, E.U.A. (Jesus, 2011).....	6
Figura 1.2. Secção da barragem de Gouvães (Portugal). (Jesus, 2011).....	7
Figura 1.3. Vista do paramento de jusante da barragem de Idanha (Portugal) (Jesus, 2011)	8
Figura 2.1. Localização da província da Huíla em Angola (Calei, 2014)	12
Figura 2.2. Localização do município da Humpata na província da Huíla (Calei, 2014)	12
Figura 2.3. Mapa representando o clima da região (Sinfic, 2015)	13
Figura 2.4. Mapa representando as temperaturas da região (Sinfic, 2015)	14
Figura 2.5. Mapa representando os solos da região (Sinfic, 2015)	15
Figura 2.6. Imagem representando a pastorícia na região.....	16
Figura 2.7. Mapa representando a vegetação da região (Sinfic, 2015)	17
Figura 2.8. Mapa representando a hidrografia da região (Sinfic, 2015)	18
Figura 2.9. Mapa geológico e sua legenda representando o tipo de rochas da região da Humpata (Carvalho, 1974)	20
Figura 3.1. Rochas quartzíticas da área da barragem das Neves	36
Figura 3.2. Imagem da barragem das Neves (Google Earth)	38
Figura 3.3. Imagem do canal de irrigação (Google Earth)	39
Figura 3.4. Uma parte da albufeira da barragem das Neves.....	39
Figura 3.5. Descarregador de fundo da barragem das Neves.....	46
Figura 3.6. Rochas quartzíticas da área da barragem das Neves.....	46
Figura 3.7. Erosão na base da barragem.....	47
Figura 3.8. Barragem apresentando fissuras preocupantes.....	48
Figura 3.9. Vista de jusante da barragem apresentando fissuras cada vez maiores.....	48

Figura 3.10. Canal do perímetro irrigado do município da Humpata.....	49
Figura 3.11. Imagem representando a pesca artesanal na região.....	53
Figura 3.12. Barragem com o descarregador de cheias fraturado e com erosão no pé do paramento de jusante.....	54
Figura 3.13. Sector da barragem apresentando fissuras sem argamassa.....	54
Figura 3.14. Diáclases perpendiculares (Pd) ao eixo da Barragem.....	58
Figura 3.15. Diáclases perpendiculares (Pd) e paralelas (PI) ao eixo da Barragem.....	59
Figura 3.16. Representação dos pontos estudados na Imagem Google Earth.....	59

Índice de Tabelas

Tabela 3.1. Características da barragem das Neves. (Luís,2014).....	40
Tabela 3.2. Canais terciários não revestidos.....	50
Tabela 3.3. Dados levantados nas paragens 1 e 2 na área da barragem.....	56
Tabela 3.4. Dados levantados nas paragens 3, 4 e 5 na área da barragem.....	56
Tabela 3.5. Dados levantados na paragem 6 na área da barragem.....	57
Tabela 3.6. Dados levantados nas paragens 7 e 8 na área da barragem.....	57

Capítulo I

1.1. Introdução

A água é um dos mais importantes elementos para a vida na Terra. No seu estado puro, na medida em que as necessidades de água doce, em quantidade e em qualidade, aumentam à medida que aumenta o ritmo do crescimento da população e da poluição. Como sabemos, as zonas com abundância de água acabam por se tornarem centros de grandes concentrações populacionais pelo precioso líquido, que é favorável para a prática de diversas atividades que são o garante da sustentabilidade das populações. Neste contexto, o homem ao aperceber-se da grande necessidade que tem deste recurso, sobretudo das águas superficiais como por exemplo: as águas dos rios, os homens pensaram na possibilidade de reterem parte dessas águas através da construção de barragens que permitem a criação de albufeiras que regularizam os cursos de água de cada bacia hidrográfica, abastecimento de energia elétrica, irrigação, pecuária, atividades recreativas e culturais.

A utilização de água passou de 400 km³ anuais, em 1900, para 300 km³ na década de 80 e as estimativas para o início do século XXI são de 700 km³. Este aumento fantástico deve-se ao crescimento demográfico, às transformações dos modos de vida e dos técnicos agrícolas, ao desenvolvimento da indústria e do turismo. No entanto, existem grandes desigualdades entre os países: nos países em desenvolvimento o consumo de água por habitantes é inferior ao que se verifica nos países industrializados. A mesma situação ocorre também nos diferentes sectores de atividades económicas (dicionário de geografia, 1997).

À taxa atual do crescimento demográfico, as necessidades de água duplicarão a cada 21 anos. O volume total existente seria suficiente para satisfazer um número considerável da população se realmente estivesse equitativamente bem distribuída por todos os continentes, o que não acontece devido à variabilidade climática e às condições geológicas de cada região (Freitas, 2005).

Segundo Batouxas e Viegas (1998), o termo barragem significa obstrução artificial de um curso de água, com o objetivo de atingir várias finalidades, tais como por exemplo a produção de energia hidroelétrica a irrigação de terrenos agrícolas e o abastecimento de água às populações. Serve também de proteção contra inundações.

A construção de barragens ao longo dos rios trazem consigo vários problemas que requerem muita atenção por parte dos técnicos tais como: riscos geológicos, geotécnicos, sísmicos, agrícolas, sobretudo naqueles territórios e nas populações que circundam as

áreas afetadas pela construção das barragens. Outro problema é a perturbação da dinâmica do rio no que se refere à sua velocidade e aos sedimentos que são arrastados pelas águas, pois uma parte fica impedida de transitar para a jusante e continuar o seu movimento.

1.2. Objetivos do Trabalho

O presente trabalho cinge-se concretamente no aperfeiçoamento dos conhecimentos sobre a temática de barragens, sobretudo a barragem das Neves situada no Município da Humpata, no que se refere à sua importância no regadio e na pesca. Contudo traçou-se os seguintes objetivos:

- Caracterização física e geográfica da área envolvente da barragem em estudo;
- Obter um conhecimento sobre o solo e as principais culturas que produzem na área;
- Prever os principais acidentes causados pela barragem;
- Identificar a importância da barragem no desenvolvimento socioeconómico da região.

1.3. A História das Barragens. Seu Desenvolvimento

As barragens foram, desde o início da história da humanidade, fundamentais ao permitirem desenvolver a vida do homem. A sua edificação surge no sentido de minimizar a falta do precioso líquido no tempo seco, mas de uma forma menos eficaz, no que tange a técnica utilizada para a sua reserva.

Tendo em conta que o homem já previa em pensamento reservar água, então as primeiras barragens surgiram em alguns países como: no Egito, Mesopotâmia e Índia. Na Índia apareceram barragens de aterro de perfil homogéneo com descarregadores de cheias para evitar acidentes provocados pelo galgamento das barragens. Com o passar do tempo, hoje, portanto o homem com o avanço da ciência e da técnica já pode construir barragens de qualquer tipo que for e com maior precaução, apesar que nenhuma construção está isenta de riscos.

1.4. A Evolução Histórica da Construção de Barragens

A construção de barragens é uma atividade de engenharia muito antiga, tendo sido particularmente intensa nas regiões secas onde o clima obrigava ao armazenamento de água.

A crescente necessidade de construção de barragens para a irrigação, para abastecimento de água industrial e urbano, para a produção de energia, para o controlo de cheias, para a criação de efeitos paisagísticos e para a melhoria de condições climáticas motivou uma grande procura de locais adequados.

Com o tempo, começaram a escassear os bons locais, pelo que se tornou necessário adaptar os projetos de barragens aos locais menos favoráveis. A barragem de enrocamento de Teodori, no Japão, referida por Kawashima e Kanazawa (1982) citados por Quinta Ferreira (1990) foi construída assente numa fundação muito heterogénea constituída por Gneisses, profundamente alterados às cotas mais elevadas, conglomerados e calcário, com pequenas cavidades de dissolução e ainda uma zona de esmagamento de 25 m na margem esquerda.

Segundo Penman (1983), citado por Quinta Ferreira (1990), as barragens de aterro são simultaneamente as mais antigas e as mais numerosas. A sua popularidade reside no facto de serem relativamente baratas, sendo construídas com materiais locais, frequentemente retirados das escavações para as obras anexas como o descarregador de superfície, tomada de água, descarga de fundo e túneis, sendo, sempre que possível, o restante material retirado do interior da albufeira. O contraste paisagístico entre o aterro e o ambiente circundante pode diminuir-se revestindo o paramento de jusante com o mesmo material das imediações ou utilizando uma cobertura vegetal.

Devido ao desenvolvimento industrial e à produção de produtos de primeira necessidade e não só, motivou e impulsionou a construção de barragens para o fornecimento de energia elétrica e o desenvolvimento da agricultura.

A segunda revolução industrial aconteceu a partir da metade do século XIX. Nessa época, a atividade industrial difundiu-se por outros países europeus e também os E.U.A e o Japão. Ela se fundamentou na eletricidade para mover máquinas.

No ano de 1877 ocorreu uma seca que atingiu o nordeste do Brasil e teve uma duração de três anos com vestígios nítidos até aos dias de hoje. O estado de Ceará foi uma das áreas mais afetadas. À época tinha 1,5 milhões de habitantes, perdeu mais de um terço da sua população, o que levou uma parte significativa a emigrar. Como resultado da seca, em 1880, o imperador D. Pedro II deslocou-se para a área afetada pelo fenómeno e formou uma comissão para solucionar os problemas da seca naquela região. A comissão criada recomendou a construção de estradas para que a população chegasse ao litoral e a construção de barragens para a retenção de água para permitir a irrigação de certas áreas no período das secas. Isso marcou o início da estruturação de planos e projetos para a

construção de grandes barragens no Brasil. A primeira dessas barragens foi a de Cedros, situada no Ceará e concluída em 1906. Segundo Quinta Ferreira (1990), “a construção de barragens é uma atividade de engenharia muito antiga, tendo sido particularmente intensa nas regiões secas onde o clima obrigava ao armazenamento de água. Uma das barragens mais antigas de que há conhecimento data de há cerca de 4800 anos e foi construída em Sadd-El-Kafara, no Egito. Esta barragem tinha 11m de altura e 160m de comprimento”.

Segundo Jesus (2011) “a 2000 anos a.C. a primeira civilização a ocupar o crescente fértil, os sumérios desenvolveram o sistema de irrigação para a agricultura e o consumo e criaram reservas de água através de barragens”.

Ainda segundo Jesus (op. cit.), “o início do século XIX foi marcado pela construção de três grandes barragens nomeadamente as de Meer Allum (India), Zola (França) e Parramata (Austrália) “.

Em 1936, dá-se um marco assinalável na história da construção de grandes barragens pela construção da barragem de Hoover, no rio Colorado nos E.U.A. Quando construída era a maior barragem do Mundo com 221,4 m de altura máxima. Atualmente continua a ser uma das obras de referência mundial no ramo da construção de barragens.

Atualmente a maior barragem do mundo é a barragem das Três Gargantas (Three Gorges Dam). Foi construída no rio Yang-Tsé, o maior rio da China. A construção desenvolveu-se entre 1993 e 2006 e a conclusão da obra ocorreu cerca de meio ano antes do prazo inicialmente previsto. Tem 2309 metros de desenvolvimento do coroamento e 185 metros de altura máxima.

Considerando que as barragens são obras de tamanha grandeza e com múltiplas funções, foi visível o desenvolvimento de muitos países que foram acumulando grandes somas de dinheiros o que veio melhorar a prestação dos serviços e o seu desenvolvimento económico.

1.5. As Barragens. Sua Importância

Barragens são represas para o armazenamento e regularização dos cursos de água.

Procurar aumentar as reservas de água deve ser a primeira resposta ao aumento das necessidades de consumo das populações. Para tal pode recorrer-se a muitas técnicas, com processos mais ou menos dispendiosos e mais ou menos prejudiciais para o ambiente.

As barragens possibilitam o armazenamento e regularização dos cursos de água, de capacidade muito variada podendo permitir a criação de albufeiras com uma capacidade de armazenamento de várias centenas de milhões de metros cúbicos, e têm grande importância pois fornecem água para usos domésticos, agrícolas e indústrias, permitem também a produção de energia elétrica, regularização das cheias e a criação de locais de lazer.

No entanto, têm também algumas irregularidades, tendo em conta com a profundidade das fundações que alcançam grandes superfícies e o desabamento de barragens por falta de consistência rochosa fazem com que as populações das áreas circundantes se desloquem para outros lugares.

1.6. Classificação de Barragens

A implantação de uma barragem envolve certas etapas desde a observação do local selecionado para a sua construção, a bacia hidrográfica, a geologia da área que também é fundamental para fazer-se as fundações, e a precipitação. A construção e a etapa da exploração da albufeira que são a consequência da barragem que se pretende construir, que fornecerá água para irrigação dos campos de cultivo, abastecimento as populações para o uso doméstico, fornecimento de energia elétrica.

Segundo Jesus (2011) “as barragens podem ser classificadas segundo diferentes critérios devidamente selecionados que são: a estrutura, materiais utilizados, capacidade de armazenamento e finalidades. Esses tipos são: barragens de aço, barragens de madeira, barragens de materiais soltos, barragens de betão, barragens de gravidade e barragens de abobada.

1.6.1. Barragens de Aço

As barragens de aço apresentam como vantagens uma maior rapidez na construção, um custo inferior em relação com outros materiais, uma maior flexibilidade e por isso maior facilidade em resistir a assentamentos diferenciais, um bom comportamento sob as ações de gelo-degelo e além disso a soldadura permite reparar de forma simples as fugas nas juntas da barragem.

Porém devido a constituição que o material apresenta evidentemente merecerá uma frequente manutenção que o betão, e por possuir um peso inferior não se verifica o choque

das vibrações da queda de água. Estas barragens foram pouco utilizadas, devido ao desconhecimento a longo prazo da estrutura e por esta estrutura ser constituída por um material com menor peso.

A barragem de Redridge Stu, construída nos E.U.A, no início do século XX, é deste tipo.



Figura 1.1. Vista de montante da barragem de Redridge Steel, E.U.A. (Jesus, 2011).

1.6.2. Barragens de Madeira

As barragens de madeira são ideais para uma barragem temporária devido à sua facilidade e rapidez na construção. Se for bem projetada, construída e mantida, a estrutura poderá ter uma vida útil superior a 50 anos, mas os seus encargos na manutenção da madeira são muito elevados em comparação com outros materiais. Estes materiais normalmente são usados em fundações pouco resistentes onde o betão não pode ser utilizado, no entanto as barragens de madeira ao contrário das barragens de betão, aceitam ligeiros assentamentos sem interferir na estabilidade da estrutura.

1.6.3. Barragens de Aterro

Uma barragem de aterro é uma estrutura de retenção de água que é construída a partir de materiais resultantes da escavação numa mancha de empréstimo e colocados no corpo sem a mistura de outros materiais artificiais. Nas barragens de aterro a sua caracterização varia segundo o tipo de materiais utilizados na sua construção, podendo designar-se por

barragens de terra, barragens de enrocamento e barragens mistas que são constituídas por terra e enrocamento.

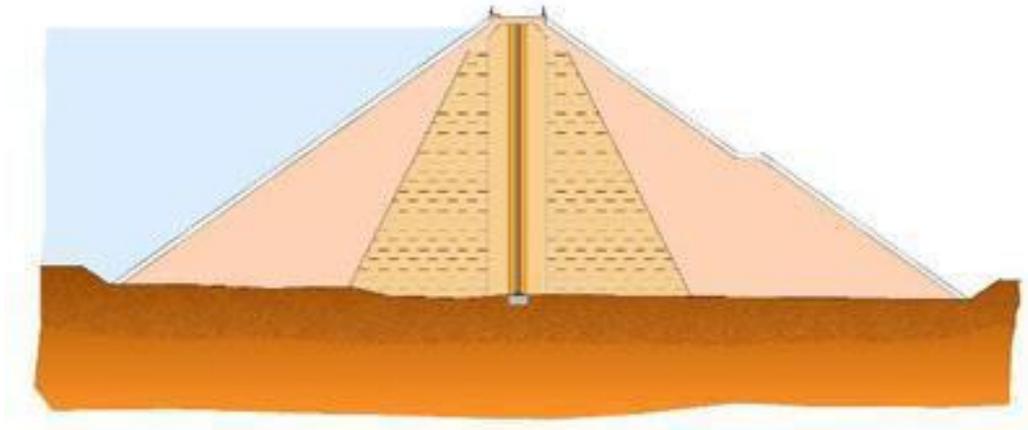


Figura 1.2. Secção da barragem de Gouvães (Portugal) (Jesus, 2011).

Estas barragens são construídas através da colocação de sucessivas camadas de materiais soltos de espessura variável e em seguida são compactadas.

A impermeabilização do corpo da barragem é assegurada por sistemas de impermeabilização, nomeadamente pela construção de uma cortina de impermeabilização sobre o paramento de montante (betão, asfalto ou metálica), ou por um núcleo impermeável em argila.

1.6.4. Barragens de Betão

As barragens de betão caracterizam-se por possuírem grande resistência até grandes alturas, pela sua qualidade, mas também pela sua vulnerabilidade em vales muito extensos. Apesar das suas vantagens, as barragens de betão necessitam de uma especial atenção para evitar assentamentos acentuados, limitar a fissuração e controlar a reatividade entre o cimento e os agregados de forma a diminuir a probabilidade da ocorrência da reação alcali-silica.

