



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

# **A CONTAMINAÇÃO HÍDRICA NA ENVOLVENTE DO LUBANGO ATRAVÉS DE METAIS PESADOS – ANGOLA**

**Lucas Sandoque**

**MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – RAMO AMBIENTE E ORDENAMENTO**

**Setembro, 2012**



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

**A CONTAMINAÇÃO HÍDRICA NA ENVOLVENTE DO  
LUBANGO ATRAVÉS DE METAIS PESADOS – ANGOLA**

**Lucas Sandoque**

**MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS**  
**RAMO AMBIENTE E ORDENAMENTO**

**Orientadores científicos: Prof. Doutor João António Mendes Serra Pratas**

**Prof. Doutor Nelson Edgar Viegas Rodrigues**

Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade de Coimbra

**Coimbra, Setembro, 2012**

# AGRADECIMENTOS

Antes de mais quero agradecer a Deus todo poderoso que fez com que as dificuldades fossem superadas e atingisse o objectivo preconizado, que é a finalização do curso.

Os meus agradecimentos vão também para todos os meus professores da UC (Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências da Terra), que incansavelmente se deslocavam até Angola para repartirem o seu saber com os estudantes e também agradeço aos professores por nos darem forças no sentido de continuar e demonstrarem as grandes vantagens que tem uma formação em Geociências no ramo do Ambiente e Ordenamento do território.

Agradeço profundamente aos professores Nelson Rodrigues e o João Serra Pratas pela paciência e amabilidade que tiveram para passar o máximo de informação com o seu saber. E mais, que palavras só o coração é que ditará, ficarei grato por toda vida.

Agradeço a minha família em especial ao meu pai e minha mãe, Lírio Handa Sandoque e Maria Mário Samuel Sandoque por incentivarem os meus estudos e muito compreenderam a minha formação. Agradeço também aos meus irmãos: David Samuel Sandoque, Isabel Sónia Samuel Sandoque, Leonor Nacesse Samuel Sandoque, Celmira de Fátima Samuel Sandoque e António Stelvio Samuel Sandoque por darem o seu contributo naquele momento que tinha que estar fora de casa. Agradeço o meu amigo Dásio de Barros João que muitas das vezes teve que se deslocar para prestar sua ajuda.

Por fim agradeço a mim por acreditar que muita das vezes na vida é necessário trabalhar muito, cultivar alguma paciência e correr atrás dos sonhos porque agora tenho a plena certeza que com trabalho sério, fé e oração, Deus ajuda sempre.

Caro leitor medita sempre na seguinte mensagem "O temor do Senhor é o princípio da sabedoria e a ciência do santo é a prudência"

## Resumo

Nesta dissertação fez-se o estudo da contaminação na envolvente da cidade do Lubango, Angola, através a análise química de metais pesados presentes em sedimentos e em plantas. O estudo foi feito em 19 rios da envolvente do Lubango, quer aqueles que se encontram próximo da cidade do Lubango como aqueles que se encontram mas distantes. O objectivo desta investigação foi o de identificar a existência (ou não) de poluição por metais pesados em diversos locais da envolvente do Lubango (Angola), tendo sido amostrados sedimentos e plantas aquáticas.

Nas plantas foram analisadas as concentrações de lítio, níquel, cobalto, chumbo, crómio, cobre e zinco. Os sedimentos dos rios da envolvente do Lubango, foram separados em fracções com diferente susceptibilidade magnética.

Os resultados das análises efectuadas apontam para a existência de elevadas concentrações de metais em quase toda região envolvida no estudo. Os minerais pesados observados em maiores quantidades foram a hematite, a magnetite, a ilmenite e o zircão.

Na maioria dos rios amostrados foram encontradas essencialmente por plantas do género *Polygonum*.

Palavras-Chave: Poluição por metais, Lubango, Sedimentos, Macrófitas.

## **Abstract**

This thesis focus on the study of the contamination in the surroundings of the city of Lubango, Angola, through the chemical analysis of heavy metals present in sediments and plants. The study was covered 19 of the rivers surrounding Lubango, including those that are near the city of Lubango as those that are further away. The objective of this research was to identify the existence (or not) of heavy metal pollution in different parts of the surroundings of Lubango (Angola), and samples of sediments and aquatic plants have been used.

In the plants, there were analyzed the concentrations of lithium, nickel, cobalt, lead, chromium, copper and zinc. The sediments of the rivers surrounding Lubango, were separated into fractions of different magnetic susceptibility.

The results of the tests indicate the presence of high concentrations of metals in almost the entire region covered by this study. The heavy minerals, that were observed in greater quantities, were hematite, magnetite, ilmenite and zircon.

In most rivers sampled were found mainly in plants of the genus Polygonum.

**Key-words:** Metal pollution, Lubango, Sediments, Macrophytes

# ÍNDICE

## 1. Introdução

1.1- Contextualização-----	1
1.2- Objectivos e Motivações-----	2
1.3- Estrutura do trabalho-----	3

## 2. Revisão Bibliográfica

2.1- Definição e formação dos sedimentos-----	4
2.1.1- Papel dos sedimentos no diagnóstico ambiental-----	4
2.1.2- Índice da qualidade da água-----	6
2.2 - As Plantas e Sedimentos como Indicadores da Contaminação dos Rios.-----	7
2.3- Conceito de Minerais Pesados-----	11
2.4- Breve Historial de Estudos Utilizando Minerais Pesados-----	12

## 3. Caracterização do local de estudo

3.1- Enquadramento geográfico-----	13
3.2- Geomorfologia-----	14
3.3- Clima-----	15
3.4- Hidrologia-----	17
3.5- Geologia-----	18
3.6- Solos e uso dos solos-----	19
3.7- Vegetação-----	21
3.8 – Descrição dos locais de Amostragem-----	21

## 4. Análise, Resultados e Discussão

4.1- Metodologias e Técnicas-----	34
4.2- Resultados e Discussão de Dados-----	38
4.2.1- Sedimentos-----	38
4.2.2- Resultados Obtidos Sobre as Plantas-----	47
4.2.3- Análise gráfica-----	47
4.2.4- Plantas-----	51

## 5. Conclusões e Recomendações

5.1- Conclusões-----	53
5.2- Recomendações e trabalhos futuros-----	54
- Bibliografia-----	56

## **ANEXOS**

Tabela1-----	60
Tabela2-----	60
Tabela3-----	60
Tabela4-----	61
Tabela5-----	61
Tabela6-----	62
Tabela7-----	62
Tabela8-----	63
Tabela9-----	63
Tabela10-----	63
Tabela11-----	64
Tabela12-----	64
Tabela13-----	64
Tabela14-----	65
Tabela15-----	65
Tabela16-----	65
Tabela17-----	65
Tabela18-----	66
Tabela19-----	66

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

### **1.1. Contextualização**

A Província da Huíla em particular o município do Lubango e alguns lugares da envolvente do mesmo possuem um grande reservatório ou lençóis freáticos, constituídos por águas doces, que é um dos recursos que serve como base de sustentação de toda a população humana da região, e sustentam também a actividade doméstica assim como: actividade agrícola, naturalmente colmatam as necessidades da região. O que levou a escrever este trabalho é a crescente contaminação dos rios da envolvente do Lubango através dos metais pesados existentes em plantas e sedimentos. A investigação visou analisar plantas e sedimentos que guardam no seu seio grandes quantidades de elementos contaminantes que são os metais pesados. Está investigação abrangeu alguns rios da envolvente do Lubango.

Após o trabalho de campo, o material foi para uma secagem no caso das plantas estas foram separadas totalmente (folhas e raízes) e de seguida foram moídas, catalogadas e posteriormente, enviado para o laboratório do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, onde foram feitas as análises químicas e os procedimentos foram feitos também com os sedimentos apesar de que os procedimentos de tratamento dos sedimentos foram mas delicados pelo que envolveram muitos passos. O estudo da contaminação da água na envolvente do Lubango é o que se tem feito para a investigação, e o mesmo é pertinente porque se analisarmos a contaminação da água a mesma não é feita somente de forma antrópica mas também de uma forma natural isto é através de alguns minerais contidos nos sedimentos e nas plantas. Este estudo de contaminação é importante a medida que é feita na base de amostras de sedimentos, folhas e raízes de plantas aquáticas. E estas plantas após a secagem são moídas e o tempo de secagem não é controlado porque a secagem depende da intensidade da radiação. Os dados que advêm destas análises permitem saber o nível de contaminação através de metais pesados nos rios.



O tema de estudo para esta investigação é **O estudo da contaminação dos rios na envolvente do Lubango através da Presença de metais pesados na água.**

### **1.1.2. Objectivos e Motivações**

O objectivo desta investigação é o de identificar a existência (ou não) de poluição em diversos locais da envolvente do Lubango (Angola) utilizando plantas aquáticas e sedimentos aquáticos como amostras, que são recolhidos em rios limpos assim como aqueles com um estado de conservação não muito bom, criados pelo material geológico das regiões. São recolhidos os sedimentos e plantas e depois são colocados em secagem mas tarde enviadas para análise no laboratório do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.

Os objectivos são importante porque irão permitir a planificação para o estudo de outros rios e saber as formas de prevenção tendo em conta que a água de consumo de grande parte de populares depende destes rios.

A motivação desta investigação é que o avanço tecnológico permitiu que estas técnicas fossem aplicadas a uma região ainda muito nova no campo científico e que estudos como estes permitira conhecer-se realmente o que os rios de Angola em geral e em particular da Huíla possuem em termos de minerais aluvionais e quem sabe perspectivar uma investigação geral para o País. É de salientar que esta investigação pode ser de extrema importância para Angola e em particular para a zona da envolvente da cidade do Lubango pois as linhas de água da bacia do rio Kakuluvar podem estar contaminadas por muitos factores como: químicos, físicos e biológicos.

Através dos resultados obtidos poder-se-á analisar as reais formas de remediação para se poder proteger o que existe de abundantes e de mas raro. Pode se dar o caso de que muitos destes metais pesados ao em vês de serem contaminantes são grandes protectores do meio ambiente, isto é, permitir o equilíbrio ambiental. Nesta senda de ideias o estado deve encontrar políticas de protecção afim da população restringir o consumo da água dos rios e evitar minugar este bem precioso que é a água dos rios.

## 1.2. Estrutura do trabalho

Tendo em conta a forma organizacional do trabalho o mesmo é constituído por mais cinco capítulos organizados da seguinte forma:

- Capítulo 1- Introdução Neste capítulo fez-se abordagem sobre aspectos gerais da região abrangida para se poder ter detalhes quando se analisar pormenores.
- Capítulo 2 – Sobre a revisão da bibliografia – Neste capítulo fez-se referência ao uso de plantas e sedimentos sua origem e formação, o papel dos sedimentos no diagnóstico ambiental, assim como as plantas e sedimentos como indicadores da contaminação por metais pesados nos rios.
- Capítulo 3- Sobre a caracterização da área de estudo – onde descreveu-se as características mais relevantes da envolvente à zona estudada como localização, geomorfologia, geologia, clima, solos e uso dos solos, vegetação e hidrografia.
- Capítulo 4- Sobre análises resultados e discussão – corresponde à parte do trabalho que reflecte a organização e metodologia utilizada para se obterem os resultados e algumas análises sobre o ponto de vista dos diferentes autores e o tratamentos dos resultados obtidos.
- Capítulo 5 – Sobre as conclusões e recomendações – coloca todos aspectos relevantes ou importantes sobre os resultados obtidos e a também alguns aspectos como deixar em aberto para novas ou seja contribuições com outros trabalhos.

## **CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Definição e Formação dos Sedimentos**

Entende-se por sedimentos todo material não consolidado, constituído por partículas, com diferentes composições químicas movimentadas por água, ar ou gelo, que se distribuem ao longo dos rios e entre vários tipos de rochas (Moreira e Boaventura, 2003).

Os processos de acumulação e transferência dos constituintes do sedimento se dão por precipitação através dos processos químicos e biológicos nos rios, lagos e águas oceânicas (Mudroch e Macknight, 1991).

#### **2.1.1- Papel dos Sedimentos no Diagnóstico Ambiental**

Os sedimentos de fundo, desempenham um papel importante na poluição dos rios, por metais pesados. Estes demonstram a qualidade do sistema aquático e podem ser usados para descobrir a presença de contaminantes que não permanecem solúveis após seu lançamento em águas superficiais. Os sedimentos movimentam-se como carreadores e fontes de poluição, os metais pesados não são permanentemente fixados por eles, e podem ser resolubilizados por mudanças nas condições ambientais (Bevilacqua, 1996).