Quanto ao processo de construção existem atualmente dois tipos de barragens de betão: betão compactado com cilindros (BCC) e betão convencional.

As propriedades estruturais de uma barragem de betão compactado com cilindros são semelhantes às propriedades das barragens de betão convencional. No entanto, como o

betão é colocado sucessivamente em camadas de pequena espessura, o processo construtivo acaba por ser muito mecanizado.

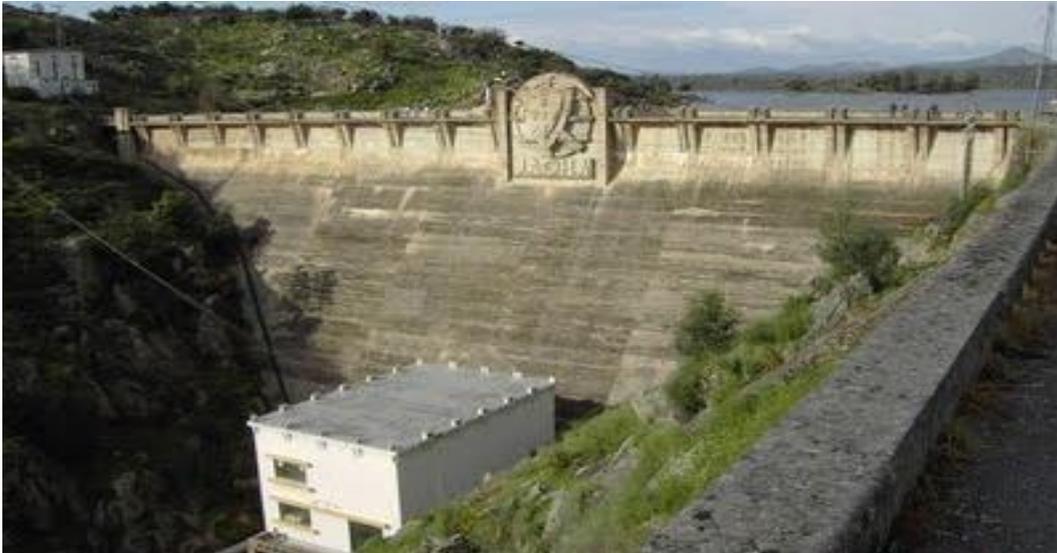


Figura 1.3. Vista do paramento de jusante da barragem de Idanha (Portugal) (Jesus, 2011).

De acordo com o tipo estrutural, as barragens de betão convencional podem ser classificadas em:

- Barragens de gravidade;
- Barragens de gravidade aligeirada;
- Barragens de gravidade com contrafortes;
- Barragens de arco gravidade;
- Barragens em abóbada de dupla curvatura;
- Barragens de abóbadas múltiplas.

1.7. Acidentes em Barragens

O desabamento de uma barragem causado por uma rotura numa das partes da barragem pode chamar de acidente em barragem

Segundo (Almeida,2001) os vales e as planícies férteis nas margens dos rios historicamente sempre constituíram zonas de atração para as populações se fixarem, e hoje chamados também de centros de concentrações populacionais. Os benefícios desta ocupação têm como contrapartida os custos associados aos riscos naturais próprios dos vales. As cheias apesar de serem benéficas ao propiciarem a agricultura, constituíram

sempre um grande perigo para as pessoas que habitam nos vales, este perigo fortemente minimizado sempre que o ritmo de ocorrência de cheias é empiricamente apreendido e transmitido através das gerações.

Contudo o avanço da engenharia tem vindo a minimizar de modo significativo os acidentes nas grandes barragens que o homem tem vindo a empreender bem recentemente.

Os acidentes acontecem quando surgem roturas num dos sectores da barragem originado por falhas na sua base.

1.7.1. Barragem de Baldwin Hills

Num sábado à tarde, do dia 14 de Dezembro de 1963, ocorreu uma explosão de água na fundação da barragem na zona das albufeiras na colina localizada em Los Angeles metropolitana. O volume de água armazenada no reservatório era de aproximadamente $947 \times 10^3 \text{ m}^3$. A rotura levou ao esvaziamento em poucas horas, e inundou uma área significativa e provocou a destruição de 277 habitações. A ação atempada das autoridades levou a que os danos tivessem sido minimizados, mas não evitou a perda de 5 vidas e um prejuízo de 12 milhões de dólares.

Os deslocamentos levaram à rotura da camada que cobria o revestimento do reservatório da bacia que tinha sido construída em 1951. Ironicamente, a espessura de 3 metros e a sua drenagem tinha sido arquitetada e desenhada para isolar a fundação do canal de escoamento de água do reservatório providenciando assim o que era considerada como uma margem de segurança contra a pressão, um processo caracterizado como um desenvolvimento gradual da estrutura fraturada da cavidade do canal.

Os projetistas não tinham pensado nas compensações ao longo de uma ou mais fissuras suficientes para destruir a barragem (parede).

Um dia depois do sucedido notou-se que a maior fissura ocorreu ao longo de uma falha do reservatório no lado oeste da falha que se moveu relativamente para baixo em relação ao lado este. Essa fissura foi suficiente para estragar o revestimento até ao chão do reservatório e a deslocação da superfície até 15 cm.

1.7.2. Rotura da Barragem de Teton

A barragem de aterro de Teton (Estados Unidos da América) foi construída pelo United States Bureau of Reclamation. Tinha cerca de 100 metros de altura máxima e a sua rotura que ocorreu no dia 5 de junho de 1976 provocou a morte a 11 pessoas e originou prejuízos de cerca de 1 bilião de dólares.

A barragem estava localizada numa depressão tectónica no topo de um tufo de cinzas riolítico, que por sua vez assentava sobre rochas sedimentares. Toda área era muito permeável mas não foi observada percolação no corpo da barragem antes do colapso, embora várias nascentes tivessem exsurgido a jusante poucos dias antes do acidente.

Na manhã de 5 de Junho de 1976 apareceu uma fuga de água no talude a jusante da barragem junto ao encontro da margem direita. O alarme foi dado. Dois bulldozers que procuravam colmatar a brecha foram apanhados pela erosão interna crescente no corpo da barragem. Perto do meio-dia a barragem ruiu. À noite toda a albufeira se encontrava esvaziada. As cidades de Idaho Falls e American Falls sofreram perdas apreciáveis (Costa, 2006/2007).

1.8. Metodologia do Trabalho

Depois de se seleccionar a temática para uma abordagem científica e significativa, foram propostos os objetivos, o que implicou a seguinte metodologia de trabalho:

- Revisão da literatura sobre a temática em estudo;
- Identificação e trabalho de campo do local em estudo sobre: A topografia, geologia, hidrografia, precipitação;
- Utilização de meios que facilitam o estudo tais como: bússolas, G.P.S, maquinas fotográficas e viatura;
- Análise e interpretação de dados.

Para além deste capítulo introdutório, a dissertação é constituída por mais três capítulos organizados da seguinte forma:

Capítulo I – Introdução;

Capitulo II – Enquadramento Regional;

Capitulo III – Caraterização Física da Área em Estudo;

Capitulo IV - Conclusões e Recomendações.

Capítulo II. Enquadramento Regional

Neste capítulo faz-se referência ao enquadramento regional da área em estudo, no que se refere à: descrição geográfica e administrativa da região, geologia, climatologia e hidrografia.

2.1. Enquadramento Geográfico e Administrativo

Angola é um país que se situa na parte sul do continente africano, entre as coordenadas geográficas de 4° 22' e 18° 02' de latitude sul; 11° 41' e 24° 05' de longitude este. Possui uma costa marítima de 1650 km que vai desde Cabinda até ao Nimbe e uma fronteira terrestre de 4837 km cuja superfície total é de 1.246.700 km². A sua capital é Luanda. Administrativamente está dividida em 18 províncias, 163 municípios e 509 comunas.

Nesta enorme superfície destaca-se a província da Huíla (Figura 2.1) que se situa a sul de Angola, composta por 14 municípios que são: Lubango, a capital, Humpata, Cacula, Caconda, Chipindo, Matala, Quipungo, Jamba, Chicomba, Quilengues, Chibia, Gambos, Caluquembe e Cuvango. Esta província tem a configuração de um retângulo com as seguintes coordenadas: 13° 15' e 16° 30' sul, 13° 30' e 16° este; com uma superfície territorial de 79022 km² e uma população estimada em 2,6 milhões de habitantes, que corresponde a uma média de 32 habitantes por km². (Atlas geográfico de Angola, 1982).

A área em estudo foi selecionada no município da Humpata que se situa a 22 km, a oeste da cidade capital do Lubango a uma altitude de 2300 metros. Este território tem por limites os paralelos 15° e 15° 30' sul e meridianos de 13° e 13° 30' leste; possui uma população estimada em 103.339 habitantes, distribuída essencialmente por cinco povoações nomeadamente: sede do município, Palanca, Bata-Bata, Neves e Kaholo e com uma superfície de 1261,25 km².

O município da Humpata tem as seguintes confrontações e limites: a norte com o município da Bibala; a sul com o município da Chibia; a este com o município do Lubango e oeste com o município do Virei que pertence à província do Namibe (Direção Municipal da Agricultura da Humpata, 2014).

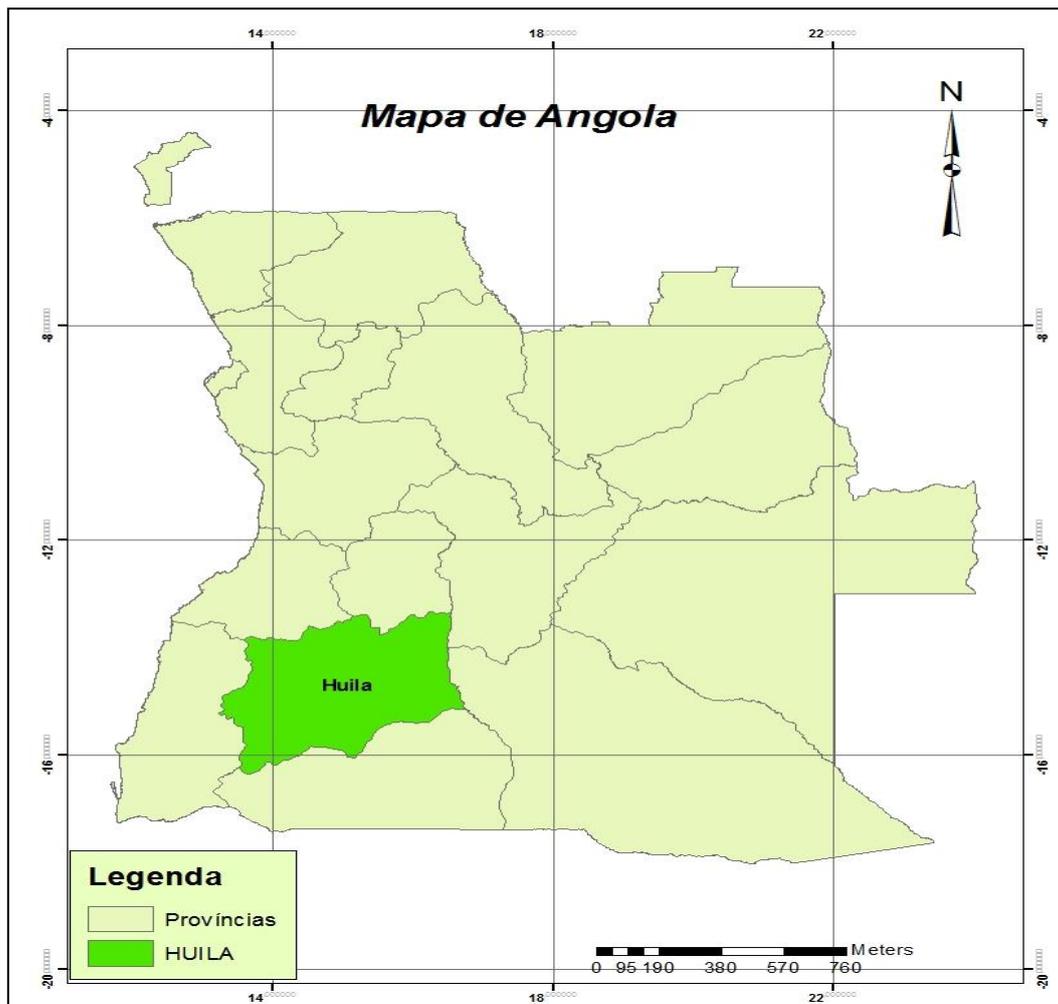


Figura 2.1. Localização da província da Huíla em Angola (Calei, 2014).



Figura 2.2. Localização do município da Humpata na província da Huíla (Calei, 2014).

2.2. Climatologia e Hidrografia

2.2.1. Climatologia

A distribuição da radiação solar no planeta Terra não é feita de igual forma para todas as partes. Assim, as regiões onde os raios solares incidem perpendicularmente sobre a superfície têm temperaturas elevadas e as partes que recebem com uma inclinação têm menor temperatura.

De acordo com a classificação de Koeppen, o clima da região planáltica (planalto da Humpata) é um clima mesotérmico ou temperado, prevalecendo duas estações durante o ano: a época chuvosa (setembro a abril) e a época seca (maio a setembro) (Figura 2.3).

O clima da região sub-planáltica (região situada abaixo da serra) é um clima seco de estepe em que as oscilações térmicas são por vezes muito grandes.

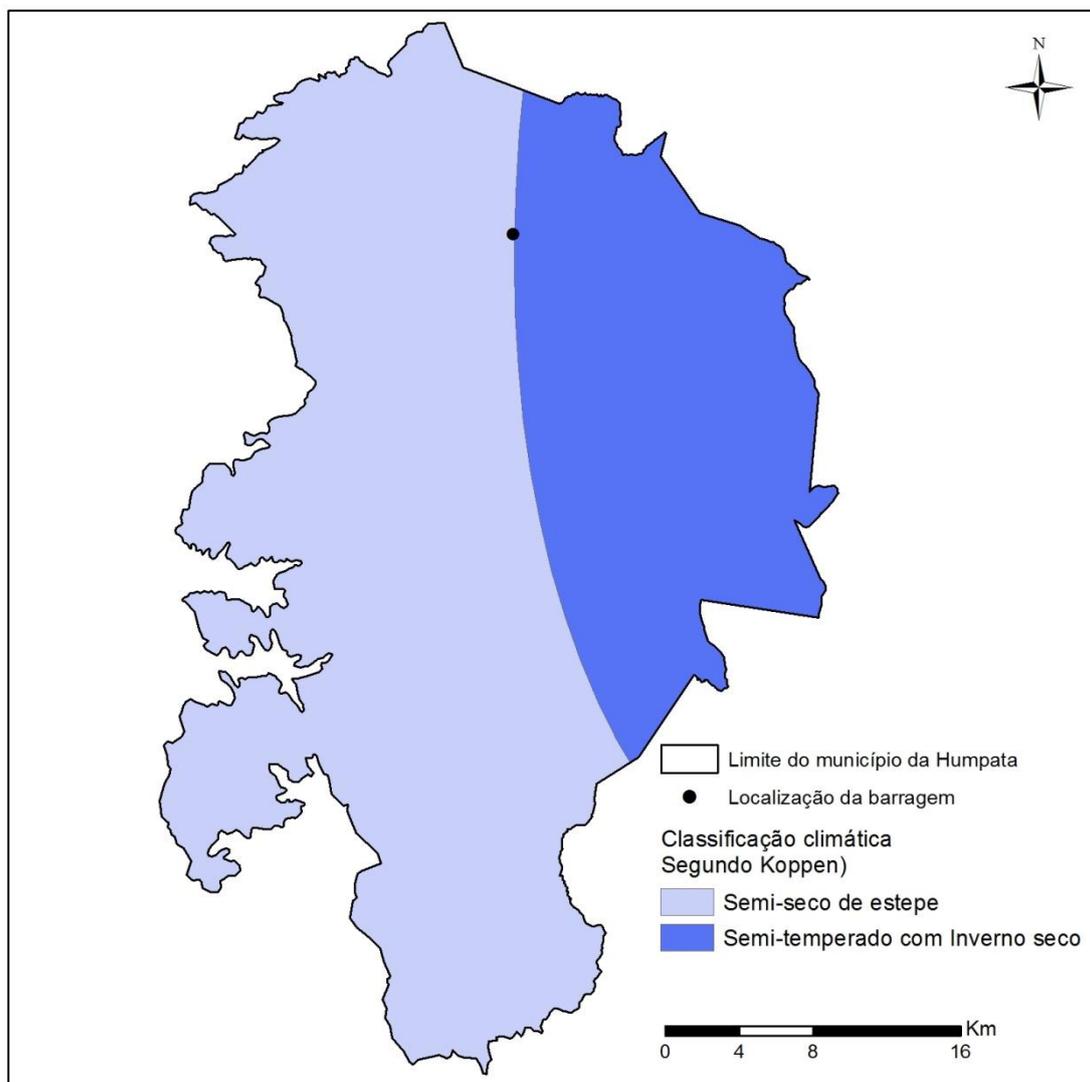


Figura 2.3. Mapa representando o clima da região (Sinfic, 2015).

2.2.2. Temperatura

A temperatura média do ar no mês mais frio está compreendida entre 3 e 18 graus centígrados, correspondendo o inverno à estação seca.

O clima da região sub-planáltica (região situada abaixo da serra) é um clima seco de estepe em que as oscilações térmicas são por vezes muito grandes.

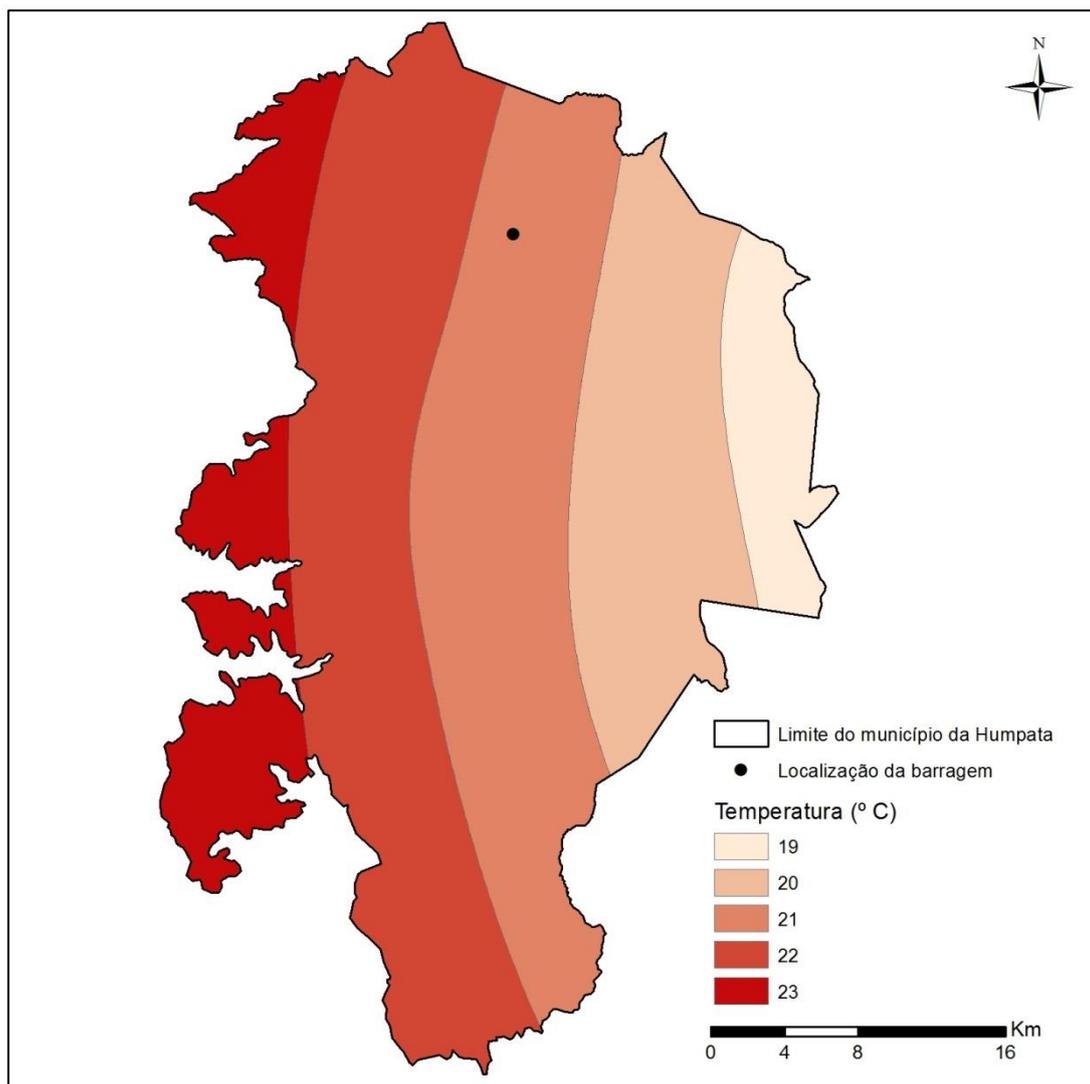


Figura 2.4. Mapa representando as temperaturas médias anuais da região (Sinfic, 2015).

2.2.3. Os Solos

Na área da Humpata, possível observar a determinados materiais rochosos da formação da Chela, como os xistos argilosos e os calcários dolomíticos, em correspondência os relevos suaves ou aplanados.

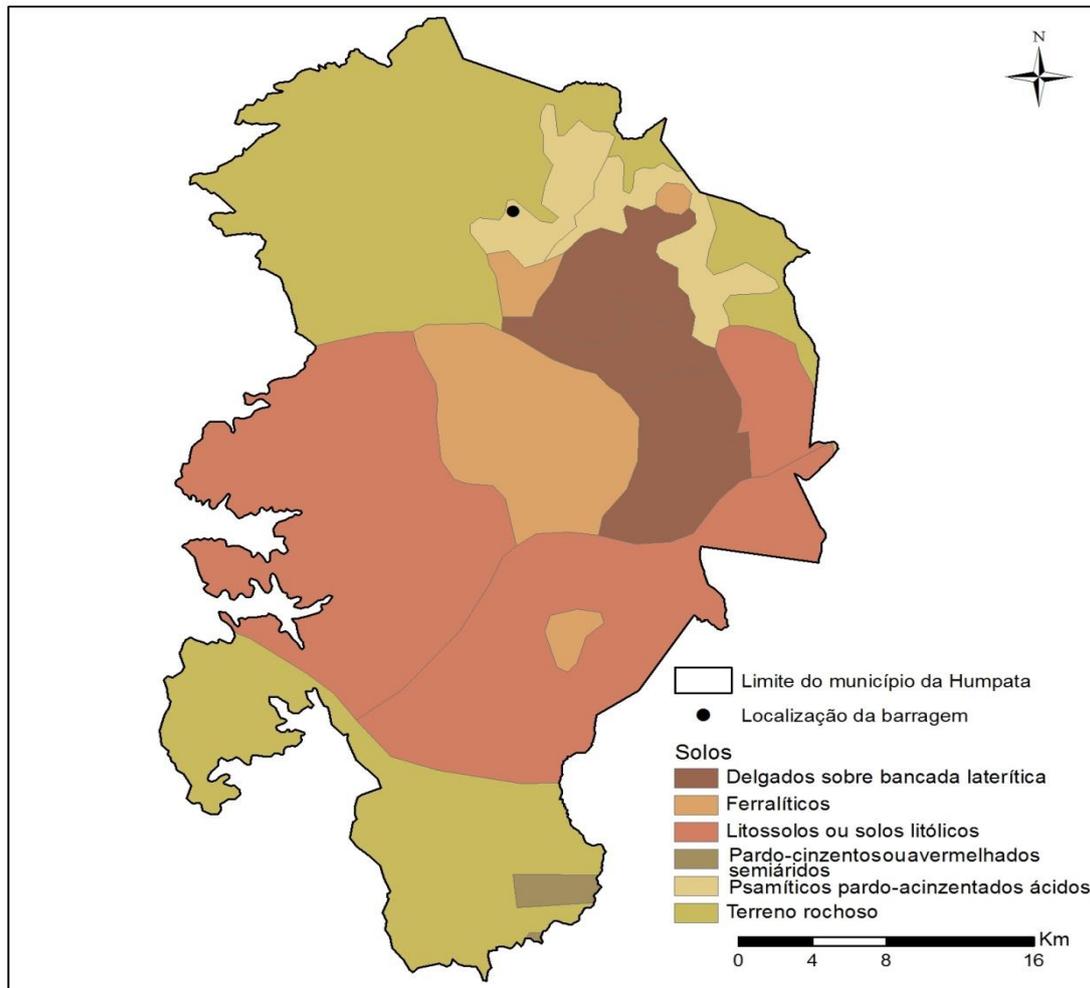


Figura 2.5. Mapa representando os solos da região. (Sinfí, 2015).

Os solos ferralíticos, a outra grande unidade, tem ocorrência normal em toda faixa meridional e do sudoeste da zona caracterizada pelos climas secos, com gradações desde sub-húmido seco até ao semiárido. As condições locais relacionadas com a presença de couraças lateríticas a pouca profundidade ou atribuíveis à natureza da rocha subjacente, que impliquem fraco desenvolvimento do solo ou ainda pela ocorrência de materiais grosseiros, são motivos de frequente descontinuidade na representação dos solos ferralíticos. Assinala-se ainda no planalto da Humpata o aparecimento de solos ferralíticos bastante espessos, vindo a constituir o limite sudoeste da sua representação em Angola (Castanheira Dinis, 2006).

Os solos da região são bastante férteis, proporcionando assim um bom desenvolvimento agrícola, sendo esta a principal atividade económica existente na região do município da Humpata.

Os autóctones que povoam a área, pertencem a dois clãs distintos na região planáltica. A população nativa é constituída por “Muilas” que ali se acham radicados e que se dedicam à lavoura e à pastorícia.



Figura 2.6. Representação da pastorícia na região.

A região sub-planáltica é essencialmente povoada por “Mucubais”, tribo caracterizada pelo seu nomadismo, vivendo os seus constituintes quase que exclusivamente do gado bovino e caprino que apascentam.

Atualmente há também a considerar a presença da etnia Ovimbundu no município.

2.2.4. A Vegetação

Sob o aspeto vegetacional a área é revestida, fundamentalmente, por dois tipos de vegetação, designado, respetivamente, por comunidade *Berlinea-Brachystegia-Combretum* e mato de copaífera mopane (*Muteate*). Há também a referir a presença de savanas, prados de altitude ou anhara do alto.

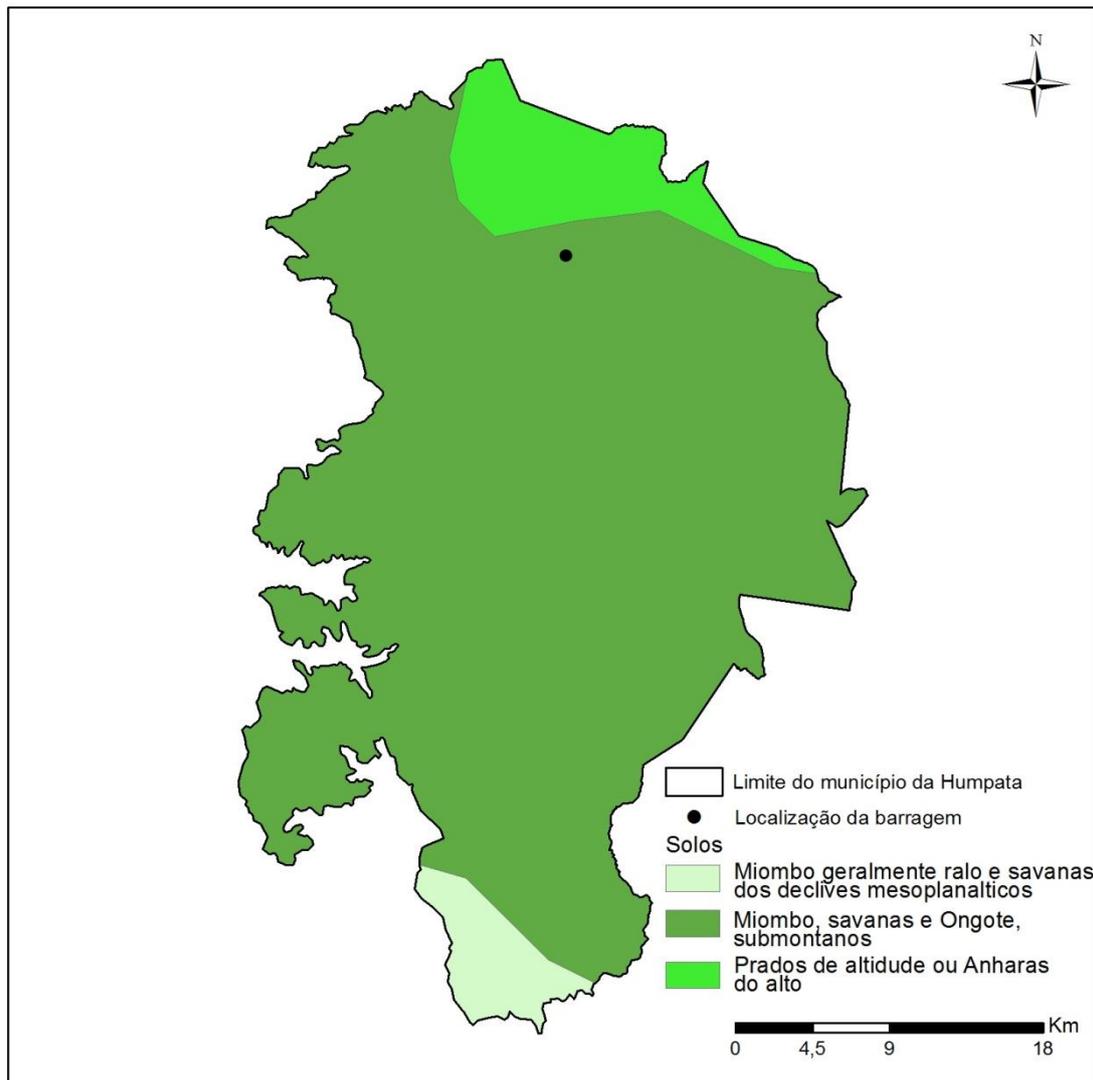


Figura 2.7. Mapa representando a vegetação da região (Sinfic, 2015).

2.2.5. Precipitação

Nesta região as precipitações são fracas. É frequente o aparecimento de fluorescência salina em alguns dos cursos de água.

Os valores de precipitação encontram-se entre 1100-900 mm/ano.

2.2.6. Hidrografia

A Humpata é um município que se situa numa região planáltica a uma altitude de 2300 metros. É nesta região planáltica que nascem alguns rios da mesma região que correm para as partes mais baixas onde vão alimentar o rio Caculuvar.

Na maior parte dos casos os principais cursos de água aproveitaram linhas de fratura para traçarem os seus leitos.

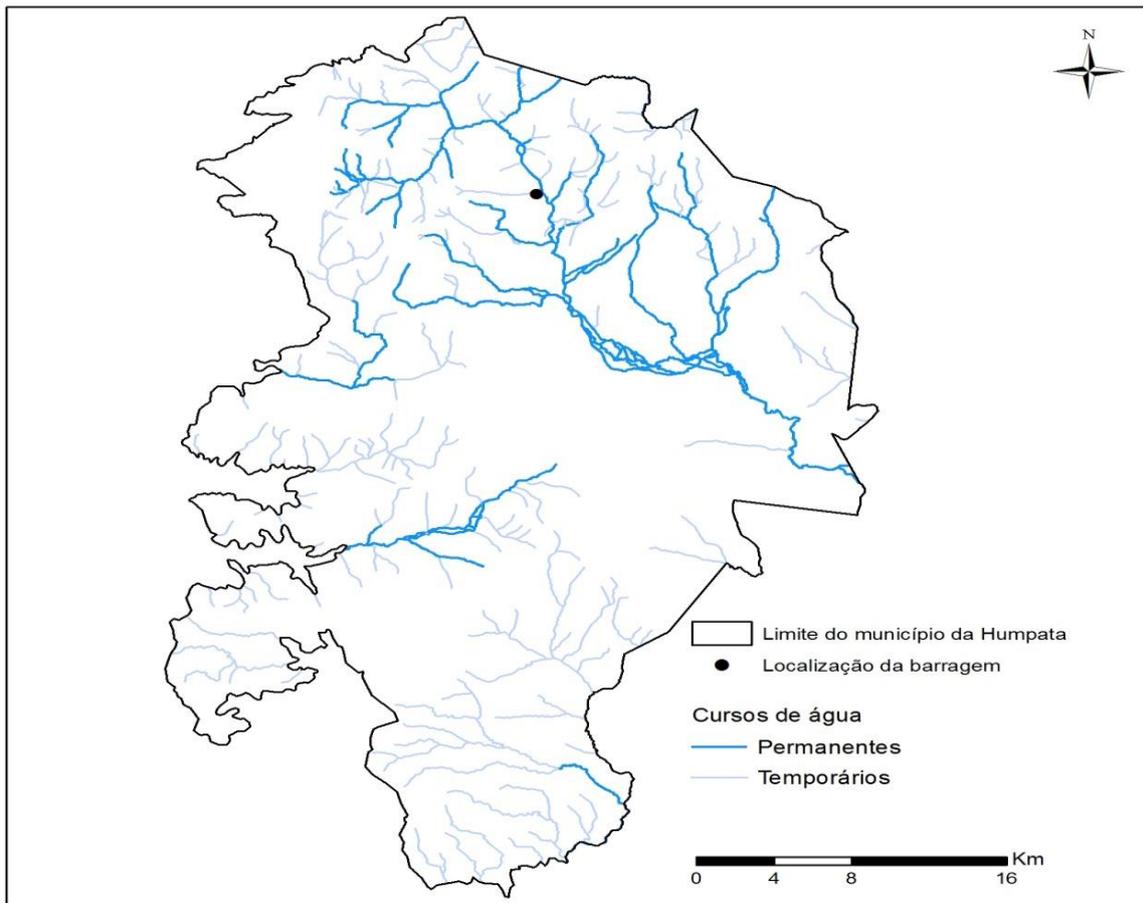


Figura 2.8. Mapa representando a hidrografia da região (Sinfic, 2015).

A região planáltica é um grande reservatório de água em consequência da forte pluviosidade e da existência dum “bed-rock” propício a um vasto armazenamento, dada a circunstância de se apresentar muito fraturado. Devido a este fato, os rios desta zona são na sua maioria de regime permanente, e na região sub-planáltica os rios são na sua maioria de regime temporário.