Os sedimentos dos sistemas aquosos constituem uma grande fonte de estudo, pois são formados por material sólido transportado pelo vento, gelo e água da superfície da terra. Os sedimentos também podem originar-se pela deposição de material orgânico, que provem de animais e vegetais, que vivem no local (Campagnoli et al, 1999). Eles constituem uma fase mineralógica com partículas de tamanhos, formas e composição química distintas. Quase todos os materiais são depositados, na sua maioria, nos rios, lagos e reservatórios, durante vários anos. Os processos biogeoquímicos controlam a acumulação e a redistribuição das espécies químicas (Bevilacqua, 1996). Outro factor que influencia a absorção e a retenção de contaminantes na superfície das partículas é o tamanho da partícula. A tendência observada é a de que quando o grão diminui, as concentrações de nutrientes e contaminantes aumentam. Esta tendência primária é devida ao facto das pequenas partículas terem grandes áreas de superfície para a absorção por contaminantes.

A caracterização química deve determinar as concentrações de poluentes no sedimento, na fracção total (partículas <2mm). (CONAMA, 2003).

**Tabela 1 - Classificação Granulométrica dos Sedimentos (CONAMA, 2003)**  
**CLASSIFICAÇÃO Phi( $\Phi$ ) (mm)**

<b>CLASSIFICAÇÃO Phi(<math>\Phi</math>)</b>	<b>Dimensão em (mm)</b>
Areia muito grossa	2 a 1
Areia grossa	1 a 0,5
Areia média	0,5 a 0,25
Areia fina	0,25 a 0,125
Areia muito fina	0,125 a 0,062
Silte	0,062 a 0,00394
Argila	0,00394 a 0,0002

As propriedades de acumulação e de redistribuição de espécies nos sedimentos qualificam-nos como de extrema importância em estudos de impacto ambiental, pois registam com carácter mais permanente os efeitos de contaminação. Dependendo das características físicas e químicas do ambiente, contaminantes e nutrientes acumulados nos sedimentos podem ser disponibilizados para a coluna de água, influenciando directamente a qualidade desse meio (Bevilacqua, 1996).

Os sedimentos de ambientes aquáticos podem ser utilizados no estudo de poluição, como indicadores da presença e dos níveis de metais pesados. Além disso, a análise de perfis de metais pesados permite o levantamento histórico da acção antrópica do local de estudo (Favaro et al, 2001).

Actualmente o Reservatório do Rio Grande é responsável pelo abastecimento de 4,7 m<sup>3</sup>/s de água para os municípios Diadema, São Bernardo do Campo, parte de Santo André, cerca de 1,6 milhões de habitantes (SABESP, 2006)

Esse reservatório tem sido seriamente afectado pela expansão urbana, devido a ocupação caótica com uso irregular do solo. Está região apresenta extensas áreas degradadas causadas não somente pela erosão, mas também por poluição de cargas difusas, tais como depósitos sedimentares recentes. Uma

expressiva quantidade de sedimentos tem sido carregada para o reservatório desde o início de sua operação em 1935 (Campagnoli, 2002).

### **2.1.2. Índice da Qualidade da Água**

Em 1982, devido a grande quantidade de esgotos, que resultaram em sérios problemas de contaminação por algas cianofíceas (plantas tóxicas) houve a necessidade de interceptação do Braço do Rio Grande, através da construção de uma barragem com o nome de Barragem Anchieta, para garantir o abastecimento de água para várias comunidades, teve seu início em 1958 (INSTITUTO SOCIO AMBIENTAL, 2006).

Para realizar o controle da poluição das águas dos rios e reservatórios, utilizam-se os padrões de qualidade, que definem os limites de concentração que cada substância presente na água deve obedecer. Esses padrões dependem da classificação das águas Interiores, que é estabelecida segundo seus usos preponderantes, por legislação específica do lugar variando da Classe Especial, a mais nobre até menos nobre (CETESB – ÁGUAS, 2006).

Assim, o Índice de Qualidade das Águas é composto por:

- Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público;
- Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA), IAP é o produto da ponderação dos resultados actuais do IQA (Índice de Qualidade de Águas) e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afectam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas, incluindo metais, (Genotóxicidade) e do Potencial de Formação de Trihalometanos (THMPF). (CETESB, 2004).
- IQA: Temperatura da água, pH, oxigénio dissolvido, demanda bioquímica de oxigénio, coliformes termos tolerantes, nitrogénio total, fósforo total, resíduo total e turbidez; (CETESB, 2004).
- ISTO: Parâmetros que indicam a presença de substâncias tóxicas (teste de Mutagenicidade, potencial de formação de trihalómetanos, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel) e parâmetros que afectam a qualidade Organolépticas (fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco) (CETESB, 2004).

O IVA tem o objectivo de avaliar a qualidade das águas para fins de protecção da fauna e flora (CETESB, 2004).

O IVA leva em consideração e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e dois dos parâmetros considerados importantes para a biota (pH e oxigénio dissolvido), parâmetros esses agrupados no IPMCA – Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática, bem como o IET – Índice do Estado Tráfico de Carlson modificado por Toledo. Desta forma, o IVA fornece informações não só sobre a qualidade da água em termos ecotóxicológicos, como também sobre o seu grau de atrofia (CETESB, 2004)

- IPMCA: Grupo de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, sulfatos e fenóis) e grupo de parâmetros essenciais (oxigénio dissolvido, pH e toxicidade).

- IET: Transparência (disco de Secchi), clorofila *a* e fósforo total.

O IB – Índice de Balneabilidade é baseado na monitorização bacteriológico, com o fim de avaliar a qualidade da água para fins de recreação de contacto primário, sendo aplicado em praias de águas interiores, localizadas em rios e reservatórios. Com o intuito de determinar de uma maneira mais clara a tendência da qualidade das praias, a CETESB desenvolveu, com base nos dados obtidos da monitorização semanal, uma Qualificação Anual que se constitui na síntese da distribuição das classificações obtidas pelas praias ao longo das 52 semanas do ano. Baseada em critérios estatísticos simplificados, a Qualificação Anual expressa não apenas a qualidade mais recente apresentada pelas praias, mas aquela que a praia apresenta com mais frequência ao longo do tempo (CETESB, 2004).

## **2.2. As Plantas e os Sedimentos como Indicadores da Contaminação dos Rios**

Na revisão da literatura sobre a concentração de metais em sedimentos e em folhas de espécies de manguezal encontrou-se um número maior de estudos envolvendo análises do Zn do que de CO. Dentre os estudos mais recentes envolvendo a geoquímica do CO em ambientes do manguezal podemos citar os de Andrade e Patchineelam (2001) Soto Jimenez e Paéz-ósuna (2001), Wasserman et al. (2001) e Alongi et al (2004)

O manguezal é um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestres e aquáticos, característicos de regiões tropicais e subtropicais, sujeitos ao regime de mares. É constituída por espécies vegetais lenhosas típicas, adaptadas as condições específicas deste ambiente. Relacionado a energia e a matéria são conhecidos como sistemas abertos que recebem em geral um importante fluxo de água doce, sedimentos e nutrientes do ambiente terrestre e transportando matéria orgânica para o mar ou água estuarina (Lacerda e Rezende, apud Lacerda, 1994).

As condições anaeróbicas mantidas pela decomposição microbiana (baseada no sulfato de redução) da matéria orgânica, associadas as altas taxas de sedimentação e retenção de partículas finas uma intensa produtividade e acumulação de matéria orgânica, conferem uma elevada capacidade de retenção de contaminantes metálicos aos sedimentos de manguezal (Lacerda, 1994,1998), devido a precipitação dos metais promovidos pelos sulfetos, libertados pela actividade bacteriana. Como consequência pode haver uma redução substancial da incorporação destes metais pela vegetação de mangue (Silva et al, 1990).

Nas últimas décadas um dos tipos de contaminantes que tem sido cada vez mais frequentemente estudado através do levantamento em ambiente natural ou em laboratório são os metais traços que podem ter o seu comportamento no ambiente costeiro melhor entendido através da realização de experiências com traçadores (Santschi, 1988;Hall et al,1989;Canesin, 2000;Machado e tal, 2001). Silva (1988) estudou a distribuição e a circulação de metais pesados num ecossistema de manguezal dominado por *Rhizophora mangle* na baía de Septiba e sugeriu que fossem feitos estudos utilizando radiotraçadores para melhor entender a dinâmica de acumulação de metais nos ambientes de manguezal.

Entretanto este recurso não tem sido usado para esclarecer a dinâmica de contaminantes metálicos em manguezal e pode vir a ser uma importante ferramenta para se compreender, por exemplo; a transferência de metais para a vegetação de manguezal.

Os manguezais possuem importantes funções ecológicas para a região costeira tropical porque permitem o controlo da erosão pelas raízes do mangue

(estabilização física da linha de costa) a retenção de sedimentos terrestres, nutrientes e poluentes (o que reduz o assoreamento e a contaminação das águas costeiras), fornecimento de abrigo (formando um berçário) para a fauna costeira (Robertson e Duke, 1987; Robertson e Alongi, 1992; Vannucci, 1998; Lacerda, 2002). Outra função importante do manguezais é a exportação de matéria orgânica para os estuários e áreas costeiras adjacentes (Twilley et al, 1992).

As raízes aéreas também são um dos principais responsáveis pela captação e distribuição de oxigênio para a respiração das raízes subterrâneas (em meio anóxico) através da movimentação do ar por um tecido vegetal chamado aerenquima, criando-se uma rizosfera (ambiente diferenciado por ação das raízes, Andersen Kristensen, 1988). Isto pode afectar as condições de oxidação e de acidez dos sedimentos da rizosfera, alterando a forma química e acumulação dos metais (Clark et al, 1998).

Muitos estudos têm demonstrado o comportamento dos metais traços (de origem natural ou por contaminação) em sedimentos de ambiente de manguezal, que mostram claramente que a distribuição e a biodisponibilidade é influenciada pelas fases minerais predominantes, como o sulfeto (em locais com sedimentos redutores) e óxidos (em locais oxidantes) e pela matéria orgânica (Harbison, 1984, Lacerda et al, 1993, Clark et al, 1998 ).

Nos sedimentos os metais podem seguir, por exemplo: o comportamento de óxidos de Mn e Fe, apresentando acumulação ou remobilização quando estes óxidos são formados ou dissolvidos (SHAW ET AL, 1990) o mesmo pode acontecer em relação aos metais associados aos sulfetos (MORSE E LUTHER, 1999) e a matéria orgânica (RAE ALLEN, 1993).

O Co e o Zn são elementos essenciais à vida das plantas que seguem esta tendência de comportamentos geoquímicos (LACERDA, 1998), mas que se estiverem disponíveis para uma incorporação elevada podem ser tóxicos para a vegetação (REID e HAYES, 2003).

Wassermann et al (2001) mostrou um alto nível de contaminação de Zn em áreas de manguezal da baía de Sepetiba, mas não identificou o Co como



contaminante, não encontrando nenhuma associação entre as distribuições dos dois elementos.

As espécies rhizophoras mangle pertencem a família rhizophorancea e é conhecida pelos nomes de populares de mangue vermelho, apareiba, guaparaiba, guapereiiba ou mangue verdadeiro. Ela é nactiva nas costas tropicais e subtropicais da América, oeste de África, e algumas ilhas do pacífico (RICKLEFS e LATHAM 1993).

Um teste de reservas de metais de (Fe, Mn, Zn, Cr, Pb, Cu e Cd) nos sedimentos e nas plantas desta floresta de manguezal foi demonstrada por Silva (1988) mostrou que 98% de ferro, 68% de manganês, 83% de zinco, 97% de cromo, 80% de chumbo 100% de cádmio, encontram-se nos sedimento quando comparados com o compartimento biótico (folhas, galhos, raízes aéreas e subterrâneas).

O conteúdo dos sedimentos finos (silte e argila) apresenta em média uma baixa variabilidade com a profundidade (até os 20cm superficiais), variando de cerca de 40% a 50 %, e as concentrações totais de Fe, que geralmente mostram valores ao redor de 2%, chegaram a atingir mais de 4% nos horizontes da rizosfera da floresta, entre 10 a 20 cm de profundidade (Silva e tal, 2003)

Após um período de 3 meses a incorporação pelas plantas foi de 6% para o zinco (Zn) e 3% para o cobalto (Co). Para 6 meses de aplicação dos radionuclídeos, houve uma incorporação igual a 11% e 6% do total aplicado para Zn-65 e Co-58, respectivamente. Observa-se então, que a incorporação do zinco (Zn) para as plantulas deste grupo, é aproximadamente o dobro do cobalto (Co). (COTELO, 2004).

A incorporação de Zinco e Cobalto se dá em primeiro lugar nas raízes das plantas, de seguida pelo caule e por último pelas folhas. Sendo que apesar da quantidade de zinco ter dobrado nas plantas do grupo 3 com relação do grupo 2, estas actividades em termos de actividade total permaneceram as mesmas (COTELO, 2004).