Os principais cursos da região planáltica dirigem-se essencialmente para oeste e leste. A origem desta divergência está ligada ao notável acidente tectónico, falha NW-SE. Esta falha que é muito posterior a outras grandes falhas existentes na área, teria tido origem numa

epirogenia de idade cretácica. Esta epirogenia atingiu o espaço ocupado pelas camadas das series da Chela, que partiram segundo a direção acima referida. Desta epirogenia e consequente fraturação resultou, no levantamento do bloco situado a leste, o qual teria executado um movimento de báscula,

O bloco deslocado originou, pois a divisória das guas que ainda hoje se distingue muito bem nesta região. Esta divisória de guas que é constituída por uma crista quartzítica, sobrepõe-se aos calcários do topo das series da Chela situados a oeste, o que mostra a amplitude do movimento que o referido bloco foi sujeito.

Os rios que se formaram a leste desta divisória é que drenam o flanco mais suave do bloco deslocado, vo engrossar a rede tributária do Caculuar, rio que muito mais longe e a sul desagua no rio Cunene.

Os rios que se dirigem para oeste e sul e que sulcam o comportamento situado inferiormente ao flanco escarpado, flanco representativo da falha, desaguam abaixo da serra em quatro cursos principais, que são os rios de Santa Teresa, Bumbo, Ngombo e Saiona ou rio dos elefantes. Os dois primeiros fazem parte da rede hidrográfica do Giral e os dois últimos do Bero.

Tanto o Bero como o Giral, são rios de regime torrencial que lançam as suas águas no Atlântico a norte do Namibe.

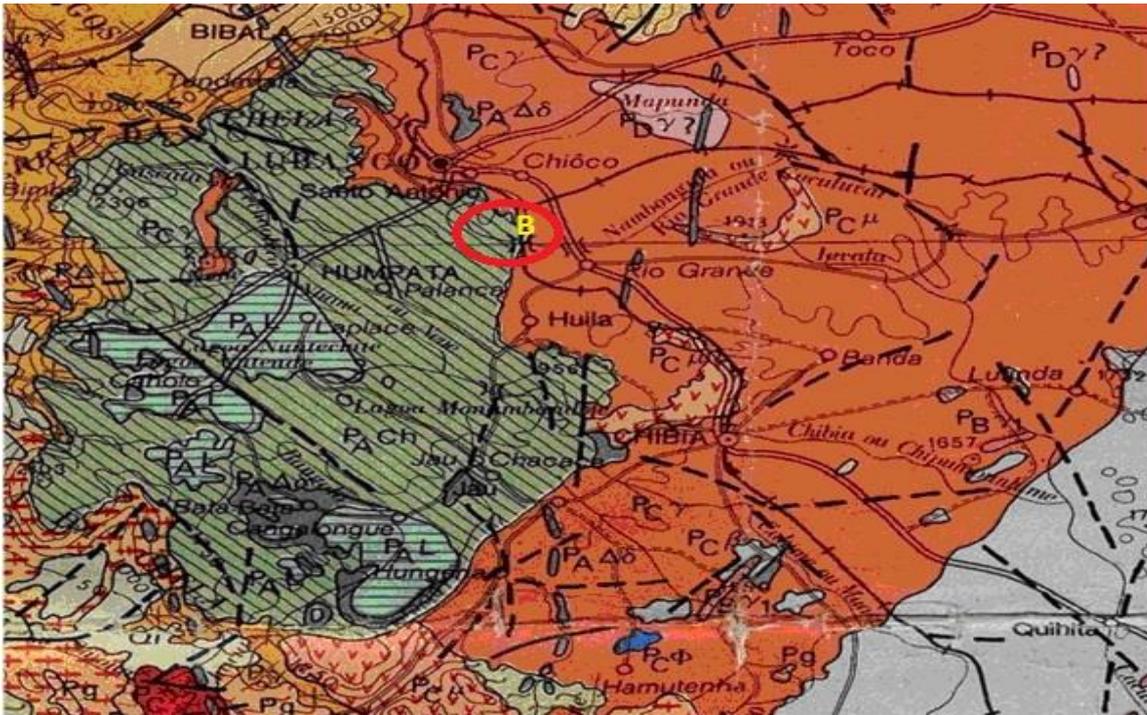
2.3. Enquadramento Geológico Regional

A rea da Hupata-Cainde  fértil em aforamentos. As rochas expostas, que constituem o seu substrato, representam na maior parte formações antigas.

Em algumas zonas estas formações acham-se cobertas por outras mais recentes. As formações mais antigas, constituídas por rochas evidenciando um alto grau de metamorfismo, são afloram na região sub-planáltica.

Contudo a maior parte desta região é ocupada por um granito muito antigo, este granito constitui também a base em que assentam as camadas que coroam a região planáltica representativas das séries da Chela.

As rochas eruptivas de diferentes naturezas e várias idades, no geral do tipo filoniano, foram igualmente assinaladas no mapa geológico da região. Estas rochas representadas por gabros, peridotitos, dioritos, lamprófiros, doleritos e pórfiros, penetram não são através das formações metamórficas, como do granito e camadas das séries da chela (Figura 2.9).



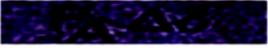
	Noritos e doleritos (1118 Ma)
	Formação da Leba-Tchamalindi (calcários dolomíticos com estromatólitos)
	grupo da Chela (siltitos, argilitos, arenitos, vulcanoclastitos, etc)
	Granitos bióticos da Região Central (granitos regionais) P _C γ (2250m.a.); granodioritos e dioritos (P _C Δ)
	Pórfiros granitoides e rochas vulcânicas da Chibitia (2210 Ma) e da região central
	Complexos granítico-migmatítico (2520±36 Ma)
	Granito do Caraculo-Bibala
	Granitos e granodioritos; Dioritos e Granodioritos
	Grupo da chela (siltitos, argilitos, arenitos, Vulcano clastos etc.)

Figura 2.9. Mapa geológico e sua legenda apresentando o tipo de rochas da região da Humpata (Carvalho,1974).

As idades de todas as formações identificadas apresentam-se escalonadas, indo desde a base do Pré-câmbrio até ao quaternário recente.

Às diversas formações identificadas na área são atribuídas as seguintes idades:

2.3.1. Quaternário

a) Recente: aluviões superficiais depositados ao longo dos cursos de água (não representados na carta).

- b) Pliocénico: calcários superficiais, depósitos das grutas (não representados na carta).
- c) Indiferenciado: depósitos de vertentes.

a) Recente

Aos depósitos arenosos, que revestem superiormente os leitos dos cursos de água existentes ou que ocupam superficialmente pequenas zonas, foi atribuída esta idade. A escala do mapa não permite, porém, a representação destes depósitos.

b) Plistocénico

As crostas calcárias que se encontram com frequência na região sub-planáltica, recobrendo não só as rochas expostas como o próprio solo, têm sido consideradas como pliocénica (Beetz e outros) citados Vale (1973).

Estas crostas calcárias são muito frequentes na parte do sudoeste de Angola atingido pela desertificação (regiões desérticas ou semi-desérticas).

A origem destas crostas calcárias está, não só relacionada com a existência de condições áridas como ainda com o transporte pelas águas subterrâneas, de carbonatos derivados da alteração e composição das rochas subjacentes, as quais, evaporando-se rapidamente, deixa assim os carbonatos depositados a superfície do solo.

São também plistocénicos os depósitos das grutas, existentes na região planáltica, em zonas ocupadas por rochas calcárias (calcários dolomíticos). Nestes depósitos, que por vezes assumem um aspeto brechóide, têm sido encontrados restos de vertebrados.

Serão ainda plistocénico alguns utensílios pré-históricos de fabrico muito rudimentar, encontrados em diversos locais da área.

As crostas calcárias e os depósitos das grutas não se acham representados na carta.

C) Indiferenciado (depósitos de vertente)

No sopé do maciço montanhoso situado no canto sudeste da área existem depósitos eluvio-aluvionares resultantes da meteorização e desagregação dos pórfiros dioríticos que constituem aquele maciço. Estes depósitos prolongam-se para a área situada a sul.

2.3.2. Terciário

Pliocénico (?): depósitos torrenciais (aglomerados); laterites da região planáltica.

Na encosta oeste e sopé da serra da Chela, há extensas zonas cobertas por depósitos, constituídos por material grosseiro, pouco trabalhado pela erosão. Estes depósitos dispõem-se inferiormente à rede de cabeceira dos cursos de água com origem naquela encosta e prolonga-se até grande distância pela planície situada inferiormente.

Na encosta e sopé da serra são essencialmente constituídos por areias, calhaus e blocos das rochas greso-quartzíticas situadas no topo da escarpa.

Na planície, ou seja a maior distância do sopé da serra, estes depósitos apresentam já uma constituição mais heterogénea, em virtude das torrentes que os originaram já terem atravessado zonas onde afloram rochas de outra natureza (eruptivas e metamórficas), tais como: granitos, doleritos, gneisses, anfíbolitos, etc.

As zonas ocupadas por estes depósitos apresentam a existência de verdadeiros cones de dejeção ligados a uma atividade erosiva bastante intensa, mas um tanto longínqua, que trabalhou intensamente a vertente escarpada da serra. Hoje, ao longo da escarpa, esse tipo de erosão torrencial se verifica excecionalmente.

Esta formação conglomerática incoerente apresenta em alguns locais (leitões dos atuais cursos de água), espessuras que vão além dos 5 metros.

Os depósitos em questão serão em grande parte pliocénicos, visto o final do terciário ter sido o período de maior atividade das torrentes que os originaram.

Serão ainda pliocénicas, ou talvez um pouco mais antigas, algumas das couraças lateríticas existentes na região planáltica sobretudo a norte e nordeste. Na região sub-planáltica as laterites são muito raras.

2.3.3. Primário

Câmbrico a Silúrico: formação da Chela. A sucessão de camadas constituídas por rochas greso-quartzíticas, xistos e calcária, que coroa a região planáltica, é designada por séries da Chela.

Em alguns locais, fora da área, tem sido encontrado na base desta sucessão um conglomerado ou brecha.

Determinados factos mostram que esta sucessão de camadas traduz uma face de fraca profundidade. Entre outros, perder-se-ão citar a existência de “ripple-marks” nas rochas greso-quartzíticas, presença de estromatólitos nas rochas calcárias, certas irregularidades verificadas na sedimentação das rochas greso-quartzíticas.

Observações feitas ao longo das escarpas leste, e oeste e ainda a noroeste da Humpata, onde o granito regional emerge dentre as camadas greso-quartzíticas, mostram que a deposição dos sedimentos que deram origem a esta sucessão, foi feita sobre uma superfície irregular de natureza granítica ou granodiorítica, facto já comprovado por Faber, citado por Vale (1973) que foi um dos grandes investigadores que passaram pelo sul de Angola.

A deposição desta sucessão não está, pois, ligada a sua transgressão de grande envergadura.

A falta de continuidade do conglomerado de base, sua constituição e o aspeto já descrito de “bed-rock” em que o mesmo se depositou, levam a supor, estar a origem da referida sucessão ligada a um abatimento continental. Os estratos que constituem a sucessão ter-se-iam assim, depositado numa fossa, tendo o conglomerado ou brecha de base uma origem glacial ou fluvio-glacial.

Há nesta sucessão de estratos três séries distintas: série inferior, média e superior.

A litologia de cada uma destas séries é a que a seguir se apresenta:

- Série superior (pz3)

Calcários dolomíticos em bancadas, frequentemente silicificados, sendo vulgar a existência de bandas de sílex paralelas a estratificação. Nalguns locais estes calcários contêm estromatólitos.

- Série média (pz2)

Xistos argilosos, castanhos, vermelhos, amarelos ou cinzentos.

Siltitos vermelhos, grés vermelhos ferruginosos, grés branco feldspatos de grão fino, quartzitos brancos, róseos ou acinzentados passando gradualmente a grés e vice-versa contendo por vezes, intercalações de “chert”.

- Série inferior

Conglomerado de pasta quartzítica (não identificado na área).

Faber atribuiu a sucessão de camadas que constituem as séries da chela, sucessão que considerou como um sistema (sistema da chela) uma espessura da ordem dos mil metros.

As observações ultimamente efetuadas mostraram que essa espessura não vai além dos 600 metros. Destes 600 metros, 400 metros correspondem pelo menos as camadas greso-quartzíticas.

As rochas doleríticas acham-se interestratificadas nas séries da chela, dispondo-se entre os calcários e os xistos entre as diversas camadas de calcário ou ainda entre a base da sucessão e o “bed-rock” quartzítico. Algumas das “soleiras” doleríticas existentes revelam apreciável possança. Diques destas rochas básicas cortam ainda em algumas zonas as camadas que constituem as séries da chela.

As camadas de calcário dolomítico apresentam quase sempre uma disposição horizontal ou sub-horizontal.

Entre estas rochas, que representam a série superior e as do topo da série média (xistos e siltitos), há uma ligeira discordância (discordância angular).

Os calcários dolomíticos ocupam extensas zonas na região planáltica (planalto da Humpata) e ali largamente utilizados para o fabrico da cal.

Estes calcários têm sido em maior ou menor grau afetados pela erosão química (erosão cárstica) a qual deu origem a formação de grutas em alguns lugares. Das grutas existentes, as da Leba, Nandimba e Cangalongue são as mais conhecidas.

A gruta da Nandimba, sob a qual corre um curso de água, apresenta num dos patamares numerosas estalactites e estalagmites.

Fendas de grandes dimensões (fendas de dissolução) encontram-se ainda com frequência nestas rochas calcárias.

A existência destas estruturas foi revelada pela primeira vez por P. Vasconcelos.

As calcárias dolomíticas da sucessão da chela são rochas compactas, de cor cinzenta azulada, apresentando nalguns casos um aspeto bandado. O modo de jazida é em bancadas e por vezes apresentam uma divisão em “plaquettes”.

São essencialmente constituídos por uma massa de carbonatos (dolomite e calcite), à qual se associam com frequência, grãos de quartzito rolados e angulosos.

Quando do estudo destas rochas em lâmina delgada foram também, por vezes, identificadas palhetas de moscovite e biotite, assim como pequenos oólitos formados essencialmente por carbonatos.

Os fenómenos de chertificação são frequentes, sendo muito vulgar o encontro de banda de sílex entre as lajes de calcário

As outras rochas que constituem as séries da chela apresentam as seguintes características:

Os xistos são rochas essencialmente argilosas de cor arroxeadas, amareladas ou acinzentadas, cheirando a barro e bafejadas e em que a xistosidade que apresentam coincide com o sentido de estratificação. Além da argila, estas rochas contêm determinada percentagem de quartzo, finalmente disseminado na matriz argilosa, a qual se apresenta, quase sempre, fortemente impregnada de óxidos de ferro que, em parte, transmitem a estas rochas as tonalidades já referidas. Pequenas pontuações micáceas, representando, no geral, micas de origem secundária, são ainda frequentes.

A classificação mais apropriada para estas rochas seria a de argilitos uma vez que, a xistosidade que apresentam não é propriamente uma xistosidade de pressão; contudo, mantem-se aqui a de xistos em virtude de assim designadas nos vários trabalhos que se referem a esta sucessão de estratos.

Os siltitos são as rochas de transição entre a notável espessura grés o-quartzítica e os xistos argilosos. Sobrepondo-se aos grés vermelhos ferruginosos estas rochas apresentam um aspeto compacto e quase sempre uma cor vermelha característica.

São essencialmente constituídas por minerais de argila e óxidos de ferro, apresentando-se esta mistura impregnada por sílica finamente dividida. Estas rochas, relativamente duras, com divisão lamelar mal definida, apresentam-se em lajes.

Em virtude da facilidade de talhe, tem sido, por vezes, utilizadas na construção.

Os grés vermelhos (grés ferruginosos) são rochas em que a dimensão de grão varia consideravelmente. A sua cor resulta do cimento estar impregnado por minerais de ferro. Alguns grãos de quartzo apresentam extinção ondulante e nota-se, por vezes, um crescimento em sílica secundária. É frequente o encontro nesta rocha de pequenos cubos de limonite, representando pseudomorfoses da pirite. Numa das amostras destas rochas foi identificado um grão de cassiterite.

O grés feldspático apresenta grão fino e cor clara. Visto ao microscópio, verifica-se que os grãos de quartzo apresentam extinção ondulante e que o cimento é essencialmente constituído por caulinite e sericite.

Quanto às rochas greso-quartzíticas, que constituem a base da série média, as mesmas apresentam-se sob diversas tonalidades. A dimensão do grão varia também muito. São frequente grés ou quartzitos de cor clara quase branca, castanha, acinzentada ou rósea, sendo esta a cor predominante. Ao microscópio verifica-se a existência duma textura granulosa; os grãos de quartzo apresentam quase sempre extinção ondulante e o cimento é essencialmente silicioso, sendo por vezes, representado por calcedónia. Óxidos de ferro e palhetas micáceas (sericites), são ainda frequentes nestas rochas.

Na grande espessura greso-quartzítica aparecem por vezes intercalações de grés conglomerática ou mesmo dum conglomerado pudinguiforme, de fraca possança, essencialmente quartzoso.