## Estudos da Poluição da água

- A poluição da água é qualquer alteração física, química ou biológica da água que a torna imprópria para o fim a que se destina ou causa danos aos organismos vivos. Martins, Ana Silva, (2007)
- A poluição aquática pode ter origem em:
  - **Fontes localizadas** – pontos de descarga, de unidades industriais, estações de tratamento de águas residuais, minas abandonadas e tanques de combustível. Estas fontes são fáceis de identificar, monitorizar e regular; Martins, Ana Silva, (2007)
  - **Fontes dispersas** – zonas extensas que causam a poluição da água por escorrência, infiltração ou deposição a partir da atmosfera. Ex: zonas agrícolas e centros urbanos. Martins, Ana Silva, (2007).

### **2.3. Conceito de Minerais Pesados**

Segundo J. Alveirinho Dias (2004) é designado por "*minerais pesados*" os grãos minerálicos (principalmente da areia), provenientes de rochas ígneas e metamórficas, onde ocorrem normalmente de forma acessória, cuja densidade é superior a 2,9, isto é, superior à do quartzo (2,65) e à dos feldspatos (2,56 a 2,76).

Segundo J. Alveirinho Dias (2004) Como os minerais pesados normalmente podem ter origem primária numa vasta gama de rochas, onde ocorrem muito disseminados (isto é, como minerais acessórios), o seu estudo revela-se particularmente interessante. A presença de determinadas espécies no sedimento poder ser utilizada como traçador da origem desse sedimento e, conseqüentemente, como indicador da dinâmica sedimentar Estes minerais ocorrem nos sedimentos, em geral, em percentagens bastante pequenas. Para os concentrar, com vista ao estudo da sua abundância relativa, as técnicas laboratoriais recorrem normalmente à utilização de "*líquidos densos*". O líquido denso mais utilizado é o bromofórmio.

#### **2.4. Breve Historial de Estudos Utilizando Minerais Pesados**

Segundo J.Alveirinho Dias (2004),foi Edelman (1933) que realizou o primeiro estudo sedimentológico baseado no exame sistemático da distribuição dos minerais, autor que introduziu o conceito de "**província sedimentar**" para designar o conjunto de sedimentos que possuem a mesma idade de formação, a mesma origem e a mesma distribuição. Nas décadas de 50 e 60 do século XX a escola francesa desenvolveu bastante esta linha de investigação, tendo conseguido assinalável êxito na utilização das diferentes espécies ou variedades de espécies como indicadores de origem e como traçadores do transporte sedimentar.

Foi, no entanto, a escola norte-americana que desenvolveu, sobretudo após a II Guerra Mundial, a interpretação do comportamento hidrodinâmico dos diferentes grãos de minerais pesados presentes em diferentes ambientes sedimentares actuais, linha esta que se iniciou com o trabalho de Rubey (1933). Ainda segundo J.Alveirinho Dias (2004) O trabalho desenvolvido pela escola americana permitiu concluir que a separação selectiva das partículas é tanto mais eficaz quanto maior for o contraste existente entre os valores da velocidade de sedimentação, da velocidade de corte crítica ou da tensão de corte crítica. O modo como os grãos são transportados (tracção ou suspensão) determina qual ou quais das grandezas referidas são preponderantes no processo de selecção. É, assim, possível interpretar a distribuição das diferentes espécies mineralógicas à luz da acção dos diferentes processos sedimentares.

## **CAPÍTULO 3- CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO**

### **3.1. Enquadramento Geográfico**

A cidade do Lubango é o município sede da província da Huíla com uma população estimada em 1.414.115 habitantes, no sudoeste de Angola em África. A província é limitada pelos paralelos 13° 15' e 16° 30' Sul e pelos meridianos 13° 30' e 16° 00' Leste, zona 33L. A província da Huíla possui uma área de 78.879 km<sup>2</sup> aproximadamente e alberga uma população estimada em cerca de 2,6 milhões de habitantes, o que corresponde a uma média de 32 habitantes por km<sup>2</sup>. A cidade do Lubango que é o município sede já referenciado anteriormente, tem uma área aproximada de 3.140km<sup>2</sup> e situa-se na zona sudoeste da província, com elevações típicas da zona de cordilheira de montanhas, com uma altitude média superior a (1000 metros) mil metros. A norte é limitado pelos municípios de Quilengues e Cacula, a leste pelo município de Quipungo, a sul pelo município da Chibia e a oeste pelos municípios da Humpata e da Bibala, este último pertencente à província do Namibe. O clima no Lubango é tropical de altitude (clima modificado principalmente pela altitude). A temperatura média anual é cerca de 20°C, sendo Julho o mês mais frio e Outubro e Novembro os mais quentes. A média anual pluviométrica (precipitações) é superior a 1000 mm. A vegetação predominante é caracterizada por árvores de grande e pequeno porte que surgem no meio de uma erva rasteira, própria das regiões de transição para o deserto. O grupo étnico predominante é o subgrupo Ovamuila, do grupo Nhaneka-Humby, que vive dispersa em pequenas aldeias. A actividade agropecuária é a principal desenvolvida no município, que alberga também o principal parque industrial da província e um dos maiores do país (Huíla, 2007).

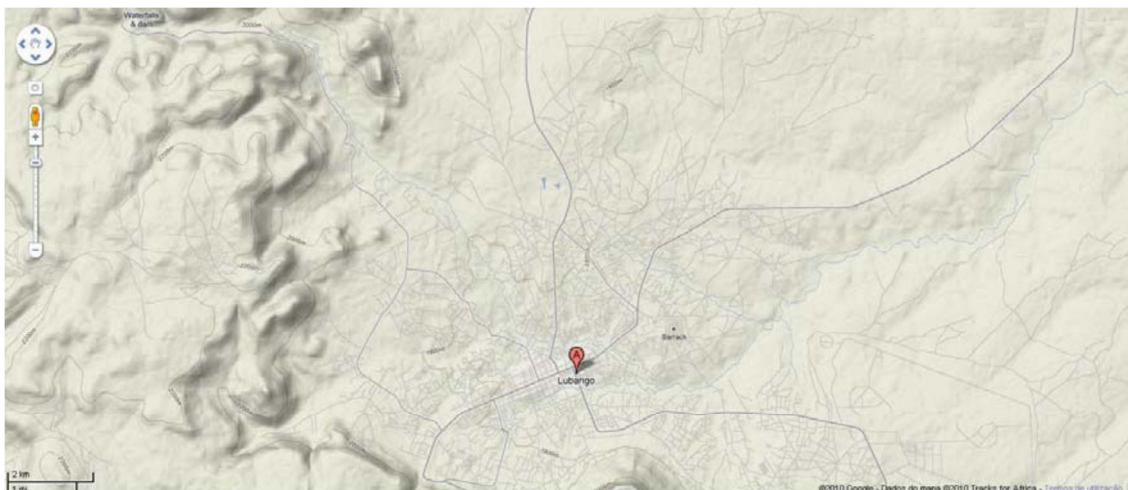


Figura 3.0 - Esboço topográfico em modelo 3D da envolvente do Lubango (adaptado Google).

### 3.2 – Geomorfologia

O relevo de Angola é caracterizado segundo alguns autores pelas seis grandes unidades geomorfológicas, a Faixa litoral, a Zona de transição (Superfícies Intermédias), a Cadeia Marginal de Montanhas, o Planalto Antigo, a Bacia do Zaire e as Bacias do Zambeze e Cubango. (Carta Generalizada dos Solos de Angola, CEPT, 1968).

A cadeia Marginal de Montanhas corresponde à margem mais ocidental do Planalto Antigo desde o Rio Queve até Humpata, respectivamente de Norte para Sul. Nesta margem do planalto as montanhas atingem altitudes acima dos 2000m. Situam-se aí, os relevos mais acidentados do território de Angola, onde as escarpas têm declives muito acentuados, e na Serra de Chela o desnível supera os 1000m de forma abrupta (Carta Generalizada dos Solos de Angola, CEPT, 1968).

No aspecto morfológico distinguem-se duas unidades principais, a mais importante localizada a nível inferior, e ocupando a maior parte da área, esta em correspondência com a extensíssima superfície planáltica, que constitui todo o interior centro e sul de Angola. Trata-se de uma superfície muito perfeita, de relevo ondulado suave ou moderado, com inclinação gradual e sensível para leste e sudeste. As cotas da superfície na área considerada atingem valores dos 1800 metros no Lubango e 1400 metros nos seus limites a leste e a sudoeste (Diniz 2006).

Quanto a fisionomia da região da Humpata está relacionado com a composição do substrato rochoso ela forma uma grande unidade geomorfológica denominada de planalto da Humpata com altitude da ordem dos 2000 metros.

A região da Quihita e Chiange possuem uma altitude que varia entre os 1400 a 1500m na faixa norte, até aos 1200m na faixa sul.

Falando da parte mas para sul do município da Chibia geomorfológicamente são parte integrante da grande superfície planáltica do interior angolano, cujas cotas mas elevadas coincidem sensivelmente com o rebordo da escarpa que a delimita a ocidente, ou ainda com os sopés dos maciços montanhosos e outras formas de relevo movimentado que se erguem mas ou menos descontinuamente junto ao mencionado do rebordo. No sudoeste de Angola tais relevos não são mais do que prolongamentos da chamada montanha marginal.

A partir da periferia referida, a extensão aplanação tem uma inclinação gradual continuada para sul e sudeste.

### **3.3-Clima**

Para melhor se compreender as características do clima da região envolvente do município do Lubango precisa-se de se analisar algumas condicionantes do mesmo assim tem-se o seguinte:

#### **Precipitação:**

As precipitações no território angolano são geralmente de génese convectiva, verificando-se precipitações orográficas na Zona de Transição (altitudes intermédias) e na Cadeia Marginal de Montanhas.

A província da Huila tendo em conta o clima possui duas estações, onde o contraste existente entre elas e essencialmente pluviométrico pois que a diferença de temperatura, embora sensível não é muito grande. A estação das chuvas de Outubro a Abril coincide com o tempo mas quente.

Assim a estação das chuvas na Huila tem estreitas relações com os deslocamentos com as zonas de convergência e o regime de precipitação.

Nos meses de Janeiro e Fevereiro, Março e Abril, a zona de convergência desça-se sobre o território da Huila. No mês de Fevereiro e no de Março, o número de dias de chuva aumenta, ela começa a precipitar-se cerca das 15 horas sob forma de chuva equatorial acompanhada de trovoadas

O factor de relevo tem influência na repartição da precipitação. As vertentes expostas ao vento recebem mais precipitação que as contrarias.

De acordo com a posição geográfica de cada região na superfície terrestre identifica-se um clima influenciado pela zonalidade que é o factor determinante em algumas regiões que normalmente influenciam a temperatura e precipitação.

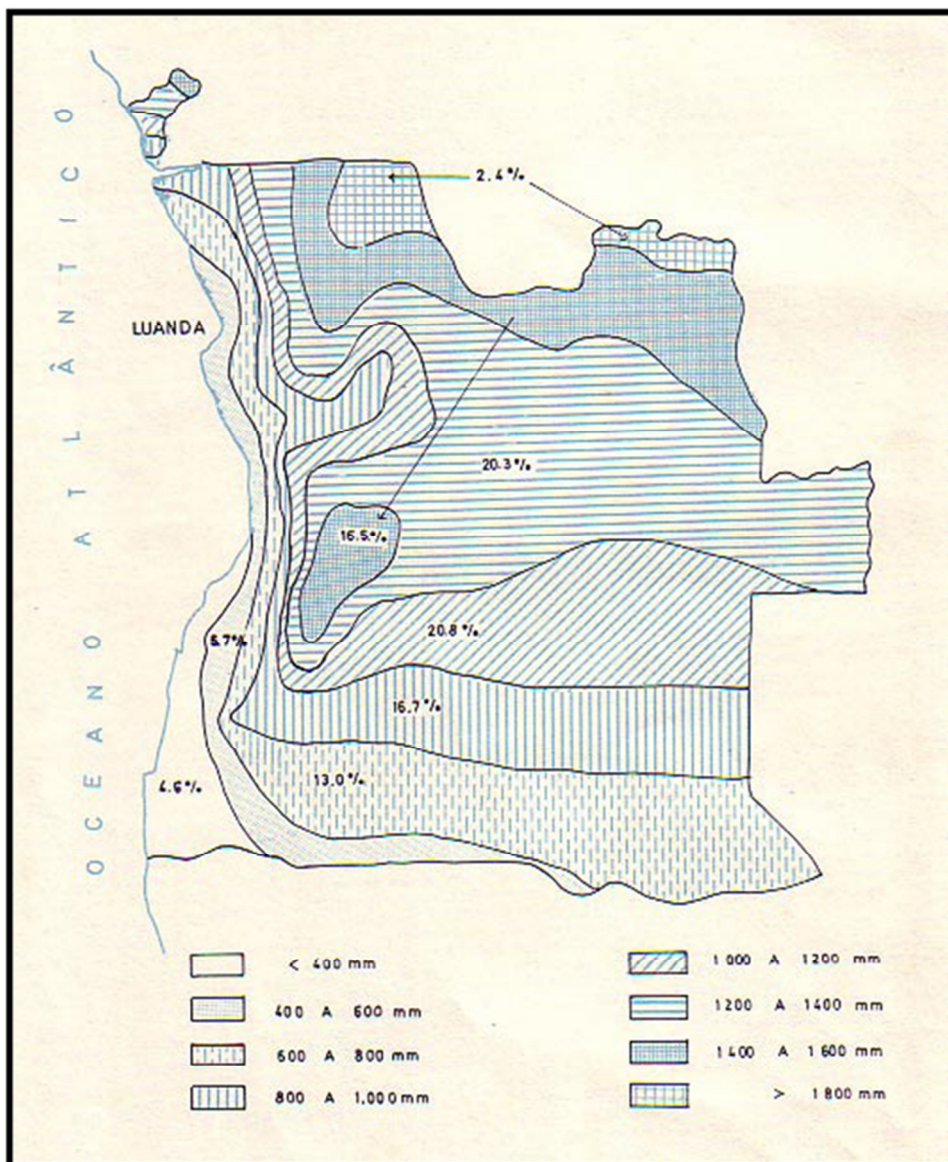


Fig.3.2- Precipitações Médias Anuais em Angola, Fonte; Norwegian Water Resources and Energy Directorate, September 2004, "National strategy plan for rehabilitation of the hydrometric network in Angola"(Junho,2008).