Estas intercalações apresentam um aspeto lenticular e provam ter a fossa onde se depositaram estes sedimentos, sido sujeita a oscilações de pequena intensidade.

Em virtude do conglomerado de base não apresentar um carácter de continuidade, as rochas greso-quartzíticas da base da série média, assentam na maior parte dos casos diretamente sobre o “bed-rock” granítico.

O conglomerado de base que só foi visto na Hunguéria, local situado na área contígua a leste (folha 356). Embora haja referências ao seu encontro noutros locais, é constituído por calhaus de quartzito e quartzo, de dimensões variáveis, que no geral não vão além de 1 decímetro e se apresentam ligados por um cimento quartzítico.

Na pasta deste conglomerado, cuja possança anda à volta de 5 metros, são frequentes ainda pequenos nódulos de hematite.

As camadas da série média, apresentam-se geralmente com uma deposição horizontal ou sub-horizontal. Contudo, em determinadas zonas verifica-se a existência de inclinações, um tanto pronunciadas, as quais estão relacionadas com a existência de acidentes tectónicos (falhas). A ligeira deformação que apresenta estas camadas, parece estar ligada a uma orogenia de fraca intensidade, na dependência de ações tangenciais, a qual teria tido, porém, lugar antes da deposição dos calcários, visto estas rochas se apresentarem, no geral, com uma disposição horizontal. As inclinações anómalas, que por vezes se verificam nas camadas de calcário, estão igualmente relacionadas com a fraturação, que em data muito posterior atingiu todos os estratos representativos da formação.

Beetz, geólogo sul-africano, que percorreu o sudoeste de Angola, correlacionou as séries da chela, que ele designou por formação da Chela, com as formações de Nama e de Otavi do sudoeste africano, e ainda com a série xisto calcária do baixo Congo e kundelungu do sistema de katanga.

À formação do Nama, é atribuída a idade câmbrica.

2.3.4. Precâmbrico

a) Proterozoico: série xisto-quartzítica do grupo “series metamórficas do sul de Angola”.(sistema do Oendolongo).

Esta série, ainda que não convenientemente definida, assenta em discordância sobre as formações do complexo de base.

Dada a natureza das rochas que a constituem, esta série parece ser o complemento duma outra, anteriormente identificada na área contígua a leste, então designada por série metamórfica da Hamutenha.

Na verdade as rochas que constituem o topo desta série (xistos ordoseiros), são sensivelmente da mesma natureza das que representam a base da série metamórfica identificada na área do mapa.

Os resultados das observações feitas nestas duas áreas conjugadas com informações colhidas em publicações e relatórios relativos a existência de séries de idêntica natureza em outras áreas da região, leva a conclusão de haver no sudoeste de Angola um vasto agrupamento de rochas metamórficas, compreendendo duas ou mais séries, que se dispõem em discordância sobre as formações do complexo de base.

As duas séries atrás referidas, correspondem, ainda que não inteiramente, a alguns dos horizontes representativos do sistema de Muva-Ankole identificado por Beetz no sul de Angola e ao grupo da Ovipaka da área do Curoca, conjunto de estratos metamorfizadas, assim designados pelos geólogos da companhia americana Longyear, que naquela parcela do território angolano, efetuou trabalhos de prospecção e levantamento geológico para o estado.

b) Arqueozoica: complexo de base superior a inferior.

Esta divisão de estratigrafia angolana, está largamente apresentada na área do mapa e compreende os sistemas de Damara e pré-Damara assinalados por Beetz no sudoeste da província.

As formações que representam ali o complexo de base correspondem sensivelmente às descritas primeiramente em 1933 (por Mouta e O' Donnell referidos por Vale (1973) e posteriormente por Beetz.

O complexo de base é representado na área por filádios, xistos biotíticos, micaxistos, Gneisses, anfíbolitos, quartzitos e mármore.

As rochas xistosas ou gnaissicas deste conjunto, foram em algumas zonas penetradas por soluções dependentes dum magma granítico que mais tarde irrompeu francamente em algumas zonas através das formações pré-existentes.

A fase inicial ou de ambição em conexão com a atividade granítica latente, deu, pois, origem ao "augen-gneiss" e a todo o restante cortejo de rochas migmatíticas existentes.

A existência de ectinitos em determinadas zonas, essencialmente representadas por filádios quartzosos, xistos mosqueados, xistos biotíticos, micaxistos, anfíbolitos e Gneisses bem estratificados, rochas a que se associam com frequência quartzitos e mármore e a de rochas migmatíticas em outras, representadas por anfíbolitos e Gneisses injetados, permite, até certo ponto, estabelecer uma divisão neste grande conjunto de rochas, sendo assim, possível dividir o complexo de base em superior e inferior.

Uma correlação, ainda que não perfeita, pode também ser admitida entre estas subdivisões e os sistemas de Damara e pré-Damara.

A referida correlação é traduzida da seguinte forma:

Complexo de base (Arqueozóico):

- Superior (sistema de Damara) – filádios quartzosos, xistos biotíticos, xistos mosqueados, Gneisses, anfíbolitos, quartzitos e mármore.
- Inferior (sistema de pré-Damara) - lentículas e camadas de mármore, anfíbolitos e gneisses não estratificados e frequentemente injetados.

c) Câmbrio a silúrico (séries da chela) Esta formação conglomerática incoerente (flangomerado) apresenta em alguns locais (leitos dos actuais cursos de água), espessuras que vão além dos 5 metros.

d) Os depósitos em questão serão em grande parte pliocénicos, visto o final do terciário ter sido o período de maior atividade das torrentes que os originaram.

2.3.5. Rochas Eruptivas

a) Pós-Pérmico: Pórfiros Dioríticos.

Estas rochas estão bem representadas no sudeste da área constituindo ali um notável maciço montanhoso que se prolonga para as áreas vizinhas situadas a leste e sul.

A morfologia dada pelo conjunto de elevações que definem o referido maciço, parece não só traduzir a existência dum intrusão maciça como ainda a dum vulcanismo com ela correlacionado. A hipótese de ter havido derramamento de lavas através de fraturas é pois de admitir. As lavas seriam representadas pelos pórfiros textualmente mais finos que muitas vezes revelam um aspeto compacto e um modo de jazida um tanto diferente.

A cor destas rochas é na geral acinzentada por vezes esverdeada, sendo, porém, muito mais escura, quase preta, nos tipos textualmente mais finos que possivelmente representarão a existência de lavas.

A matriz nestes pórfiros mostra-se vítrea e desvitrificada sendo no último caso, quartzo-feldspático.

Os constituintes fundamentais da geração feno cristalina são andesina, quartzo e biotite. A plagioclase aparece frequentemente zonada.

A moscovite foi às vezes identificada. Apatite e zircão representam os minerais acessórios. Clorite, caulinite e sericite são os produtos de origem secundárias mais vulgares.

Noritos

Estas rochas constituem vários e extensos diques sensivelmente dispostos na direcção norte-sul. Um destes diques atravessa totalmente a área prolongando-se para as áreas vizinhas.

Há uma íntima relação entre estas rochas e os doleritos a seguir descritos, visto ser vulgar, nos diques da região sub-planáltica o norito passar ao dolerito e vice-versa, o mesmo sucedendo nas soleiras de dolerito, existentes na região planáltica.

As referidas rochas terão pois, tido uma origem comum, representando os diques de noritos ou de dolerito, o enchimento de fracturas radiais, por um magma básico.

Os noritos que afloram na área são sensivelmente do mesmo tipo dos existentes nas áreas vizinhas. De cor escura, cinzenta esverdeada, revela ao microscópio uma textura ofítica ou sub-ofítica.

Labradorite, enstatite-bronzite ou pigeunite são os minerais essenciais. Micropegmatite por vezes associada ao quartzo aparece igualmente como factor essencial. Horneblenda e grãos de mineral opacos são os acessórios mais frequentes.

Doleritos

Os doleritos sem olivinas afloram profusamente na área, tanto na região sub-planáltica, onde o modo de jazida é filoniano, como na região planáltica, onde se apresentam igualmente em filões ou interestratificados na sucessão de camadas da chela ocorrendo também, entre a base dessa sucessão e o granito subjacente, constituindo nestes casos, extensas soleiras em que foram postas a descoberto em alguns locais pela ação da erosão.

Quanto ao aspeto são rochas mesomelanocratas ou melanocratas. A cor é cinzenta escura, por vezes quase preta. A tonalidade ligeiramente esverdeada observada em alguns locais é devida ao estado de alteração.

O grão vai de médio a fino. Os doleritos de grão fino constituem o tipo predominante. Pontuações piritosas são frequentes nestas rochas.

No geral, exibem textura ofítica típica e são essencialmente constituídas por labradorite de composição aproximadamente $Ab_{42} An_{58}$ e augite. Os acessórios estão representados pela biotite, esfena, apatite e grãos opacos. Epidoto, clorite, sericite, quartzo e calcite são os minerais secundários mais frequentes.

b) Ante-Pérmico: Pórfiros graníticos e quartzíticos

Pórfiros quartzitos

Estas rochas têm larga representação na área contígua a leste, onde se encontram associadas aos pórfiros graníticos e ao granito mais moderno (granito vermelho), tendo escassa representação na área em referência.

Foram unicamente identificadas junto ao rio dos Elefantes constituindo ali um filão fortemente milonitizado com alguns quilómetros de extensão.

A rocha deste filão, de cor castanha avermelhada, exhibe sempre uma textura porfírica.

Quartzo, ortose, plagioclase e biotite, são os principais constituintes. O quartzo apresenta-se com sequência em feno cristais e a biotite disseminada numa pasta essencialmente quartzosa.

c) Ante-câmbrias: Gabros; Hiperitos; Granitos; Granodioritos; Aplitos e pegmatitos.

Gabros quartzíferos

As rochas gabróides estão fracamente representadas na área havendo somente pequenas manchas, situadas principalmente, na parte sul da região sub-planáltica. Hiperitos olivínicos e gabros quartzíferos são as rochas gabróides que ali afloram.

O aparecimento destas rochas está ligado à vasta intrusão gabroanortosítica do sudoeste de Angola ocorrida nos tempos precâmbrianos. Contudo, estas rochas são mais modernas que o granito regional, visto ter penetrado através deste.

Os hiperitos olivínicos afloram a oeste do monte Catungua. As manchas representativas destas rochas são, porém, no geral, de pequenas dimensões. Estas manchas, estreitando-se sucessivamente, prolongam-se para norte, em rosário, indo além do rio dos elefantes.

Os hiperitos olivínicos apresentam-se como rochas melanocratas de cor verde escura, quase preta, grão médio e muito densas. A textura é hipauto-xenomórfica granular. Labradorite, olivina, hornblenda, clino e ortopiroxenas, biotite e óxidos de ferro, são os principais constituintes.

A composição da labradorite corresponde a Ab₄₀ An₆₀. A clinopiroxena é a augite e a ortopiroxena é a hiperstena. A olivina é alotriomorfa.

Os minerais de origem secundária são representados pela sericite e clorite.

Os gabros quartzíferos afloram a sul do monte Catungua constituindo ali uma série de pequenas manchas. A vista desarmada é rocha mesomelanocratas de cor verde escura e grão grosseiro.

Ao microscópio mostram possuir uma textura hipautomórfica granular e serem constituídas por labradorite, hornblenda e quartzo aparecendo este mineral na situação de acessório.

Epídoto, sericite e caulinite representam os minerais de origem secundária.

A plagioclase é hipidiomórfica, apresenta-se geralmente maclada segundo a lei de albite e evidencia quase sempre um grande grau de alteração.

Aplitos

Os numerosos veios de aplito e pegmatito existentes na região sub-planáltica têm a sua gênese ligada ao aparecimento do granito.

Estes veios encontram-se não só atravessando as formações do complexo de base como o próprio granito.

Nas formações do complexo, estes filões adaptaram-se por vezes à estrutura das dobras pigmáticas.

Os aplitos apresentam no geral uma textura granular fina e são quase ou totalmente desprovidos de elementos micáceos.

Os pegmatitos exibem a textura grosseira que caracteriza estas rochas apresentando-se o quartzo e o feldspato (ortose) bem diferenciados. Em algumas zonas da região sub-planáltica são em grande parte representados unicamente por quartzo residual.

Foi identificado um filão pegmatítico com cristais de turmalina negra na região sub-planáltica.

Nenhum tipo de mineralização de interesse económico foi, porém encontrado nestas rochas. Na notícia explicativa da carta geológica de 1933 é feita referência a existência de diques de pegmatito-gráfico na área do Chacuto que ali se encontram atravessando os xistos e Gneisses. Desconhece-se, porém, a zona onde se encontram situados.

Granodioritos

A maior parte da área é ocupada por um granito antigo que Beetz designou por granito da chela; em alguns locais observam-se, porém, granodiorítica.

Este granito de idade precambriana, irrompeu através das formações do complexo de base. Entende-se de norte a sul da região sub-planáltica, irregularmente, contornando total ou parcialmente as zonas ocupadas por formações mais antigas. Muitas vezes constitui extensas manchas dentro dessas formações.

O “bed-rock” da formação da chela é constituído por este granito antigo que a noroeste da Humpata (região planáltica) emerge dentre essa formação de origem sedimentar.

Consoante a sua situação pode apresentar mais que um aspecto, não só no que diz respeito a constituição mineralógica, que no geral é bastante uniforme, como no que se refere a dimensão do grão de textura.

Assim na parte norte da região sub-planáltica, conhecida por Maconje, o granito revela um aspecto porfiróide o mesmo sucedendo no que emerge dentre as camadas greso-quartzíticas a noroeste da Humpata.

Em Capangombe apresenta-se como uma rocha clara, de grão médio, com alguma biotite, mas a umas dezenas de quilómetros mais a sul ou mesmo em alguns locais situdos a norte desta povoação, pode apresentar-se com uma face nitidamente leococrata, dada a quase ausência de fémicos e presença de moscovite em alguns casos.

Na parte sul da área de Chacuto e outros locais, o granito apresenta, quase sempre na sua constituição hornoblenda, a qual não é muito vulgar no que aflora na parte norte da área.

Quanto a textura, há também, variações, sendo frequente o granito orientado ou granito gnáissico termo de transição entre as rochas migmatíticas e o granito franco.

Excetuando estes casos, que aliás se verificam em todas as regiões de anatexia, o granito da chela é no geral, uma rocha de cor parda, grão médio e essencialmente constituído por quartzo, feldspatos e biotite.

Foi verificado no estudo microscópico que a textura é quase sempre uma textura xenohipautomórfica granular e que os principais minerais que entram na sua constituição são o quartzo, feldspatos (ortose, microclina, plagioclase) e biotite, podendo a hornoblenda estar também representada. A esfena é também frequente.

Os minerais acessórios são a apatite, óxidos de ferro, zircão e moscovite (esta muito rara). A plagioclase que nalgumas amostras se apresenta zonada é uma oligoclase; no granito de caínde é, porém, uma albite.

A clorite existente, formada na dependência da biotite ou da hornoblenda é muitas vezes representada pela variedade penina.

O quartzo mostra quase sempre extinção ondulante denunciadora das pressões a que a rocha foi submetida. Nas amostras com textura cataclástica essa extinção é ainda mais acentuada; o quartzo e os feldspatos apresentam-se muito fraturados e as lamelas de biotite com frequência dobradas.

Fenómenos de recristalização denunciados pela presença de quartzo secundário são frequentes no granito com esta textura.

Numa amostra de granito colhida na parte norte da região sub-planáltica, junto à fazenda Nova-fé, foi verificada a existência de ouro que impregna finalmente o quartzo.

2.4. Enquadramento Geomorfológico

Segundo (Vale,1973) a morfologia da área Hupata-Cainde apresenta como característica principal a existência de duas regiões distintas: a planáltica, de aspeto tabular, regionalmente conhecida por planalto da Humpata, que se prolonga para as regiões

circunvizinhas situadas a norte e este; a sub-planáltica separada daquela por uma importante escarpa de erosão conhecida por escarpa da Chela.

Em alguns locais as repentinas diferenças de nível que se verifica entre essas duas regiões em curta distância, anda a volta de 1500 metros.

O aspeto tabular ou de mesa, que caracteriza a primeira destas regiões, está relacionada com a existência de rochas de origem sedimentar, bem estratificadas, que foram posteriormente, formadas por diversas ações mais ou menos metamorfizadas.

Este conjunto de estratos, representados por uma possante espessura greso-quartzítica, a que se sobrepõem rochas xistosas e calcárias (calcários dolomíticos), têm sido designados por camadas da Humpata, sistema formação ou series da chela.

Embora apresentando em conjunto um aspeto horizontal ou sub-horizontal, esta sucessão de camadas acha-se determinada zonas intensamente fraturada. Assenta irregularmente sob uma plataforma granítica ou granodiorítica que trabalhada pela erosão, contribuiu assim para a formação da grande escarpa existente.

A região sub-planáltica ou seja situada inferiormente a serra da chela é caracterizada por uma relativa uniformidade de cotas, sobressaindo, porém, donde em onde da planura existente, algumas formas de relevo residual, por vezes, do tipo “inselberg”.

Representam a norte o relevo residual deste tipo o morro Zebras e o monte Santo António; a sul, entre outros o morro Catungua.

Para norte, a partir do monte Santo António o relevo cresce e movimenta-se rapidamente, confundindo-se num conjunto de serranias, cujo esporão ocidental é representado pelo morro Maluco, encontrando-se porém, está elevação já fora da área.