## **Temperatura**

A temperatura no território angolano no contexto tropical é assim, influenciada por dois factores mais determinantes, a corrente fria de Benguela e o relevo de altitude.

Na periferia isto é no município da Humpata temperatura média anual nesta região e de cerca de 17°C isto devido a grande altitude que ela se encontra. As amplitudes térmicas diárias nos meses mais frios (Junho e Julho) atingem valores bastantes elevados. O clima compreende duas estações: a das chuvas que compreende um período de cerca de seis meses (meados de Outubro a meados de Abril), e a seca corresponde aos restantes meses do ano. Nota-se nesta região a transição do clima tropical chuvoso para clima mais seco, havendo por consequência uma diminuição gradual de pluviosidade.

Relacionado com a região da Quihita e Chiange, o clima da região em estudo e parte integrante da região tropical semi árida, com estação chuvosa de cerca de cinco meses (Novembro a Março), considerando Outubro e Abril como meses de transição. Sendo os meses de Fevereiro e Março os meses de máxima pluviosidade.

A temperatura média anual oscila entre os 21° C a 22° C, com as máximas em Outubro ou Novembro e mínimas em Julho. A estação seca tem cerca de sete meses (7), onde a extrema secura é agravada pelo elevado grau de insolação. O clima da região Oeste do Chiange isto é a sudoeste do município é do tipo tropical semi árido, com duas estações, tendo a das chuvas com uma duração média de temperaturas médias anuais situam-se entre os 21°C e os 23°C.

### **3.4- Hidrologia**

Na sede do Lubango encontramos alguns rios como: Mapunda, Nambambi, Nombakai (I e II) Toco, Hoque e algumas malolas que têm suas nascentes na



sede do município do Lubango, como é o caso do rio Mucufi". Quanto aos rios Mapunda e Nambambi tem a sua nascente na grande escarpa da Tundavala isto é a noroeste do Lubango e que é o mesmo rio mas que este toma vários nomes tendo em conta o lugar.

No que diz respeito a alguns rios da envolvente do Lubango a que referenciar alguns rios que passam pelo município da Chibia: o Chimpumpunhime e o Huila, nascem no planalto da Humpata e são afluentes do Kakuluvar correndo por tanto na direcção Oeste Sudoeste. Para além destes existe um grande número de linhas de água com designação de "malolas" algumas com água apenas das chuvas e outras pequenas nascentes.

Quanto a região da Quihita e Chiange nestas zonas a rede Hidrográfica tem direcção sul sudeste e faz parte da bacia do Kakuluvar, afluente do Cunene. Devido a escassez das chuvas quase que todos pequenos cursos de água, apenas transportam caudais quando aparecem as precipitações.

A água dos rios a oeste do Chiange são drenadas pelo Curoca rio que resulta da junção de dois outros rios importantes que são os rios: Pocolo e o Otchinjau. Na faixa extrema oriental em correspondência com a cobertura sedimentar do Kalahari, os vales são muito abertos e profundos, típicos das formações de areias, dos quais o Tchimbolelo, que se liga a conhecida mulola Mucope, e o mais importante. O regime dos rios próximos desta região são na sua maioria de regime intermitente. As linhas de água da zona são de carácter torrencial somente na época das chuvas.

### **3.5- Geologia**

Quanto a geologia da zona da Humpata dominam as formações eruptivas antecambrias, principalmente os granitos ainda os quartzos as formações sedimentares consolidadas são constituídas por uma sucessão englobando materiais greso-quartzíticos, xistosos calcários dolomíticos. Estas formações assentam sobre formações eruptivas antecambrias e foi-lhe atribuída a idade câmbrico-silurico. Das formações mais recentes pode-se referir os depósitos do plistocénico, constituídos por cascalheiras e materiais dos fundos dos vales.

Quanto a zona de Quihita e Chiange Geologicamente abundam rochas eruptivas cristalinas, principalmente os granitos, considerados anticambricas. Estendendo-se na parte ocidental.

Na parte oriental encontram-se formações sedimentares constituídas por materiais não consolidados, sendo essencialmente areias soltas de quartzitos de grão fino e médio. Ao longo do Kakuluvar o traçado assenta sobre rochas eruptivas básicas. Assinalam-se depósitos recentes de argilas negras.

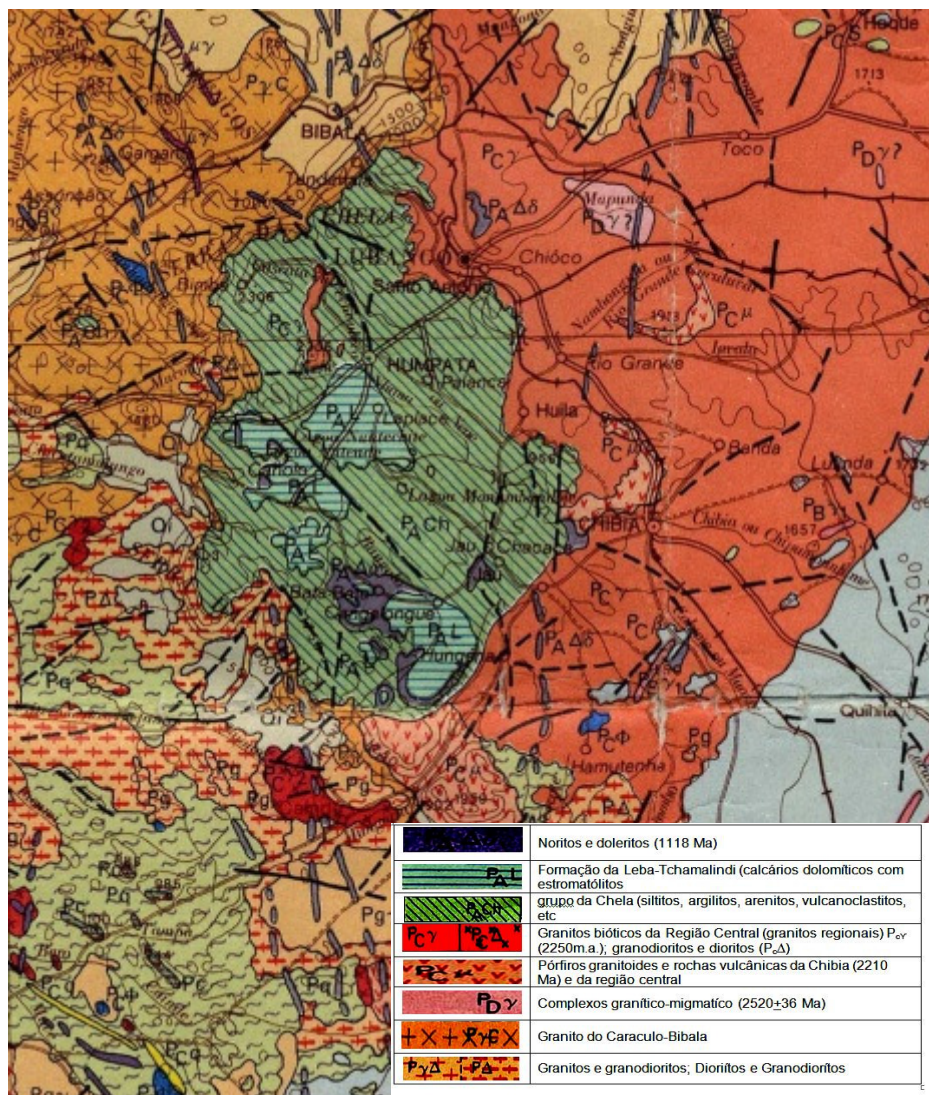


Figura 3.3 - Carta Geológica da área do Lubango (adaptada de Vale, 1971).

### 3.6- Solo e Usos de Solos

Os solos da região estão relacionados com o substrato rochoso, tendo em conta a faixa correspondente à área de granito. A Norte, predomina um clima de transição com ocorrência de solos do tipo ferralítico, em toda outra extensão

aparecem solos áridos. Reúnem-se solos minerais com argila, com capacidade de troca mineral entre os solos sialíticos e os solos ferralíticos de texturas semelhantes, em níveis com mais de 20% a 30% de argila. Os solos fersialíticos da região em estudo não têm carbonato de cálcio, a sua argila é constituída predominantemente por caulinite, associada à ilite em proporção variável de óxido de ferro, possivelmente em alguns casos, pouco óxido de alumínio.

Devido ao rigor climático os solos do município da Humpata dividem-se da seguinte maneira nos climas secos os solos são do tipo ferralítico e ocorrem com menor frequência e estão relacionados com o material rochoso como os xistos argilosos e os calcários dolomíticos. Os solos fersialíticos ocorrem com maior dominância e estão relacionados com os climas secos principalmente nas áreas do sul e sudeste da região, apresentando descontinuidades devido a ocorrência de materiais

Os solos da região Quihita e Chiange estão relacionados com os substratos rochosos, já que o clima por deficiência pluviométrica não é factor que se sobreponha a influência que cabe a rocha mãe, exceptuando a faixa correspondente a zona do granito. A norte encontramos um clima de transição com a ocorrência de solos ferralíticos, em toda outra extensão aparecem solos do tipo barros negros e solos do tipo avermelhado associados aos solos fersialíticos.

Os solos da região a oeste do Chiange são quase na sua totalidade relacionados com a geologia da mesma. Na parte ocidental é constituído por terrenos rochosos e afloramentos rochosos. Na parte oriental a região apresenta uma predominância de barros negros.

#### **- Usos de solos**

Os solos da envolvente do Lubango são usados na sua maioria para a agricultura mas em algumas regiões as actividades variam tendo em conta as grandes oportunidades que a região apresenta. Assim na zona oeste (Humpata) a principal actividade é a agricultura e a pecuária, possui uma barragem para o sustento agro-pecuário e junto a esta barragem pratica-se também a pesca mas em pequenas quantidades (meramente artesanal) a exploração Calcária é visível em algumas zonas da região. A norte a principal actividade é a agricultura, criação de gado e o comércio que tem um impacto

positivo no desenvolvimento da vida das populações. A sul e sudeste encontramos varias actividades praticadas nestas zonas entre as tais podemos citar as seguinte: Agricultura, pecuária e a exploração mineira como o granito negro e alguns inertes.

### **3.7- Vegetação**

A vegetação que maiores regiões parecem ocupar é de Savanas e matas de panda, que ocorrem em grande parte do Planalto Antigo, em especial a sudeste,

A vegetação no município da Humpata corresponde essencialmente zonas de transição entre florestas abertas e matos serrados.

Quanto a região á Oeste de Chiange está relacionado com o tipo de clima semi árido e solos a vegetação e composta por dois grandes agrupamentos florísticos. Assim nos terrenos rochosos temos formações estepicas de arbustos e árvores. A oriente e também com extensão de norte a sul existem savanas de bosques.

### **3.8- Descrição dos Locais de Amostragem**

Fez-se um estudo na envolvente do município do Lubango e analisou-se detalhadamente alguns rios onde recolheram-se amostras, estes rios são: rio Chiange, Kakuluvar I, Kakuluvar II, Dongue, Chimpumpunhime e o rio da Huila, Nambambi, Toco, Hoque, Nombaka I, Mapunda Humpata I, Humpata II, Tchimucua Muticula, Macufi, Nascente da Nossa Senhora do Monte e o rio Tundavala.

## Coordenadas da Zona de Amostras

Ponto Latitude Longitude Local

Pontos	Latitude	Longitude	Altitude	Local
1	Sul14°51.178	E013°36.220	1632 metros	Rio Nombaka
2	Sul15°03.457	E013°32.545	1727metros	Rio da Huila,
3	Sul14°40.023	E013°53.914	1564 metros	Rio Kambalombo
4	Sul15°11.391	E013°42.078	1446 metros	RioChimpumpunhime
5	Sul15°44.620	E13° 53.031	1266 metros	Rio Chiange
6	Sul15°45.261	E013°59.262	1248 metros	Rio Kakuluvar II
7	Sul15°45.261	E013°59.210	1240 metros	Rio Kakuluvar I
8	Sul14°56.330	E013°27.970	1970 metros	Rio N Sr <sup>a</sup> do Monte
9	Sul15°01.917	E013°22.192	1889 metros	Rio da Humpata I
10	Sul15°01.331	E013°22.263	1886 metros	Rio da Humpata II
11	Sul15°00.842	E013°23.206	1877metros	Rio da HumpataIII
12	Sul14°51.293	E013°36.072	1631 metros	Rio Chimucua
13	Sul14°55.332	E013°29.505	1769 metros	Rio Macufi
14	Sul14°44.877	E013°51.898	1692 metros	Rio Muticula
15	Sul15°25.978	E014°03.188	1273metros	Rio Dongue
16	Sul14°50.544	E013°24.335	2081 metros	Rio Tundavala
17	Sul14°46.915	E013°46.128	1686 metros	Rio Toco
18	Sul14°53.639	E013°30.942	1731 metros	Rio Nambambi
19	Sul14°54.488	E013°28.857	1758 metros	Rio Mapunda

**A amostra 1** foi recolhida no rio Nombakai (I) localiza-se também na zona 33L e com latitude sul 14°51.178' e longitude este 013° 36.220' numa região com altitude 1632 metros. O seu leito é constituído por sedimentos grosseiros e finos com caudal baixo e algumas plantas aquáticas o rio é de regime permanente.

**A amostra 2** foi recolhida na comuna da Huila, no rio com o mesmo nome, o qual possui as seguintes coordenadas UTM 8334783, latitude sul 15° 03.457' e longitude este 013° 32.545', com altitude de 1727metros, o rio e de regime permanente, a que salientar que neste rio foram recolhidas duas amostras,

sedimentos e plantas, na montante do rio podemos encontrar rochas graníticas alteradas com o movimento da água. Já nas margens deste rio podemos encontrar vegetação arbustiva e árvores de grande e pequeno porte, com plantas aquática no seu leito e sedimentos médios e finos arredondados. E visível ao longo do rio a prática da agricultura e a pecuária.

**Amostra 3** foi recolhida no rio Kambalombo na comuna do Hoque, na zona 33L 0381400, com coordenadas UTM 8378211, latitude sul 14° 40.023' longitude este 013° 53.914', com altitude 1564 metros. A zona é constituída por sedimentos finos e grosseiros, e plantas aquáticas típicas dos rios da zona. Caudal e razoável.

**A amostra 4** foi recolhida na vila da Chibia no rio Chimpumpunhime município sede, na qual localiza-se na zona 33L, com coordenadas UTM 8320261, latitude sul 15° 11.391' e longitude este 013° 42.078' com uma altitude de 1446 metros, rio de regime permanente, a que salientar que nesta zona foram recolhidas duas amostras na qual foram sedimentos e plantas, na montante podemos encontrar rochas do tipo granítica nas margens do rio encontramos uma vegetação arbustiva e arvores de grande e pequeno porte, com plantas aquáticas, no leito também encontramos sedimentos finos e redondos as características deste rio são quase semelhantes ao do Kakuluvar na zona da Quihita. Ao longo do rio podemos encontrar a pratica da agricultura que é a principal actividade na região.



Figura: 3.4- Fotografia do rio Chimpumpunhime,(2011)

**A amostra 5** foi recolhida na comuna do Chiange isto e rio Chiange, localiza-se a sudoeste do município sede, zona 33L, com coordenadas UTM 8259101, latitude sul  $15^{\circ}44.620'$  e longitude este  $13^{\circ} 53.031'$ , com altitude de 1266 metros, na envolvente do rio podemos encontrar uma vegetação composta por árvores grandes e pequenas. O rio anteriormente era de regime intermitente (isto é só corria no tempo chuvoso), mas actualmente é de regime permanente mas com um caudal extremamente baixo. Na zona podemos encontrar sedimentos grosseiros e pouco arredondados devido o baixo caudal e a reduzida inclinação que o leito possui.



Figura: 3.5- Fotografia do rio Chiange , (2011)

**A amostra 6** foi recolhida comuna da Quihita do lado1 do rio Kakuluvar a sul do município sede, na qual localiza-se na zona 33L, com coordenadas UTM 8299370, latitude sul  $15^{\circ} 22.803'$  e longitude este  $013^{\circ} 57.826'$ , com uma altitude de 1313 metros, o rio é de regime permanente. A que salientar que nesta zona foram recolhidas duas amostras: sedimentos e plantas, nas margens do rio podemos encontrar árvores de grande e pequeno porte, com plantas aquáticas, ainda no leito podemos encontrar sedimentos finos e arredondados. Nesta zona já há um aumento gradual de precipitação em relação as zonas anteriores, a principal actividade na região é a agricultura que é visível ao longo do rio e a pecuária.





Figura: 3.6- Fotografia do rio Kakuluvar I, (2011)

**A amostra 7** foi recolhida próximo da comuna do Chiange no rio Kakuluvar, que localiza-se a sudoeste do município sede, zona 33L, com coordenadas UTM 8257976, latitude sul  $15^{\circ} 45.261'$  e longitude este  $013^{\circ} 59.210'$ , com altitude de 1240 metros, na envolvente do rio podemos encontrar uma vegetação composta uma vegetação típica da região arvores pequeno e grande porte também podemos encontrar graminhas, o rio é permanente, isto é corre todo tempo, no leito podemos encontrar sedimentos médios e finos e arredondados.



Figura: 3.7 - Fotografia do rio Kakuluvar II (2011)

**Amostra 8** Foi recolhidas na Nascente da Nossa Senhora do Monte, localiza-se na zona 33L 0335037, com coordenadas UTM 8347870, com latitude sul  $14^{\circ} 56.330'$  e longitude este  $013^{\circ} 27.970'$ , com altitude de 1939 metros, com baixo caudal, com vegetação a sua volta. Foram recolhidos sedimentos e plantas, sedimentos são do tipo fino.

**A amostra 9** Foi recolhida no município da Humpata, no rio com a designação de Humpata (I) com coordenadas UTM 8337475, latitude sul  $15^{\circ} 01.917'$  e longitude este  $013^{\circ} 22.192'$ , com altitude média 1889 metros, foram recolhidas varias amostras; como sedimentos e plantas, Com rochas do tipo granítica no montante com vegetação nas margens e no leito sedimentos finos e grosseiros tendo em conta o movimento lento da água, exploração de inertes é elevada. A prática da agricultura é elevada ao longo do rio.

**A amostra 10** foi recolhida no município supracitado, no rio com a designação de Humpata (II), com as seguintes coordenadas UTM 833859, latitude Sul  $15^{\circ}01.331'$ , e longitude este  $013^{\circ}22.263'$ , com altitude 1886 metros. Com caudal baixo mas que se eleva no tempo chuvoso. Com sedimentos e plantas ao longo do rio, sedimentos grossos e finos, plantas de várias espécies, com água avermelhada em alguns lugares devido a presença de ferro na água. Com residências próximo do rio e ao longo do mesmo nota-se grande e pequenos campos agrícolas. O rio é de regime permanente.

**A amostra 11** foi recolhida no rio Humpata (III) o tal localiza-se na zona 33L, com latitude sul  $15^{\circ}00.842'$  e longitude este  $013^{\circ}23.206'$ , a mesma possui uma altitude de 1877 metros. Uma região que possui um caudal baixo, com rochas grosseiras no interior do rio e alguns sedimentos também grosseiros e finos. A montante do rio possui rochas do tipo granítica, com o leito em forma de escadaria, e quanto ao leito este é suave e permanente, possui espécies vegetais de a sua volta mas já no interior as mesmas são rarefeitas, encontrando-se apenas algumas espécies baixas.

**Amostra 12** foi recolhida no rio Chimucua localiza-se na zona 33L 0349504, com coordenadas UTM 8357253, latitude sul  $14^{\circ}51.293'$  e longitude este  $013^{\circ}36.072'$ , com altitude de 1631 metros, sedimentos muito finos sem plantas no interior e o caudal deste rio também é baixo.

**Amostra 13** Foi recolhida no rio Macufi, o qual localiza-se na zona 33L 0337778 com coordenadas UTM 8349729, com latitude sul  $14^{\circ}55.332'$  e longitude este  $013^{\circ}29.505'$ , com altitude de 1769 metros, o caudal do rio é baixo, há vegetação a sua volta, devido a acção antrópica, há tendências para a poluição antrópica. Foram recolhidos sedimentos e plantas, os sedimentos são do tipo grosseiro.

**A amostra 14** foi recolhida no rio Muticula na região de cazeta próximo do Hoque. Com as seguintes coordenadas UTM 8365424, com latitude sul  $14^{\circ}46.919'$  e longitude este  $013^{\circ}46.114'$ , com uma elevação de 1689 metros. Com caudal baixo que se eleva nos meses mas quentes devido o

aparecimento das precipitações, ao longo do rio é notável a agricultura tradicional e a criação de animais. O leito é constituído por sedimentos finos e é uma zona de muita erosão devido a falta de plantas a volta.



Figura: 3.8- Fotografia do Rio Dongue, (2011)

**A amostra 15** foi recolhida na comuna do Dongue, a sul do município sede, no rio Dongue, que localiza-se na zona 33L, com as seguintes coordenadas: sul  $15^{\circ} 25.978'$  e longitude este  $014^{\circ} 03.188'$ , com uma altitude de 1273 metros, na envolvente do rio podemos encontrar uma vegetação arbustiva, o rio é intermitente, no seu leito podemos encontrar sedimentos grosseiros e pouco arredondados de tamanho médio, com argila preta.

**Amostra16** Foi recolhida no rio da Tundavala, que localiza-se na zona 33L, com as seguintes coordenadas: Latitude sul  $14^{\circ} 50.544'$  e Longitude este  $013^{\circ} 24.335'$ , com altitude 2081 metros. Com vegetação no interior do rio, e nas margens a vegetação é abundante com plantas de pequeno e grande porte. Sedimentos do tipo fino e grosseiro, na sua maioria muito arredondados, isto devido ao grande movimento que tem a água desde o seu percurso mais alto.

**Amostra 17** foi recolhida no rio Toco localiza-se na zona 33L 0367495 e UTM 8365430, latitude sul 14° 46.915' e longitude sul 14° 46.915' com altitude de 1686 metros. O rio é constituído por sedimentos finos e grosseiros e algumas plantas típicas do rio da zona

**A mostra 18** foi recolhida no rio Nambambi localiza-se na zona 33L 0340333 com coordenadas UTM 8352869, com latitude sul 14° 53.639' e longitude este 013° 30.942', com altitude 1731 metros, o caudal do rio é baixo com algumas vegetações a sua volta e foi encontrada apenas uma espécie de plantas no seu leito e é constituído por sedimentos finos e grosseiros.

**Amostra 19** foi recolhida no rio Mapunda localiza-se na zona 33L 0336606, com coordenadas UTM 8351276, latitude sul 14° 54.488' e longitude este 013° 28.857' com altitude 1758 metros, o seu leito é constituído por calhaus grosseiros na sua maioria e sedimentos finos na sua minoria, o caudal do rio é razoável com plantas a sua volta.