Este morro isolado a oeste, com a sua coroa quartzítica, comprova a intensidade do recuo até agora sofrido pela escarpa da Chela.

No canto sudoeste da área, há igualmente relevo de grande vulto, representado pela serie de montes de natureza granítica, conhecidos por Upunda-Laonde, Venevelondo e Vapa-Velembe, que não são mais que os contrafortes ocidentais da zona montanhosa que a partir dali se estende para leste e sul. A altitude dessas elevações anda a volta dos 1900 metros. As rochas identificadas na região sub-planáltica são: granitos, granodiorítica, dioritos, gabros, doleritos, e rochas metamórficas muito antigas tais como: Gneisses, anfibolitos, micaxistos, mármore, xistos quartzíticos.

Capítulo III. Caracterização Física da Área em Estudo

Neste capítulo apresenta-se a caracterização envolvente da barragem das Neves, no que diz respeito aos aspetos: topográficos, hidrográficos e geológicos.

3.1. Topografia e Hidrografia

A barragem das Neves encontra-se situada a 8 km a norte do município da Humpata e a 23 km da cidade do Lubango; a uma altura de 1974 m com as seguintes coordenadas S 14° 58,014'; E 13°22,454'.

A bacia hidrográfica do rio das Neves situa-se entre elevações montanhosas, um vale e a área não possui declive acentuado. A albufeira da barragem tem a capacidade de armazenar 6,4 milhões de metros cúbicos de água. O rio das Neves é afluente do rio Caculuar.

3.1.1. Importância dos Estudos de Caracterização dos Terrenos de Fundações das Barragens

Define-se fundações como parte de uma construção destinada essencialmente a distribuir as cargas sobre um terreno.

Tendo como base esse pensamento, é da maior importância o mesmo estudo no que toca aos aspetos geológicos, a sedimentação, a topografia como estudos preliminares.

Segundo Oliveira (1971), o estudo geológico de qualquer barragem deve ter como finalidade fornecer elementos aos projetistas que lhe permitam projetar o tipo de barragem mais adequado, da forma mais económica.

Deve iniciar-se por um estudo preliminar de superfície que permita ajuizar da viabilidade do local e, no caso afirmativo, do tipo de barragem em princípio mais adequado. O estudo deve incidir sobre o local de fundação e sobre a albufeira, tendo em atenção que o local de fundação, o estudo visa sobretudo a definição das características do maciço rochoso mais relevante (permeabilidade, resistência ao corte da deformabilidade) e que na albufeira visa especialmente a definição das características de permeabilidade e de zonas potenciais de escorregamentos nos seus taludes marginais.

3.2. Caracterização Geológica do Local onde foi Construída a Barragem

A barragem das Neves está fundada em grés quartzíticas e numa região que tem unidades com idade Pré-câmbrica (Vale, 1973).

A geologia local encontra-se representada e descrita na carta nº 355 de Humpata-Cáinde, à escala 1:100000. As formações sedimentares consolidadas do grupo da Chela no planalto da Humpata são constituídas por uma sucessão de materiais greso-quartzíticos, xistos e calcários dolomíticos.

De acordo com as observações feitas no local da barragem, as rochas quartzíticas predominantes na referida área apresentam-se com uma significativa fraturação, bem referenciada pelas diáclases presentes e que foram observadas a jusante da barragem. As rochas apresentam-se sãs (w1), pouco alteradas, (w2) a medianamente alteradas (w3) e, mais raramente, muito alteradas (w4).



Figura 3.1. Rochas quartzíticas da área da barragem das Neves.

3.2.1. O Solo da Área Envolvente da Barragem

Segundo Freitas (2005), o conceito de solo varia com a utilização que dele se faça. Do ponto de vista puramente ecológico, o solo é a parte sólida mais externa da crosta terrestre, que sofreu e continua a sofrer as transformações físicas e químicas causadas por agentes atmosféricos e pelos seres vivos e que serve de suporte a vegetação.

Configura assim um meio complexo, dinâmico de transição entre o ar, a água e os seres vivos da superfície e a rocha subjacente; é caracterizado por uma atmosfera interna, uma utilização particular da água, flora e fauna características e constituintes minerais ou organominerais. Para os geólogos e engenheiros, no entanto, o solo é algo mais amplo e não se limita a espessura do manto de alteração afetada pelas raízes das plantas ou pelos microrganismos edáficos.

O solo é nesta perspectiva, o suporte de estruturas construídas a base de uma rede viária ou suporte de um sistema de fossas sépticas, por exemplo: neste sentido o solo é um material não consolidado meteorizado ou não, que assenta sobre material rochoso coeso e consolidado. Este conceito inclui não só o material dos pedólogos mais também materiais estéreis tais como rochas detríticas, móveis ou fraturados, depósitos eólicos ou glaciários, materiais acumulados ou transportados.

3.2.1.1. Processo de Formação dos Solos

Os solos são formados por processos supergênicos, que incluem a meteorização das rochas crustais, a erosão, o transporte e a deposição de partículas minerais e rochosas. A meteorização das rochas e minerais da superfície da terra é efetuada por processos mecânicos (desintegração, desagregação) e bioquímicos (decomposição ou alteração), desencadeados pelos agentes externos, sobre tudo os que se relacionam com as condições de humidade e temperaturas prevalecentes.

Fazem parte da meteorização mecânica os processos de crioclastia, gelivação, termoclastia, abrasão e fraturação por decomposição da alteração fazem parte a hidrólise, a oxidação, a hidratação e a carbonatação.

A meteorização envolve pouco ou nenhum movimento dos produtos decompostos erosão são um processo complexo que envolve a remoção dos fragmentos rochosos e minerais meteorizados do seu local de formação por agentes erosivos, tais como: água corrente, o vento e os glaciares e por ação da gravidade, o que provoca o desgaste e transformação das partículas transportadas bem como a modelação do substrato sobre o qual se deslocam.

A área circundante da barragem das Neves não foge a regra, em função da cordilheira envolvente atuam sobre a mesma os processos supergênicos e as partículas rochosas e minerais foram se depositando nas partes mais baixas tanto no lado da albufeira como no lado a jusante constituindo assim o seu solo com uma coloração preta com a presença de húmus, areia e argila.

Por sua vez estes solos são essencialmente constituídos por matéria sólida de origem mineral, ar (atmosfera do solo), água e matéria orgânica resultante da decomposição de restos de plantas e animais em proporções variáveis. Os elementos químicos que devem existir nos solos sob forma utilizável pelas plantas e que são necessárias ao seu crescimento são os nutrientes. As plantas utilizavam o carbono extraído do dióxido de carbono da atmosfera, o oxigénio e o hidrogénio da água, outros elementos provenientes do solo são essenciais as plantas. Com exceção do ferro, os outros elementos são necessários em grande quantidade e por esta razão são chamados de macros nutrientes.

3.3. A Barragem das Neves

A barragem das Neves serve para o abastecimento de água à rede hidroagrícola da Humpata.



Figura 3.2. Imagem da barragem das Neves (Google Earth).

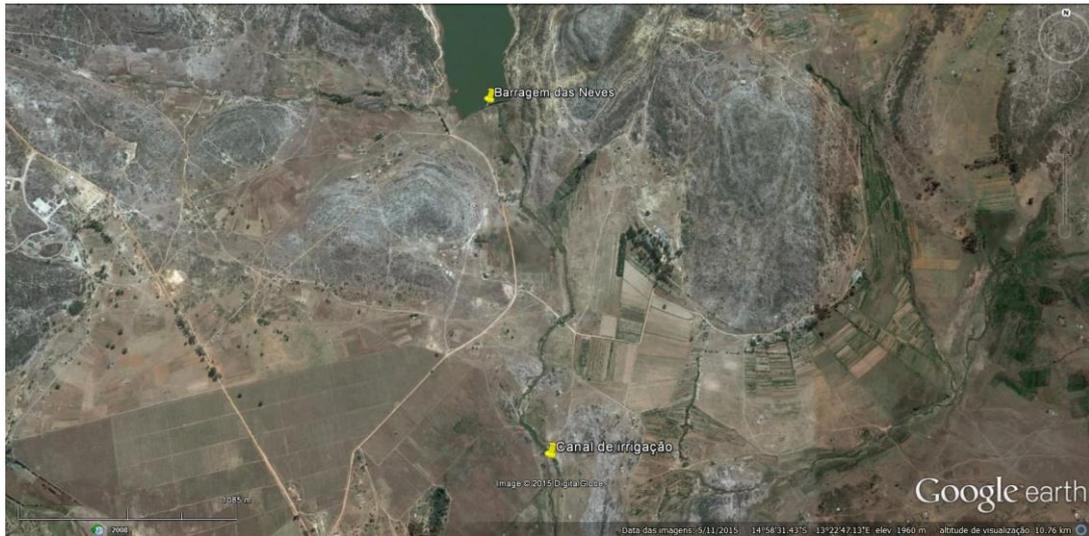


Figura 3.3. Imagem do canal de irrigação (Google Earth).



Figura 3.4. Albufeira da barragem das Neves.

3.3.1. Normas de Projetos de Barragens

O Regulamento de Segurança de Barragens em Portugal (Portaria nº 846/93, de 10 de setembro) dispõe, com vista à sua boa execução, a elaboração de normas relativas ao projeto, à construção, à exploração e à observação e inspeção de barragens. As Normas de Projeto de Barragens dão resposta, na parte que lhes cabe, a esta disposição legal, estabelecendo princípios e critérios gerais de projeto de barragens, numa perspetiva de

garantir a segurança das obras com o máximo de economia. Na elaboração destas Normas foram tidas em conta as orientações recentes definidas pelos organismos internacionais competentes, com as adaptações convenientes aconselhadas pela experiência portuguesa.

Artigo 3.º Fases dos estudos de uma barragem

1 - Os estudos para a realização de uma barragem desenvolvem-se, geralmente, nas fases a seguir discriminadas:

a) Programa base - consta da apresentação dos esquemas das obras de forma a proporcionar uma compreensão clara das soluções propostas;

b) Estudo prévio - é constituído por peças escritas e desenhadas e outros elementos de informação resultantes do desenvolvimento das propostas do programa base, de modo a

Barragem das Neves	
Utilização-Abastecimento / Água	
Localização	Dados Gerais
Província _ Huíla Município - Humpata Local -Neves Bacia Hidrográfica - Neves Linha de Água – Rio Tchimpumpunhime Utilização - Rega	Promotor - Governo Provincial da Huíla Construtor – Teixeira Duarte Ano de Conclusão – 1968 Reabilitação -1992
Dados Técnicos	Albufeira
Barragem - Tipo Alvenaria Altura acima da fundação -15,45 m Altura acima do terreno natural -13,80 m Largura do coroamento -1,40m Comprimento do coroamento 447,16 m Volume do aterro - 290000 m ³	Área da bacia hidrográfica - 122 km ² Precipitação média anual -1100-900 mm Área inundada ao nível de pleno armazenamento -1400 ha. Capacidade total -7000 x 10 m ³ Capacidade Útil - 6400 x 10 m ³
Descarregador de Fundo	Descarregador de Cheias
Tipo – Comporta Secção da conduta 0,50 m	Localização - Sobre a barragem Tipo de Descarregador - Descarregadores com vários orifícios.

Tabela 3.1. Características da barragem das Neves (Luís, 2014).

possibilitar a apreciação das soluções preconizadas, a sua comparação com as do programa base e a tomada de decisões;

c) Anteprojeto - é constituído por peças escritas e desenhadas e outros elementos que contenham, de maneira sumária, a definição, dimensionamento, modo de construção da obra, medições e um orçamento nestas baseadas;

d) Projeto - é constituído por peças escritas e desenhadas e outros elementos de estudo, tais como resultados de ensaios de laboratório ou de campo, que contenham a definição final, o dimensionamento definitivo, uma proposta de estaleiro com o modo de construção das obras, as medições e orçamento finais e os cadernos de encargos, de maneira a poder iniciar-se a construção da obra;

e) Projeto de execução - é constituído por um conjunto de informações escritas e desenhadas, de fácil e inequívoca interpretação por parte das entidades intervenientes na execução da obra, tendo em vista a pormenorização da informação contida no projeto e a sua adaptação às condições reais que forem sendo encontradas durante a construção.

2 - Algumas das fases anteriormente referidas poderão ser suprimidas na sua apresentação formal por acordo entre o dono da obra e o autor do projeto.

3.3.2. Normas Gerais para a Implantação de uma Barragem (artigo 4º do Capítulo II)

As normas gerais que estão na base para a implementação de uma barragem são:

- Localização;
- Perfil longitudinal do rio;
- Estudos hidrológicos.

Artigo 7.º Estudos geológicos e hidrogeológicos

1 - Os estudos geológicos e hidrogeológicos apoiam-se em informações já existentes e em observações do local, mediante limpeza do terreno, trincheiras, galerias, sondagens e prospeção geofísica.

2 - Os estudos geológicos e hidrogeológicos devem conduzir à definição dos seguintes elementos:

a) Geologia da região e do local da barragem, com indicação das principais características relevantes para o projeto;

b) Características hidrogeológicas da região e do local da obra, com indicação dos níveis piezométricos, ressurgências, infiltrações, cavernas, qualidade da água e solubilidade das rochas.

3 - Os resultados dos estudos devem constar de um relatório contendo plantas e perfis geológicos suficientemente pormenorizados.

Artigo 8.º Estudos sismológicos

1 - Os estudos sismológicos abrangerão o local da obra, a região (algumas dezenas de quilómetros em torno do local) e a província tectónica (algumas centenas de quilómetros em torno do local) e devem conter, nomeadamente, os elementos a seguir indicados:

a) A tectónica, com indicação dos acidentes relevantes para o projeto e especial incidência quanto a falhas e sistemas de falhas potencialmente geradoras de sismos, nas três escalas acima referidas;

b) As falhas ativas existentes no local da obra, as quais devem ser analisadas com especial cuidado;

c) A história sísmica, designadamente a relação dos sismos registados com indicação de datas, profundidade dos focos, epicentros, magnitudes, sismogramas e durações;

d) Indicações relativas ao local, designadamente as características dos terrenos que interessam ao estudo da propagação entre os potenciais focos e o local em consideração, o levantamento das escarpas e taludes e o tipo das formações geológicas, com a indicação da sua eventual suscetibilidade a ações sísmicas (fenómenos de amplificação local, liquefação e queda de grandes volumes de terreno);

e) A possibilidade de ocorrência de sismos induzidos, devendo analisar-se esta possibilidade sempre que a obra tenha mais de 1000 hm³ de armazenamento ou mais de 100 m de altura.

2 - Os estudos sismológicos devem conduzir à definição das ações sísmicas, em particular da grandeza, forma e duração das vibrações sísmicas no local da obra, havendo a considerar:

a) O sismo máximo expeável (SME), que deve ser estimado por via determinística ou probabilística, sendo, neste último caso, o SME considerado como um sismo com um longo período de retorno;

b) O sismo máximo de projeto (SMP), que em obras de risco potencial elevado se deverá tomar como sendo o SME, mas que noutros casos poderá ter grandeza inferior;

c) O sismo base de projeto (SBP) menos intenso que o SMP, com um período de retorno fixado de acordo com o risco potencial envolvido.

3 - O Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes contém informação que pode ser adaptada aos estudos sísmológicos dos locais da barragem, quer para sismos distantes quer para sismos próximos.

Artigo 9.º Estudos geotécnicos

1 - Os estudos geotécnicos completam a informação referida nos artigos 7.º e 8.º e apoiam-se em observações, sondagens e ensaios in situ no local da barragem, bem como na albufeira, nas zonas de empréstimo e pedreiras e ainda em ensaios de laboratório.

2 - Os estudos geotécnicos devem conduzir à definição dos seguintes elementos:

a) Zonamento do maciço de fundação da barragem, com vista à definição de zonas do maciço com características aproximadamente homogéneas;

b) Compartimentação do maciço de fundação da barragem, com definição e caracterização das principais famílias de diáclases, devendo as principais falhas ser caracterizadas individualmente;

c) Tensões instaladas no maciço de fundação;

d) Permeabilidade das formações que constituirão o maciço de fundação da barragem e da albufeira, bem como os escoamentos que nele se poderão instalar;

e) Propriedades mecânicas do maciço de fundação da barragem, dos taludes da albufeira e dos situados imediatamente a jusante;

f) Propriedades mecânicas e hidráulicas dos materiais disponíveis nas zonas de empréstimo e pedreiras;

g) Injetabilidade dos maciços de fundação;

h) Zonamento e avaliação dos volumes dos diversos materiais disponíveis para a construção da barragem.

3.3.3. Normas de Observação e Inspeção de Barragens (Portaria nº 847/93, de 10 de setembro)

O Regulamento de Segurança de Barragens dispõe, com vista à sua boa execução, a elaboração de normas relativas ao projeto, à construção, à exploração e à observação e inspeção de barragens. As Normas de Observação e Inspeção de Barragens dão

cumprimento, na parte que lhes cabe, àquela disposição legal, estabelecendo os princípios gerais que devem orientar a execução das correspondentes atividades, de modo a permitir a aferição dos critérios de projeto e a avaliação das condições de segurança ao longo da vida das obras. Na elaboração destas Normas foram tidas em conta a experiência portuguesa e as orientações recentes definidas pelos organismos internacionais competentes.