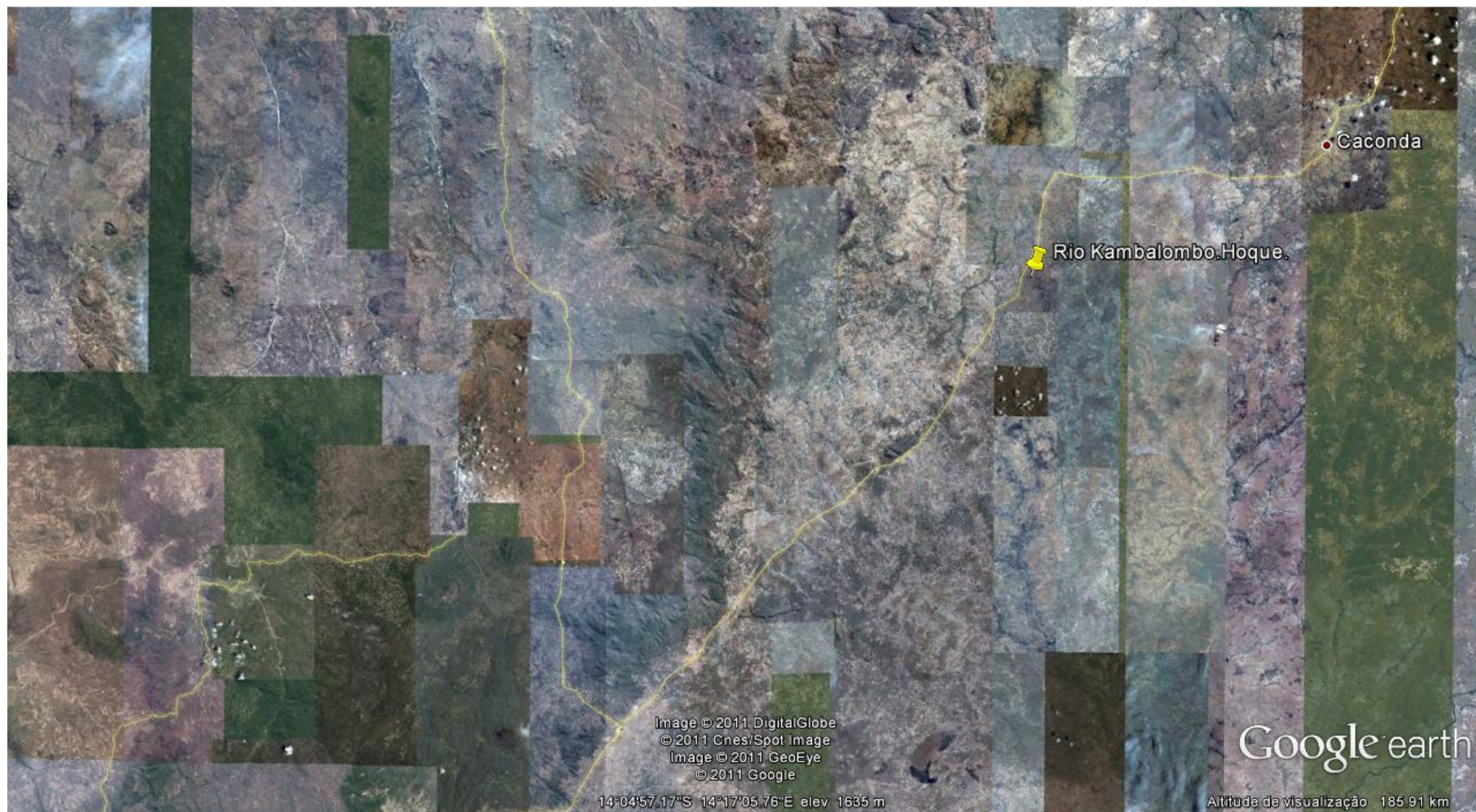


Figura: 3.9- Fotografia Aérea do Lubango, (adaptado Google).Lubango 2011

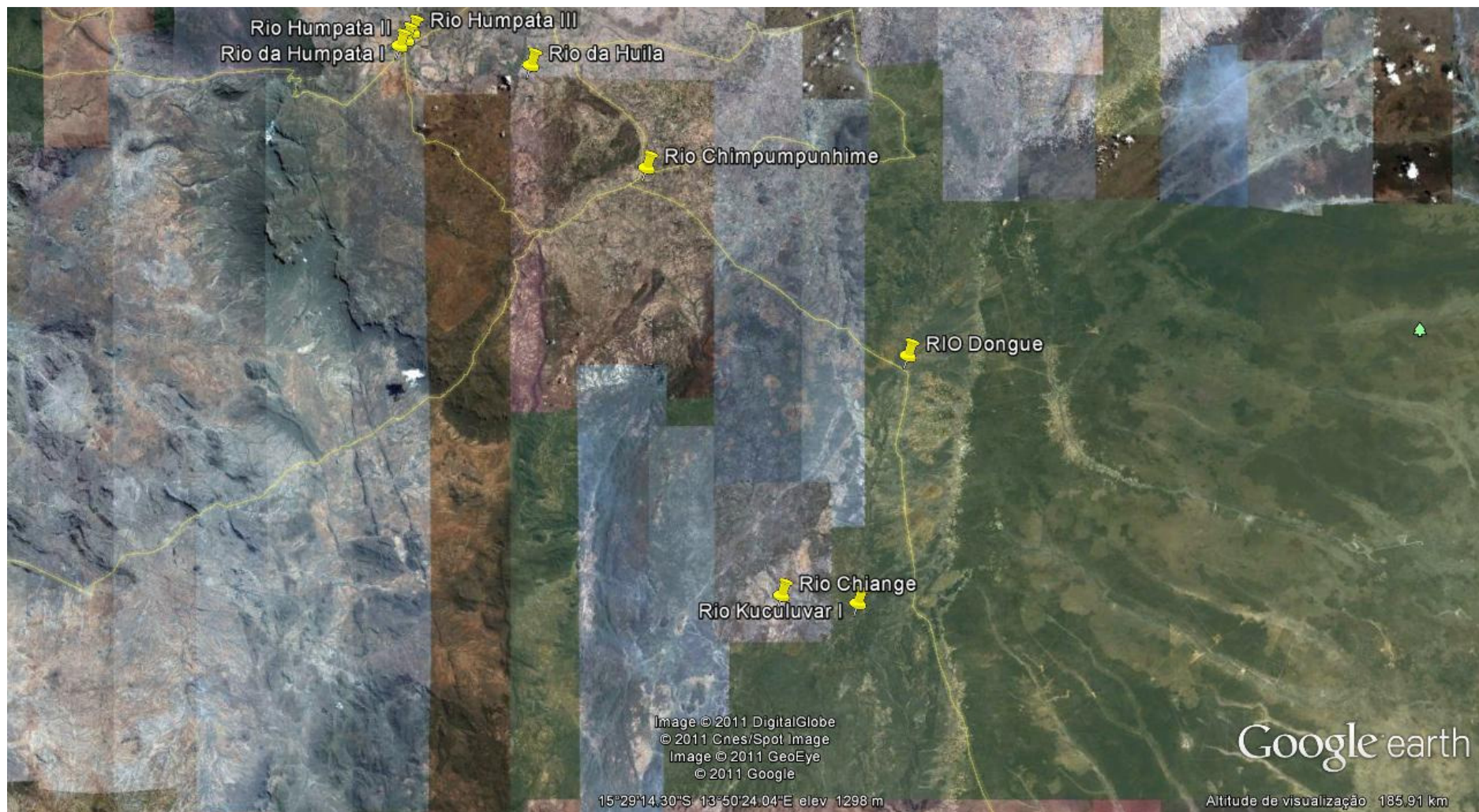


Figura: 3.10- Fotografia Aérea do Lubango , (adaptado Google).Lubango 2011

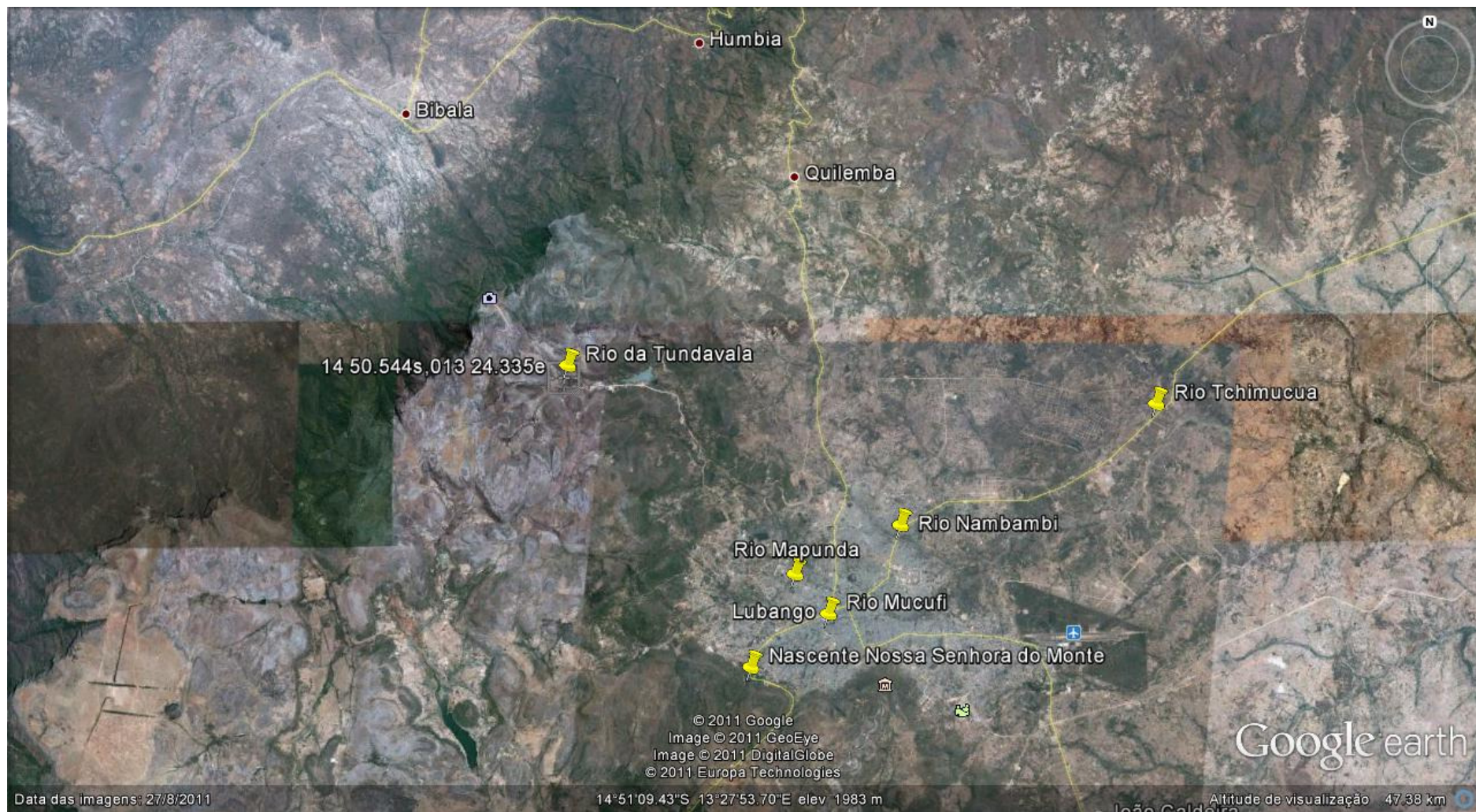


Figura 3.11 – Fotografia Aérea da cidade do Lubango, (adaptado Google). Lubango 2011



## CAPÍTULO 4 – ANÁLISE, RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. - Metodologias e Técnicas

As metodologias foram aplicadas para dois tipos de amostras principais, foram plantas recolhidas dos rios e sedimentos também dos mesmos. E o trabalho de recolha das amostras foram feitos em vários pontos da envolvente do Lubango e encontramos plantas em quase todos os pontos, excepto no primeiro ponto do rio Kakuluvar não encontramos devido alguns trabalhos que estavam a ser feitos (relacionados a reabilitação da ponte). Para o estudo das plantas era necessário analisar as diferentes partes da planta como: raízes e folhas. Quanto aos sedimentos recolheu-se sedimentos nos rios da envolvente do Lubango isto no montante dos mesmos com o mesmo fim, de identificar a presença de metais pesados na água e saber os níveis de contaminação dos rios.



Figura: 4.1-Fotografia de ilustração das técnica de recolha de sedimentos

## **Técnicas Utilizadas**

### **Preparo das Amostras**

Para o preparo das amostras de plantas obdeceu-se os padrões já usados por muitos especialistas, na qual os passos foram os seguintes até o final das análises:

- Secagem das amostras (sem influencia do sol, para não apodrecer, coloca-se em local arejado)
- Separação das folhas, caules das raízes.
- Moagem dos materiais
- Colocação em sacos (identificados)
- De seguida pronta para levar no laboratório onde foram feitas:
  - a) Pesagem das plantas moídas.
  - b) São queimadas no forno
  - c) São colocadas a aquecer com ácido nítrico para extrair os metais.
  - d) Cõa-se o ácido nítrico com o coador de papel.
  - e) São colocadas a secar.
  - f) São analisadas para se saber a quantidade de metal pesado que possuem.

Quanto ao preparo dos sedimentos foi o seguinte:

- Secagem dos sedimentos.
- Colocação em sacos (identificados)
- De seguida Foi levada para o laboratório, onde foram feitas:
  - a) A separação dos sedimentos desde os de maior granulometria (<1mm) aos de menor granulometria (>1mm) .
  - b) Pesagem dos sedimentos desde os de maior granulometria ( <1mm) os de menor granulometria (>1mm).
  - c) Separação dos minerais por meios densos (pode ser com bromofórmio por possuir uma densidade superior aos dos minerais, e a sua densidade é de 2,83g/cm<sup>3</sup>).