Objeto das Normas

1 - As presentes Normas de Observação e Inspeção de Barragens destinam-se a facilitar a aplicação do Regulamento de Segurança de Barragens (RSB), no cumprimento do disposto no seu artigo 46.º, e têm por objeto os princípios e critérios que devem presidir à execução dessas atividades e os métodos de garantia de qualidade que lhes devem ser aplicados.

2- A observação tem por objetivo a avaliação das condições de segurança estrutural, a modelação do comportamento e a aferição dos critérios de projeto, desenvolve-se ao longo da vida das obras e compreende a realização de diversas atividades, designadamente:

a) Planeamento;

b) Inspeção visual das obras;

c) Instalação, manutenção e exploração de um sistema de observação, compreendendo instrumentos e dispositivos de medida de grandezas selecionadas para controlo, relativas às ações, às propriedades estruturais e às respostas das estruturas;

3 - Além das inspeções referidas no n.º 2, o controlo de segurança inclui a realização de inspeções regulamentares, isto é, as inspeções conduzidas pela Autoridade, previstas no RSB, designadamente durante e no final da construção (artigo 24.º), antes do primeiro enchimento (artigo 27.º), após o primeiro enchimento (artigo 30.º), durante a exploração (artigo 36.º) e inspeções às obras existentes (artigo 48.º).

3.3.4. Construção

Segundo Oliveira "o estudo geológico de qualquer local de barragens deve ter como finalidade fornecer elementos ao projetista que lhe permitam projetar o tipo de barragens Deve iniciar-se por um estudo preliminar de superfície que permita ajuizar da viabilidade do local, e no caso afirmativo, do tipo de barragens, em princípio mais adequado. O estudo deve incidir sobre o local de fundação e sobre a albufeira, tendo em atenção que no local de fundação o estudo visa sobretudo a definição das características do mais rochoso ao mais relevante (permeabilidade, resistência ao corte e deformabilidade) e que na albufeira visa

especialmente a definição das características de permeabilidade e de zonas potenciais escorregamentos nos seus taludes marginais.

Deve-se também dar atenção a localização de pedreiras ou zonas de empréstimos de terras nas imediações de locais capazes de fornecerem o necessário material para a construção de barragem”.

A construção da barragem das Neves há muito que tem uma necessidade sentida pela população da Humpata e reconhecido pelos técnicos que a implantaram como forma de melhorar e ampliar a rega das terras daquela zona e até na zona da Chibia.

Em 1967, mercê de visão e interesse pelo excelentíssimo secretário provincial de fomento que determinou a sua construção por intermédio da brigada especial de engenharia da junta provincial de povoamento. Também por determinação do excelentíssimo secretário provincial foi a brigada regional do sul incumbida de proceder o estudo do aproveitamento da água armazenada por fins de rega, em benefício da população radicada na Humpata.

A obra foi iniciada em 17 de Junho de 1967 e terminada catorze meses depois em 17 de Agosto de 1968, recebendo então o nome de barragem capitão Sousa Dias em homenagem a esse homem extraordinário devotado às coisas de Angola e aos problemas que se ligavam ao desenvolvimento e progresso da Huíla.

A obra é de alvenaria hidráulica, do tipo gravidade. A barragem tem um desenvolvimento do coroamento de 441 metros e uma altura máxima a acima das fundações de 14 metros.

O paramento de jusante apresenta na sua superfície depósitos carbonatados devido a passagem de água que tem dissolvido a cal da argamassa. Os blocos que foram utilizados na construção são de grés quartzíticos, o aglutinante é constituído por uma mistura de cal e cimento. As fundações são rochas de grés quartzitos.

De acordo com as observações feitas a barragem, não foram impregnadas fundações muito profundas, isto é, foi usada a técnica de escavação até a uma medida em que se apanhou uma superfície rochosa no qual foi assente a barragem.



Figura 3.5. Descarregador de fundo da barragem das Neves.



Figura 3.6. Rochas quartzíticas da barragem das Neves.

Esses blocos rochosos, que foram utilizados para a construção da barragem apresentam diáclases que evidenciam a meteorização física e química da área a jusante da estrutura. Atualmente os descarregadores de cheias estão a degradar-se, partindo aos poucos.

Na parte a jusante da barragem no sector junto ao descarregador de fundo observa-se erosão até a uma altura de aproximadamente 1,80 m. Ainda no mesmo sector, a barragem apresenta várias fissuras, e algumas delas estão a permitir a saída de água da albufeira, o que poderá contribuir para o desabamento da barragem.

Ao descrever-se as fundações da barragem, nota-se que na margem direita e esquerda o assentamento foi feito sobre a rocha e na direção do descarregador de fundo foi feita uma escavação de 3 m.

Ainda na parte a jusante da barragem verifica-se que há setores que apresentam os blocos com argamassa a fazer a sua ligação e outros em que tal já não acontece.

Contudo, a barragem precisa de uma intervenção urgente para evitar grandes riscos de desabamento.

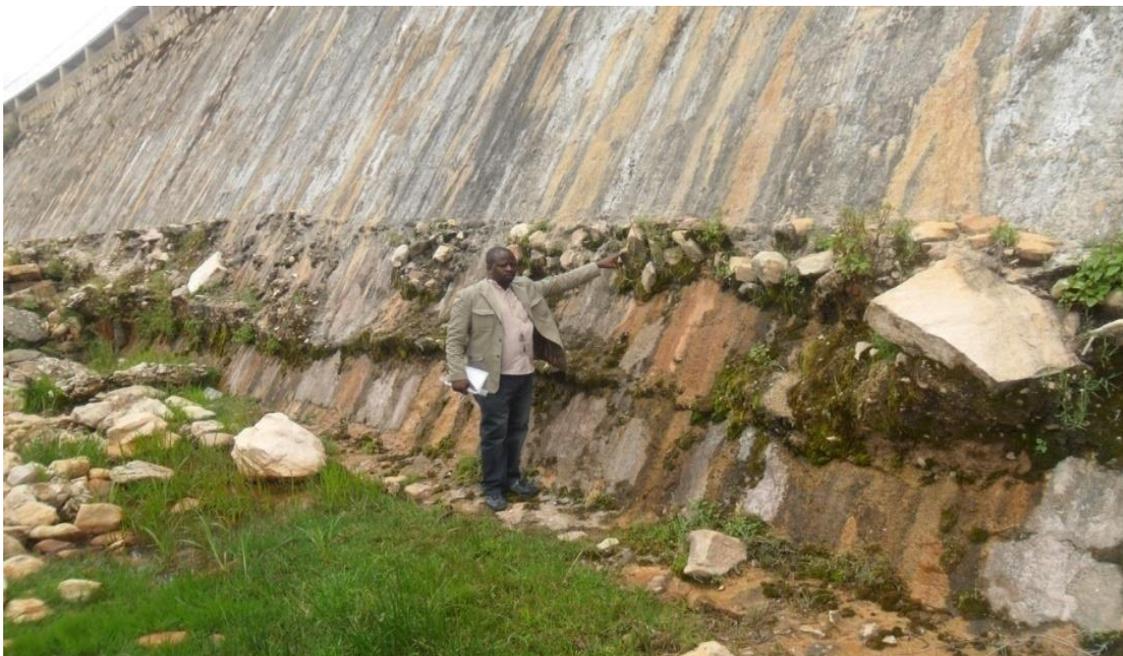


Figura 3.7. Erosão na base do paramento de jusante da barragem.



Figura 3.8. Barragem apresentando fissuras preocupantes (30/11/2014).



Figura 3.9. Vista de jusante da barragem apresentando fissuras cada vez maiores (30/06/2015).

3.4. Causas de Fissuração em Barragens

A presença de fissuras em barragens não é incomum. Porém é indispensável, podendo ou não estarem associados a percolação de água, a sua presença gera cuidados especiais

durante a vida útil através da monitorização constante, ou pode indicar a necessidade de intervenções nos maciços (ICOLD, 1997) .

Ainda segundo ICOLD (1997), as causas da fissuração podem ser atribuídas, entre outros, a falhas ou ocorrências na fase do projeto, execução e operação da barragem, envolvendo uma serie de fatores a seguir:

- Juntas de contração do aglomerante, altura das camadas de betonagem, restrição, mudanças de secção, assentamentos da fundação, temperaturas (projetos);
- Tipo e quantidade de cimento, tipo e dimensão máxima do agregado, teor de água, aditivos (dosagem);
- Temperatura de colocação do betão, elevação da temperatura e resfriamento, velocidade de execução, gradiente de temperatura com o meio, cura e isolamento, fundação, temperatura do ar e velocidade do vento (execução).
- Carregamentos hidráulicos, temperatura e composição da água do reservatório, assentamentos da fundação, ação sísmica, carregamentos térmicos (operação).

Um pouco a jusante da barragem construiu-se um canal adutor principal com 38105 metros de comprimento, sendo 3065 metros do troço a montante, 3103 metros do troço mediano e 5066 m do troço a jusante.



Figura 3.10. Canal do perímetro irrigado do município da Humpata.

O troço a montante parte do dique de derivação situado no rio das Neves no qual é lançada a água da barragem por um descarregador de fundo provido de comporta.

Do esquema geral da rede fazem ainda parte três reservatórios, o primeiro situado perto da sede do município com uma capacidade de 9000 metros cúbicos onde tem início o trecho mediano, ao qual se segue o trecho de jusante que termina no segundo reservatório com uma capacidade de 30000 metros cúbicos.

Do segundo reservatório parte a rede de distribuição de água para os 870 ha destinados à fruticultura.

Esta rede compõe-se de um canal primário revestido com um comprimento de 1183 metros. Do segundo reservatório parte o canal secundário nº 1 revestido em alvenaria de pedra cimentada com um comprimento de 5527 metros e que abastece o terceiro reservatório com uma capacidade de 6000 metros cúbicos. Do canal primário partem os canais secundários nº 2 com um comprimento de 3686 metros que reforça o abastecimento do canal secundário nº 1, o canal secundário nº 3 de 4656 metros que abastece o terceiro reservatório e o canal secundário nº 4 de 4820 metros, que reforça na sua parte a jusante e início da área terciária do perímetro, o canal secundário nº 1, sendo que estes três últimos não se encontram revestidos originando enormes perdas de água.

Do canal secundário nº 1, partem oito (8) canais terciários não revestidos, sendo:

Canais terciários	
Canal terciário nº 1 com 396 metros	Canal terciário nº 2 com 251 metros
Canal terciário nº 3 com 766 metros	Canal terciário nº 4 com 418 metros
Canal terciário nº 5 com 1221 metros	Canal terciário nº 6 com 932 metros
Canal terciário nº 7 com 1541 metros	Canal terciário nº 8 com 1471 metros

Tabela 3.2. Canais terciários não revestidos.

A extensão total da rede de canais adutores e distribuidores é da ordem dos 38.105 metros.

3.5. O Regadio

A agricultura é literalmente a cultura do agro, isto é do campo. Significa o trabalho da terra, tendo em vista uma produção vegetal e, num sentido lato, uma produção animal. O cultivo propriamente dito está essencialmente ligado as estruturas agrárias.

A distribuição da água é um fator fundamental para a agricultura e criação de gado. Uma quantidade excessiva de água no solo obriga a sua extração, quer dizer à drenagem, que pode fazer-se através de drenos ou por meio de trabalhos especiais, denominados camalhões, que formam cavidades, servindo de sulcos.

A irrigação é um conjunto das técnicas que permitem fornecer água, no momento desejado, a várias culturas. Nalgumas regiões secas é indispensável: é a rega de carência. Noutras zonas, ela fornece um acréscimo de água, principalmente na estação seca: é a irrigação de complemento.

Segundo Dias, (1967) a área abrangida pelo aproveitamento hidroagrícola, que constitui uma zona de povoamento agrário de livre iniciativa, fica situada na área da Humpata a 5 quilómetros para sudoeste; cobre cerca de 1000 hectares; dos quais 864,14 hectares já parcelados e distribuídos do modo seguinte:

- 19 lotes com a área total de 47,50 hectares foram distribuídos aos autóctones da Humpata que se encontram dentro do referido aproveitamento, sendo atribuído a cada um 2,5 hectares.

- 31 lotes com a área total de 155 hectares foram distribuídos pelos habitantes da Humpata que para isso se inscreveram, sendo dado a cada um 5 hectares e foram muitos habitantes que não quiseram receber lotes.

- 1 lote de 40 hectares foi distribuído a um habitante da Humpata, cujos terrenos de igual área ficaram submersos das águas devido ao regolfe da barragem.

- 61 lotes com a área total de 606,64 hectares foram postos em hasta pública, tendo por base 3000\$00 cada hectare. Os lotes são de 10 hectares cada, à exceção do lote 70 que tem 13,50 hectares e o 81 de 3,14 hectares.

Este último dada a sua área, era para não ser posto em hasta pública, mas como apareceu um interessado, vendeu-se. Dos 61 lotes só foram arrematados 34, ficando 27 para nova hasta pública a fazer oportunamente.

- 1 lote de 5 hectares nº 52 - não foi distribuído a ninguém, ficando livre, em virtude de dentro dele estar localizado o cemitério dos autóctones que ali vivem. Por conseguinte ficará destinado a cemitério.

- Um último lote de 10 hectares e ainda sem número, é para ser distribuído a dois autóctones e a um habitante da Humpata, não o tendo sido por o terreno não estar desbravado.

A orientação e assistência técnica aos agricultores da zona serão prestadas pela brigada regional do sul da junta provincial de povoamento, instituto de investigação agronómica de Angola e direção provincial dos serviços de agricultura e florestas.

Na altura encontrava-se em estudo a criação de uma associação de regantes para disciplinar a utilização do aproveitamento hidroagrícola.

No ano em curso, pelo primeiro aniversário da inauguração deste empreendimento, foram entregues títulos provisórios a 84 fazendas.

Os lotes entregues aos autóctones ficaram localizados nas valas periféricas em virtude de poderem apascentar o gado que possuem nos terrenos livres limítrofes sem necessidade de passagem por outros lotes ou percurso de muitas distâncias.

A água para a rega desta área vem da albufeira da barragem, de onde parte um canal – o principal que vai para um tanque de distribuição.

Este canal tem as seguintes características:

Comprimento – 8143 m

Secção – triangular

Boca – 4,80 m

Altura – 1,40 m

Além deste, há os canais secundários tal como já nos referimos atrás, que conduzem a água para o regadio dos lotes, Onde o declive do terreno obriga que os canais devem ser revestidos a cimento. No seu conjunto os canais formam uma rede com 33km de comprimento.

Para cada parcela de terreno encontra-se colocada uma boca de rega.

A Humpata foi um dos primeiros e certamente um dos mais prestigiados e progressivos concelhos da Huíla. Naquela área se fixou a primeira escola zotécnica da província que teve justificado prestígio nacional e internacional e ali se instalou, e existe ainda, embora sem a projeção de outrora, o posto experimental de policultura que foi um poderoso centro de apoio da agricultura regional.

Com a construção da barragem, a criação deste núcleo de povoamento de livre iniciativa e abertura, mais ou menos próxima da estrada asfaltada que liga Lubango (ex Sá da Bandeira) a Namibe (ex Moçâmedes) (Sousa Dias, 1967), é de crer que a vila da Humpata seja revitalizada retomando a importância que teve no passado e entre num período que se augura de desenvolvimento progresso.

Atualmente a referida barragem encontra-se num estado de degradação significativo apresentando fissuras e danos nos descarregadores de cheias. Não obstante a isso, os canais que transportam água para os campos também apresentam fissuras, o que faz com que a água para a irrigação quase que não chega ao destino.

3.6. A Pesca

A pesca que se pratica na albufeira da barragem das Neves é de pequena escala, visto que a mesma tem como fim a satisfação das necessidades familiares, isto é servindo de subsistência. O tipo de peixe que os populares da zona pescam com mais frequência é a quimaia e não são de tamanho maior. Os instrumentos que os mesmos usam para a captura do pescado são: redes e anzóis (Figura 3.11).

3.7. Manutenção

Desde a sua construção em 1967, a barragem teve a sua primeira reabilitação em 1992 com o financiamento da Caisse Française e do governo da província da Huíla. A quando do enchimento da albufeira foram detetadas fissuras a nível do corpo da barragem a requerer



Figura 3.11. Pesca artesanal na região.

urgência no seu tratamento. De lá até a esta parte não houve mais nenhuma intervenção, e no entanto foi-se acumulando lodo na albufeira e como tal a diminuição da sua capacidade de armazenamento útil. Para tal, torna-se urgente e necessária a limpeza da albufeira sem atingir a capa filtrante, de modo a repor a capacidade de armazenamento da albufeira que se estima ser da ordem dos 6,4 milhões de metros cúbicos.



Figura 3.12. Barragem com o descarregador de cheias fraturado e com erosão no pé do paramento de jusante.



Figura 3.13. Setor da barragem apresentando fissuras sem argamassa.

3.7.1. Projeto Base para a Reabilitação do Perímetro de Irrigação da Humpata e Barragem das Neves

O projeto base abrangeu duas etapas: Diagnóstico da situação e soluções base e alternativa. A intervenção visa a operacionalização de um perímetro irrigado para cerca de 1 300 ha.

O perímetro tem problemas de abastecimento de água. Admite-se que o estado precário da barragem das Neves e respetivos órgãos, cuja capacidade de armazenamento se encontra reduzida pelo assoreamento, seja a principal causa da situação. Por outro lado, o estado deficiente da infra-estrutura condiciona igualmente o pleno aproveitamento do Perímetro e constitui-se como um risco potencial para a região.