- d) Secagem das amostras após a separação com o bromofórmio.
- e) Lavagem dos minerais com acetona.
- f) Introdução dos minerais na estufa.
- g) Divisão dos minerais pelas suas características magnéticas. Esta divisão ajuda para a observação da amostra na lupa binocular.
- h) Observação da amostra na lupa binocular a fim de se identificar os minerais pesados contidos na amostra.

Segundo alguns autores após os passos já referenciados podem-se usar vários métodos para análise das amostras no laboratório entre eles podemos citar o método quilométrico que segundo o que tinha sido abordado no XI encontro de química na região sul em Brasil, (2003) que são análises de agrupamentos Hierárquicos, isto é para analisar o metal pesado mais abundante até o menos abundante nos sedimentos.

Segundo Ceotto, (2009) após a recolha a amostra bruta de sedimento foi peneirada em tela de nylon com malha de 2 mm, para retirada de resíduos maiores e raízes. A fracção < 2 mm foi seca em estufa a 60°C por 48 horas, com posterior homogeneização e armazenagem em dissecador. Para avaliação dos metais nos sedimentos utilizou-se o método adaptado USEPA 3050B (USEPA, 2007a), que a mesma consistia na abertura de 0,5 g da amostra em chapa eléctrica a temperatura média de 180 °C, com 10 mL de HNO<sub>3</sub> supra-puro por 45 minutos, com a posterior adição de 3 mL de HCl supra puro por 15 minutos e 3 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por 5 minutos. As soluções finais foram diluídas e filtradas em papel de filtro quantitativo para balões volumétricos de 50 mL, e completados com água de osmose reversa.

Segundo Dias Alveirinho.J (2004), Antes de efectuar nova peneiração devem-se limpar cuidadosamente os peneiros, para o que frequentemente se utilizam aparelhos de ultra-sons. A finalidade desta operação é a de retirar das redes quaisquer partículas que aí possam estar presas e que poderiam ir contaminar a nova amostra a analisar.

Segundo Dias Alveirinho.J (2004), Após a peneiração há que pesar cuidadosamente o material retido em cada um dos filtros. São as fracções de peneiração. É normal que o peso total das fracções de peneiração seja um

pouco inferior ao da amostra original, devido a partículas que se perderam em todo o processo. São aceitáveis perdas até 1% do peso original.

### Pontos de Referências de Amostragem dos Sedimentos

Locais	Rios	Sedimentos >1mm	Sedimentos <1mm
P1	R. Nombaka	62,355g	11,548g
P2	R. da Huila	56,140g	17,561g
P3	R.Hoque	56,701g	29,242g
P4	R. Chimpumpunhime	75,592g	28,597g
P5	R.Chiange	66,334g	34,975g
P6	R.Kakuluvar II	63,044g	14,422g
P7	R.Kakuluvar I	132,828g	83,934g
P8	R.Ns <sup>a</sup> .Sr <sup>a</sup> do Monte	63,280g	18,998g
P9	R.Humpata I	62,145g	13,983g
P10	R.Humpata II	61,322g	22,248g
P11	R.Humpata III	39,595g	40,078g
P12	R.Chimucua	66,681g	11,755g
P13	R.Mucufi	38,619g	47,754g
P14	R.Muticula	76,002g	12,239g
P15	R.Dongue	71,949g	17,419g
P16	R.Tundavala	50,449g	27,699g
P17	R.Toco	33,275g	57,447g
P18	R.Nambambi	59,733g	36,875g
P19	R.Mapunda	59,003g	15,792g

Depois de seleccionar todas amostras quer aquelas com dimensão >1mm assim como aquelas <1mm de todos os pontos fez-se a tabela acima referenciada com o peso dos sedimentos, preparados e prontos para outras etapas de análise, fez-se a referenciação dos locais em que se recolheram as amostras dos sedimentos

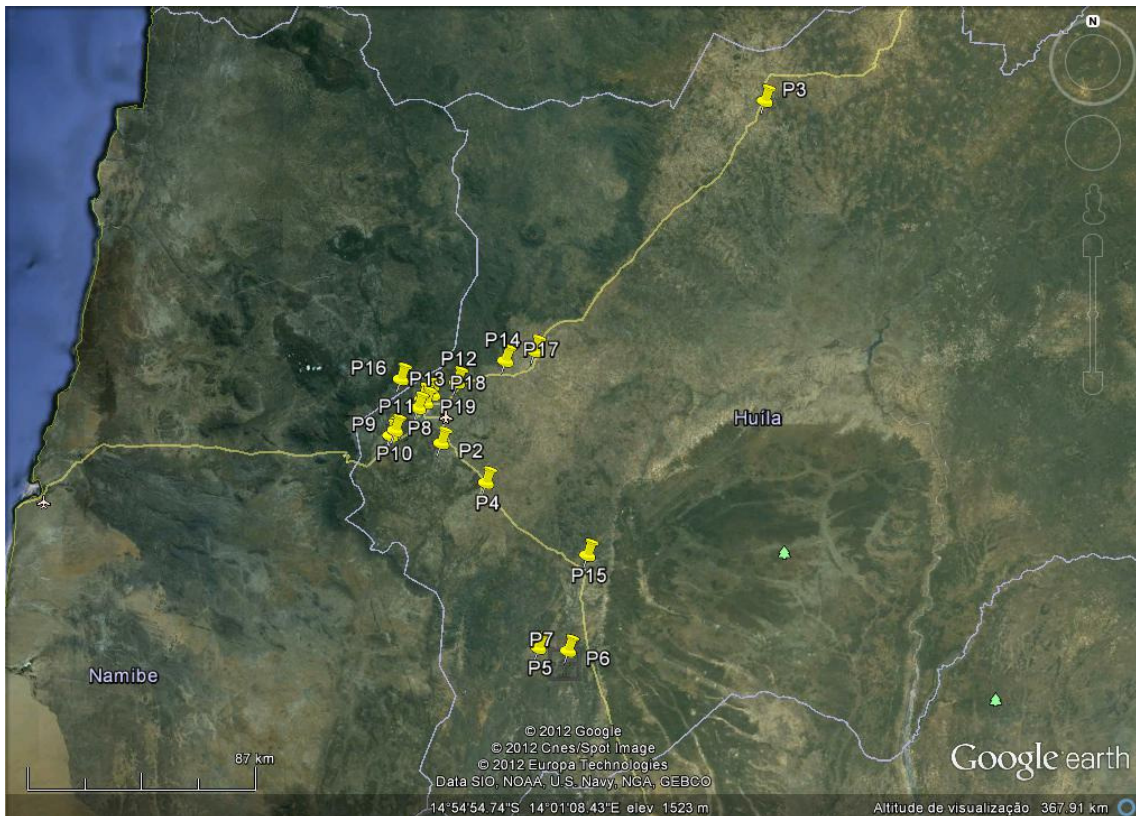


Figura: 4.3 Fotografia Aérea dos Pontos de recolha das amostras de sedimentos

## 4.2- RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS DADOS

### 4.2.1- Sedimentos

As tabelas em anexo representam um trabalho de investigação que levou-se a cabo em alguns rios da província da (Huila) Angola e que estes são os resultados laboratoriais. E tendo em conta aos resultados laboratoriais pode-se dizer o seguinte sobre as tabelas:

Fez-se a análise laboratorial dos sedimentos do rio Nombaka desde o mas magnético ate ao menos magnético, e detectou-se que foram atraídos com o íman três minerais principais entre eles a magnetite a dominar com 70% a seguir está a hematite e a pirrotite como mais raros. No total da fracção pode-se verificar a hematite encontra-se com maior valor cerca de 45%,a seguir esta a magnetite e a ilmenite com valores percentuais de 19% e 11,1% respectivamente. Foram observados também os que podem ser considerados com os mais abundantes que são: clorite, siderite, hiperstena e ainda os mais

raros como: pirrotite, diópsido, peridoto, espinela, malaquite. Nesta região a montante podem encontrar-se rochas do tipo granítica, que se formaram no Câmbrio. Já que podem ser considerados na jusante poderemos encontrar formações sedimentares que advêm da erosão da rocha mãe que é a granítica.

Na tabela 2 observamos os resultados do rio da Huíla onde com o ímã retirou-se a primeira fracção no qual esta presente os minerais como: hematite (80%), a seguir estão a magnetite, a pirite, pirrotite. No total das fracções dominam a hematite com 72,4%, a seguir o zircão com 11,1%, são considerados abundantes a magnetite. Os mais raros são: a pirrotite e o epídoto. Quanto a geologia desta zona está relacionada com as formações eruptivas do antecâmbrio, as rochas graníticas são na maioria as mais predominantes quer na montante como na jusante, mas embora que as formações sedimentares são as mais predominantes na jusante.

Durante as análises da tabela 3 como pode-se ver no quadro do rio Hoque na separação com o ímã observaram-se como os mais magnéticos a magnetite com 80%, ilmenite com 15%, a seguir aparece a hiperstena, pirite oxidada e a pirrotite. No total das fracções dominam a hematite e a magnetite com 34,5% e 27,7% respectivamente, a seguir encontra-se o zircão com o valor de 13,06%. Existem aqueles que são considerados como abundantes que são: a hedenbergite e apatite e os mais raros como: hiperstena, pirite oxidada, pirrotite, biotite, granada, titanite, espinela, clorite, epídoto, peridoto, corindo e rútilo. O rio da Huíla assenta sobre uma formação do Câmbrio, assim na montante do rio pode-se encontrar o granito, mas a medida que se vai para a jusante este transformar-se-á em uma formação sedimentar, na qual onde encontrar-se-ão uma série de minerais ali dissolvidos.

Na tabela 4, isto é, no rio Chimpumpunhime verificou-se que na separação com o ímã obtiveram-se ilmenite com 85% e a seguir a magnetite e a pirite oxidada. No total das fracções dominam a ilmenite e o zircão com 34,05% e 21,17% respectivamente. A seguir encontra-se a hematite com 13,1%. São ainda considerados como os mais abundantes a magnetite, granada, diópsido, espinela, hedenbergite e a turmalina. São considerados como os mais raros:

pirite oxidada, siderite e a hiperstena. Predominam nesta região quartzo com feldspato, que foram arrastados pela água desde a montante até a jusante.

Na tabela 5 sobre o rio Chiange pode-se verificar que foram atraídos com o íman três minerais principais, sendo aproximadamente 75% de magnetite, seguindo-se a hematite e alguma rara pirite oxidada. No total das fracções pode-se verificar a magnetite e a ilmenite dominam com 30,2% e 30,4%, respectivamente. Segue-se a hematite com 10,9%. Foram também observados minerais que se podem considerar abundantes como a clorite, a siderite e a hiperstena, mas cujos valores percentuais são baixos. Existem também aqueles que são raros como: pirite oxidada, granada, biotite, turmalina, peridoto, esfena, andaluzite, silimanite, estauroлите e monazite. Geologicamente abundam rochas eruptivas cristalinas, principalmente os granitos, considerados antecâmbrios. Estendendo-se na parte ocidental. Relacionando a geologia da zona na parte oriental encontram-se formações sedimentares constituídas por materiais não consolidados, sendo essencialmente areias soltas de quartzitos de grão fino e médio.

A tabela 6 que é do Kakuluvar II pode-se verificar que foram atraídos com o íman: a magnetite, que apresenta o maior valor percentual na atracção que é de 85%, seguindo-se a hematite, e alguns minerais mais raros como: a ilmenite, a hiperstena e a pirite oxidada. No total das fracções pode-se verificar a magnetite e a ilmenite a dominarem com 47,5% e 13,9% respectivamente, segue-se a hematite e o zircão com 9,18% á 8,16%. Observaram-se também aqueles que são considerados como os mais abundantes que são: a hedenbergite e apatite. Existem aqueles mas raros que são: a hiperstena, pirite oxidada, pirrotite, biotite, granada, titanite, espinela, clorite, peridoto, epídoto, corindo e rútilo. Esta está relacionada com a geologia do Chiange (P5) na parte oriental encontram-se formações sedimentares constituídas por materiais não consolidados, sendo essencialmente areias soltas de quartzitos de grão fino e médio. Ao longo do Kakuluvar o traçado assenta sobre rochas eruptivas básicas. Assinalam-se depósitos recentes de argilas negras.