Foi delineado um cenário de soluções visando o aumento significativo da área irrigada, distribuídas por várias zonas com projetos em curso ou com maior potencial e outros terrenos adjacentes ao atual perímetro irrigado.

No estudo foram ainda consideradas um conjunto de obras complementares e/ou alternativas, objeto de apreciação técnico-económica.

A reabilitação consiste numa parte em injetar calda de cimento e água na alvenaria a baixa pressão para encher os vazios internos eventuais existentes, doutro lado, ligar os blocos do paramentos de montante e jusante com argamassa de areia e cimento e água.

A injeção será efetuada a nível do corpo da barragem sendo o número de injeções determinado ao pé da obra conjuntamente com o empreiteiro.

3.7.2. Limpeza da Argamassa e Colocação de Tubos de Injeção

A argamassa de entre os blocos, será cavada uniformemente numa espessura de 3 a 5 cm, retirar-se-á em seguida com um ponteiro, escopro ou outra ferramenta, as partes desagregadas e os pequenos blocos que se soltarem.

As partes cavadas serão depois lavadas com água. Em seguida colocar-se-ão os tubos de injeção nos locais descobertos das cavidades, com uma malha mínima de 4 metros.

As entradas dos tubos serão provisoriamente tapados para evitar a sua colmatagem com argamassa.

3.7.3. Composição da Calda de Cimento

A calda de injeção será uma mistura de bentonite, água e cimento. A dose de bentonite será no máximo igual a 5% do peso total da mistura. A dosagem de cimento será fixada após um ensaio preliminar a efetuar no local. Começar-se-á, em princípio, com uma calda fluida sendo a relação com cimento/água fixada em 1/3. As pressões de injeção a aplicar às caldas de cimento e água serão: a) 1 bar para profundidades entre 0 e 5 m, b) 2 bar para profundidades compreendidas entre 5 e 10 m e c) de 3 bar para profundidades entre 10 e 15 m.

3.7.3.1. Modo de Execução

A calda será colocada com ajuda de uma bomba de injeção manual, alimentada por uma central.

A injeção será considerada como terminada logo que a pressão de injeção faça com que comece a sair calda de cimento para o exterior.

3.8. Resultados do Trabalho de Campo

No campo fez-se a observação da tipologia de rochas presentes, do seu estado de alteração e de fracturação. A medição da orientação das diáclases foi efetuada a jusante da barragem e nas margens direita e esquerda.

Paragens	Margem do rio	Coordenadas do lugar	Orientação das diáclases	Pendor	Abertura das diáclases
P1	Direita	S: 14° 58'4,2" E: 13°22'29,3"	1 - N50° E 2 - N56° W 3 - EW 4 - N36 °W	SV SV SV SV	Fechadas
P2	Direita	S: 14° 58'4,0" E: 13° 22'29,3"	1 - N86° W 2 - N26° W 3 - N14° E Estratificação N26°W	SV SV SV	Fechadas

Tabela 3.3 - Dados levantados nas paragens 1 e 2 na área da barragem.

Paragens	Margem do rio	Coordenadas do lugar	Orientação das diáclases	Pendor	Abertura das diáclases
P3	Direita	S: 14° 58'2,0" E: 13° 22'30,7"	1 - N72°W 2 - N74°E 3 - NS 4 - N44°E	SV SV SV SV	Fechadas
P4	Direita	S: 14° 58'3,6" E: 13° 22' 31,2"	1 - N26°W 2 - N54°E 3 - N54°E 4 - N14°E	SV SV SV SV	1 cm 1 cm 1 cm 1 cm
P5	Direita	S: 14° 58'0,5" E: 13° 22'33,0"	1 - N54°E 2 - N56°W 3 - N16°W 4 - N5°E 5 - EW	SV SV SV SV SV	Fechadas

Tabela 3.4 - Dados levantados nas paragens 3,4 e 5 na área da barragem.

Paragens	Margem do rio	Coordenadas do lugar	Orientação das diáclases	Pendor	Abertura das diáclases
P6	Esquerda	S: 14°57'59,3" E: 13° 22'35,7"	1 - NS 2 - N54°E 3 - N76°W 4 - N44°E 5 - N34°E Outras N24°W N30°W N44°E	SV SV SV SV 80°SE 20°W 20°W 10°SE	Fechadas

Tabela 3.5 - Dados levantados na paragem 6 na área da barragem.

Paragens	Margem do rio	Coordenadas do lugar	Orientação das diáclases	Pendor	Abertura das diáclases
P7	Esquerda	S: 14° 57' 59,3" E: 13° 22'35,7"	1 - N24°E 2 - N66°W 3 - N4°E 4 - N4°E 5 - N44°E Estratificação N74°E	SV SV SV SV SV 10°S	Fechadas
P8	Esquerda	S: 14° 57' 59,3" E: 13° 22'35,7"	1 - N14°E 2 - N15°E 3 - N4°E 4 - N16°W 5 - N36°W	26°W 10°W 18°W 60°E 48°SW	Fechadas

Tabela 3.6 - Dados levantados nas paragens 7 e 8 na área da barragem.

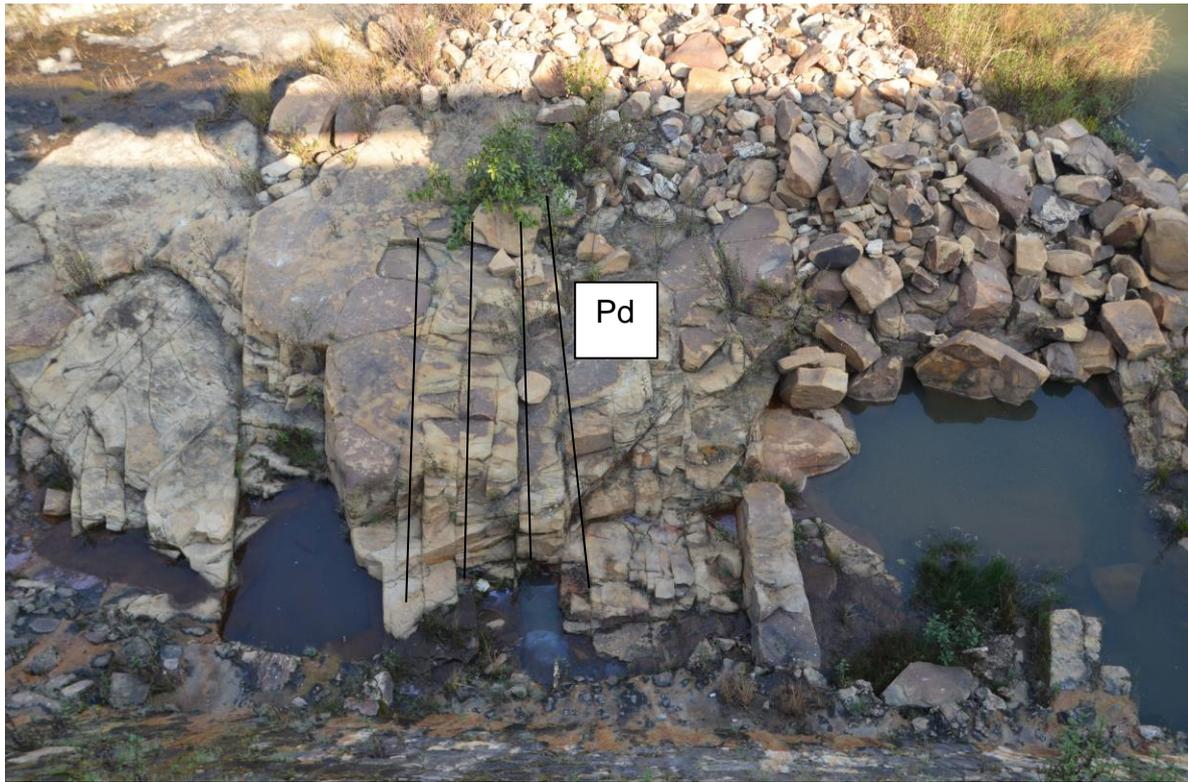


Figura 3.14. Diáclases Perpendiculares (Pd) ao eixo da Barragem.

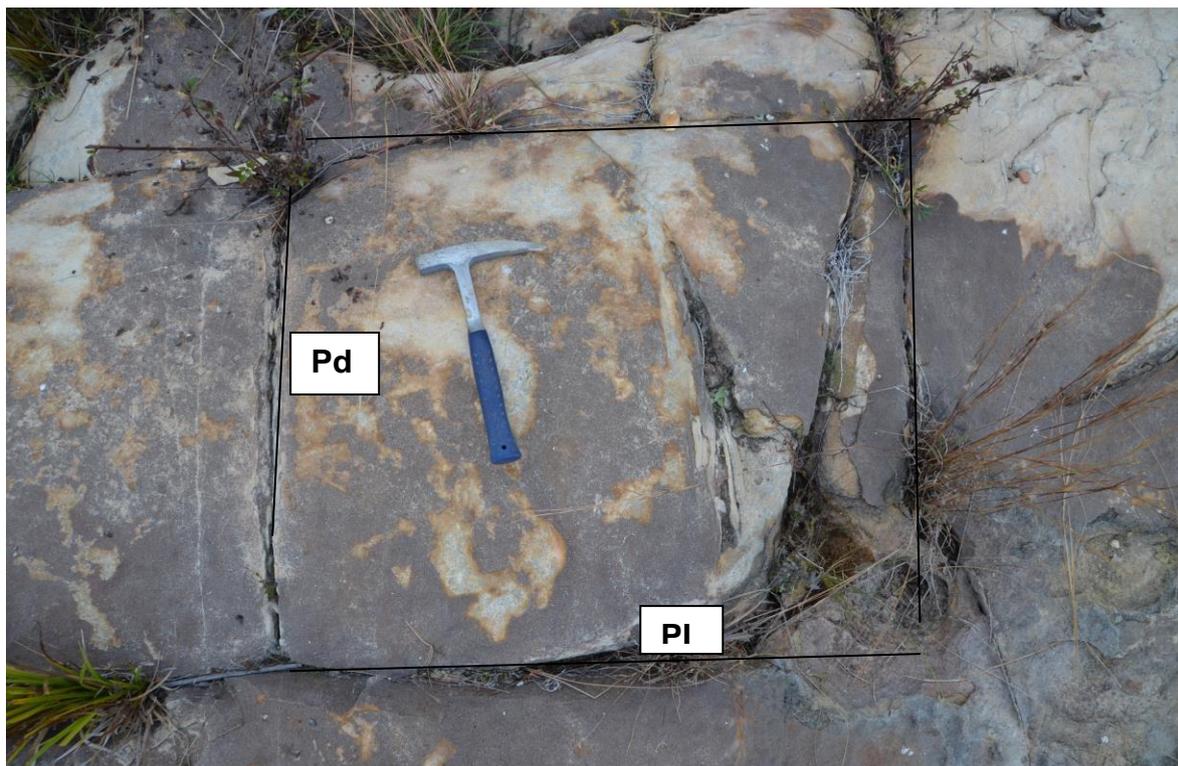


Figura 3.15. Diáclases Perpendiculares (Pd) e Paralelas (PI) ao eixo da Barragem.



Figura 3.16. Representação dos Pontos Estudados na Imagem Google Earth.

Capítulo IV. Conclusões e Recomendações

Sabendo que cada capítulo do presente trabalho tem os seus objetivos específicos quanto ao que se propôs estudar, no que toca a recolha de informações e trabalhos práticos, suscitou algumas conclusões e recomendações:

4.1. Conclusões

- As barragens possibilitam o armazenamento e regularização dos cursos de água, de capacidade muito variada podendo conter várias centenas de milhões de metros cúbicos, e têm grande importância pois fornecem água para usos domésticos, agrícolas e industriais, permitem também a produção de energia elétrica.
- Esta infra-estrutura condiciona um pleno aproveitamento do perímetro e também constitui um risco potencial para a região;
- A área em estudo localiza-se a sul de Angola na província da Huíla, concretamente no Município da Humpata;
- Na área em estudo aflora rochas quartzíticas com uma alteração essencialmente superficial com bastantes diáclases;
- As diáclases chegam a ter aberturas superiores a 1 centímetro contribuindo assim para a percolação da água sob as fundações da barragem e por via disso para o estado de degradação em que se encontra a barragem;
- A barragem encontra-se num estado atual em degradação (com fissuras enormes no corpo da barragem e o descarregador de cheias fraturado);
- Devido ao estado precário em algumas partes do troço do canal de irrigação, a água não chega completamente ao destino;
- Os habitantes da área praticam atividades agrícolas, a criação de gado e a pesca.
- Para que a prática da atividade do regadio seja intensificada, é importante que os agricultores selecionem as espécies vegetais adaptadas as condições climáticas existentes naquela área.

4.2. Recomendações

No sentido de proteger a população e algumas culturas na parte a jusante da barragem, sugere-se as seguintes recomendações:

- Reabilitar urgentemente o corpo da barragem, visto que a qualquer altura poderá desabar; ou construir uma nova barragem um pouco abaixo;
- Reabilitar o canal primário para evitar com que as águas se percam sem chegar ao destino previsto;
- Construir na base da barragem bacias de dissipação para evitar a erosão;
- Sendo a barragem uma estrutura de grande importância sugere-se as entidades de direito a melhoria da via de acesso a barragem;
- Que se crie condições para o melhoramento da pesca para a diminuição da fome e da pobreza;
- Que se potencialize a área envolvente da barragem, evitando que se torne um local de depósito de lixo para que se possa aproveitar também o lado turístico da mesma área.

Capítulo V. Bibliografia

Atlas geográfico (1982). Volume República de Angola.

Batouxas, M. e Vieira, J. (1998). Dicionário de geografia. Lisboa. Gráfica Barbosa e filhos.

Band, P e Bourgeat, S e Bras, C. (1997). Dicionário de geografia. Plátano Editora.

Costa, C. (2006/2007). Disciplina de fundamentos de geotecnia. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Coimbra, P. e Tiburcio, J. (2006). Geografia. Uma análise do espaço geográfico. 3ª edição. Editora Harbra.

Dias, C. (1967). Aproveitamento hidroagrícola da Humpata. In Reordenamento, nº 13, pp18-22.

Diniz, A. (2006). Características mesológicas de Angola. 2ª Edição. Lisboa. Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento.

Feio, M. (1964). A elevação da escadaria de aplanções do sudoeste de Angola. Finisterra, Volume 12, nº 2, pp. 33-59.

Freitas, M. (2005). Geologia e Ambiente. Recursos Geológicos. Universidade Aberta, Lisboa

Douglas, Hamilton, D. & Meham, R. (1971). Ground rupture in the Baldwin Hills. Science, Vol. 172, pp. 333-344.

Jesus, R. (2011). Optimização da forma estrutural de uma barragem. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. Porto.

Carvalho, H. (1974). Serviços de Geologia e Minas. Instituto de investigação Científica. Companhia de Diamantes de Angola

Icold (1997). Concrete Dams. Control and Treatment of Cracks. Bulletin 107. International Commission on Large Dams. Paris.

Lencastre, A. e Franco, F. M. (2010). Lições de hidrologia. Universidade Nova de Lisboa.

Luís, Y. (2014). A Barragem das Neves. Caracterização geológica e Geotécnica da Zona envolvente e sua Importância.

Meliço, J. (2010). Escolha de forma de barragens de abóbada. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa.

Oliveira, R. (1971). Notas sobre Geologia de Barragens. Geotecnia, nº 2, pp. 17-24.

Portaria nº 846/93 (1993). Normas de projectos de barragens. Portaria nº 846/93, de 10 de setembro. Diário da República, serie I-B nº 213/93.

Portaria nº 847/93 (1993). Normas de observação e inspecção de barragens. Portaria nº 847/93, de 10 de setembro. Diário da República, serie I-B nº 213/93.

Portaria nº 93/98 (1998). Normas de construção de barragens. Portaria nº 246/98, de 21 de abril. Diário da República, serie I-B nº 93/98.

Quinta Ferreira, M. (1990). Aplicação da geologia de engenharia ao estudo de barragens de enrocamento. Tese de Doutoramento. Universidade de Coimbra.

Ramos, J. M. (2004). Observação do comportamento estrutural de barragens de betão. Aspetos Práticos. LNEC, Lisboa.

Sabino, M. (2005). Manual de geografia do aluno. Do 1º ciclo do ensino secundário. Editora Lda. Luanda.

Vidigal, B. (2010). Caderno de encargos para a reabilitação do perímetro hidroagrícola das Neves. Huila. Humpata.

Vale, F. S, Gonçalves, F. G e Simões, M. C. (1973). Carta Geológica. Folha nº 355-Humpata-Cainde. Escala 1: 100 000. Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas. Luanda.

Zerqueira, J. (2002). Caderno de atividades. 8ª Classe. Editora. Luanda

Comité Brasileiro de Grandes Barragens (2001). São Paulo.

Direção Municipal da Agricultura da Humpata.

Endereços na internet

<http://www.engenharia e construcao.com/2011/01/menor-barragem-do-mundo>. Acedido em 13/09/2014.

<http://www.tpf.planege.pt/pt/projecto-base-para-a-reabilitacao-do-perimetro-de-irrigacao-da-humpata-e-barragem-das-neves>. Acedido em 08/01/2016.