No ponto número 7 do rio Kakuluvar I pode-se verificar vários minerais pesados que foram atraídos com o íman entre estes a magnetite com 75%

aproximadamente a seguir tem pirite oxidada e os mais raros que são a ilmenite e a hiperstena. No total das fracções pode-se verificar a magnetite e a ilmenite a dominarem com 11,7% e 54,8% respectivamente, segue-se a hematite com 9,9%, observaram-se também aqueles que são considerados os mais abundantes que é a pirite oxidada. Existem também aqueles que são raros como: peridoto, diópsido, esfena, turmalina, aegirina, apatite e a leucóxena. Na parte oriental deste encontram-se formações sedimentares constituídas por materiais não consolidados, sendo essencialmente areias soltas de quartzitos de grão fino e médio. Ao longo do Kakuluvar o traçado assenta sobre rochas eruptivas básicas. Assinalam-se depósitos recentes de argilas negras

No ponto 8 isto é na Nossa Senhora do Monte observaram-se minerais de vários minerais que foram atraídos com o íman. Entre estes a magnetite com 80% aproximadamente, a seguir tem a pirrotite. No total das fracções pode-se verificar a hematite e a magnetite a dominarem com 31,7% e 9,4%, segue-se o epídoto e o zircão com 3,7% á 2,9% respectivamente. Também existem os que são considerados mais abundantes como: a pirrotite, biotite, siderite e a hornblenda, ainda os mais raros como: a turmalina e a actinolite.

Nos pontos 9 e 10 encontraram-se poucos metais pesados entre os que foram atraídos com o íman pode-se observar a magnetite, com o maior valor percentual acima dos 90% a seguir observou-se os mais raros que são: a pirrotite e a pirite oxidada. No total das fracções pode-se verificar a magnetite a dominar com 44% e 60% respectivamente, segue-se a hematite e o zircão com 6,6% e 3,33%. Existem também aqueles que são os mais raros como: pirrotite, arsenopirite, pirite oxidada e epídoto. Quanto a geologia da zona está relacionada com as formações eruptivas antecâmblicas no qual são predominantes o granito, formações de quartzo e algumas formações sedimentares consolidadas e são constituídos por uma sucessão de materiais englobando greso-quartzíticos xistosos, calcários dolomíticos.

No ponto 11 sobre a Humpata III pode-se verificar que foram atraídos com o íman três minerais como a hematite com 80%, seguindo-se a ilmenite como abundante e o mais raro que é a pirite oxidada. No total das fracções pode-se



verificar que a hematite domina com 62,06%, segue-se a ilmenite com 0,16%, existem aquele que é considerado como abundante que é a actinolite. Existem também os mais raros que são: a pirite oxidada e a siderite. Também observou-se a actinolite como um metal abundante. E os mais raros são a pirite oxidada e a siderite. Quanto a geologia da zona esta está relacionada com as formações eruptivas antecâmblicas analisadas no P9 e P10, na qual são predominantes o granito, formações de quartzo e algumas formações sedimentares consolidadas e são constituídos por uma sucessão de materiais englobando greso-quartzíticos xistosos, calcários dolomíticos.

No ponto 12 rio Chimucua pode-se verificar que foram atraídos com o ímã três minerais principais na qual domina a magnetite com 70%, a seguir encontra-se a hematite como abundante, por fim a pirite oxidada como um mineral raro. No total das fracções pode-se verificar que o zircão domina com 18,65%, a seguir encontram-se a magnetite e a hematite com 7,8% á 6,93%. Existem aqueles que consideram-se como raros que são: pirite oxidada, peridoto, esfena, hiperstena, diópsido e monosite.

No ponto 13 rio Mucufi pode-se verificar que na atracção com o ímã encontraram-se dois minerais principais no qual a magnetite domina com 95% e a seguir encontra-se a pirrotite como mais rara. No total das fracções pode-se verificar que a hematite domina com 24,6%, a seguir encontra-se a magnetite com 22,01%: Existe o mais abundante que é a biotite, e também os mais raros que são: pirrotite, granada, hornblenda, turmalina, azurite e rutilo. Minerais raros aqueles que encontram-se numa baixa percentagem que são: pirrotite, granada, hornblenda, turmalina, azurite, rutilo. O rio Mucufi assenta sobre uma formação sedimentar de origem granítica, isto no montante existem rochas graníticas que se formaram no Câmbrio.

No ponto 14 pode-se verificar que foram atraídos com o ímã três elementos principais que são: a magnetite com 85%, a pirite oxidada que é abundante e a hematite como rara. No total das fracções verificou-se que a hematite domina com 69,12%, a seguir encontra-se a magnetite com 36,5%. Existem os mais abundantes como a pirite oxidada, hiperstena e a siderite, e os que é

considerados como raro que é o diópsido. Assenta sobre uma formação sedimentar originária da rocha mãe que é o granito do câmbrico ou cambriano que se encontra na montante do rio Muticula.

No ponto 15 do rio Dongue verifica-se que foram atraídos com o íman dois elementos principais que são a magnetite e a hematite, na qual a magnetite domina com 85% e a hematite que aparece como abundante. No total das fracções verificou-se que a hematite domina com 36,26%, a seguir encontra-se a magnetite com um valor percentual abaixo do anterior que é de 15,2%, ainda existe aquele que é considerado como abundante que é a siderite e o que aparece com raridade que é o rutilo. Quanto a geologia desta zona está relacionada com as formações eruptivas antecâmblicas no qual são predominantes o granito, formações de quartzo e algumas formações sedimentares consolidadas e são constituídos por uma sucessão de materiais englobando gresos-quartzíticos xistosos, calcários dolomíticos.

No ponto 16 no rio Tundavala pode-se verificar que foram atraídos com o íman três elementos principais que são: pirite oxidada, hematite e platina na qual aparece a pirite oxidada com 80% a seguir encontra-se a hematite como abundante e a platina como rara. No total das fracções verificou-se que a pirite oxidada e a hematite dominam com 27,8% a 37,8% aproximadamente. A seguir encontra-se a ilmenite com 9,1%. São considerados como raros os seguintes minerais como: a platina e a hiperstena.

Na tabela 17, no rio Toco pode-se verificar que foram atraídos com o íman dois elementos principais que são a magnetite e a hematite na qual a magnetite domina com 95% a seguir encontra-se a hematite com 5%. No total das fracções verificou-se que a magnetite e a hematite dominam com 93,2% a 75,42% respectivamente. A seguir encontram-se o epidoto e o zircão com 52,22% a 65,27% respectivamente. É considerado como abundante a siderite e são considerados como raros os seguintes elementos a biotite e a clorite.

No ponto 18 pode-se verificar que foram atraídos com o íman três minerais principais que são: A magnetite com 95%, a seguir esta ilmenite que é abundante, e a titano-magnetite que é rara entre os magnéticos. No total das fracções verificou-se que a magnetite e a hematite dominam com 9,11%

a 12,49%, a seguir encontra-se o zircão com 4,1%. Existem aqueles que são considerados como raros entre todas as fracções que são: a titanomagnetite, hedenbergite e a biotite.

No ponto 19 isto é no rio Mapunda verifica-se que foram atraídos com o ímã três elementos principais que são: a magnetite com 90%, a seguir a pirite oxidada que é considerada como abundante e o mais raro que é a hiperstena. No total das fracções verificou-se que a hematite e o epidoto dominam com 32,5% a 30,16% respectivamente, a seguir encontrou-se a magnetite com 25,4%. Existem também aqueles que são considerados como abundantes que são: a pirite oxidada, granada, hedenbergite. E os mais raros são: a hiperstena e o diópsido.

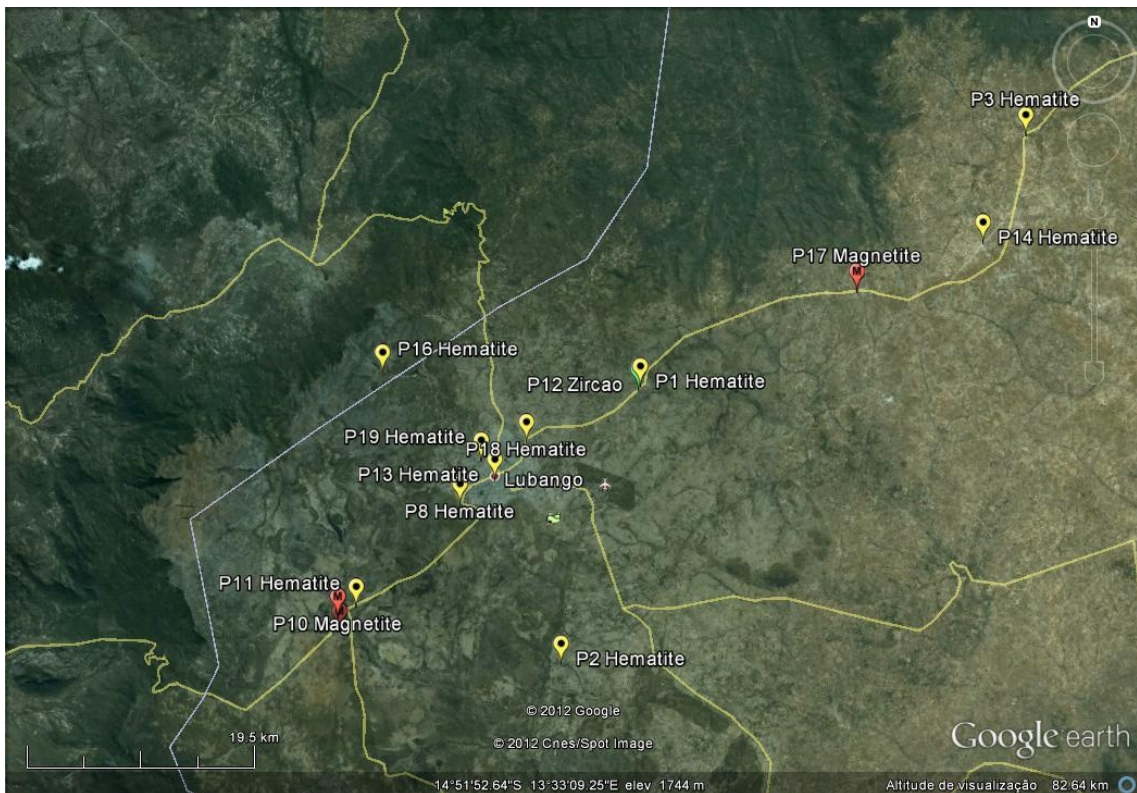


Figura: 4.4 Fotografia Aérea sobre as concentrações de Hematite, Magnetite e ilmenite (adaptado Google).

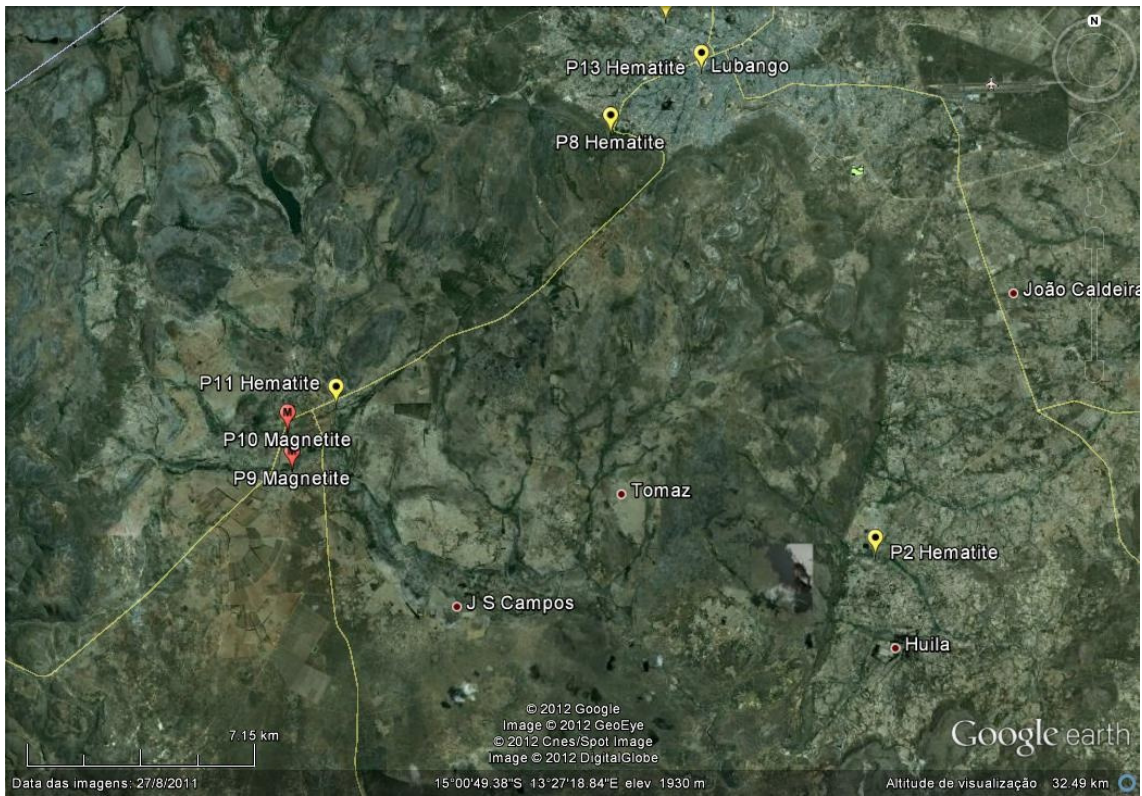


Figura: 4.5 Fotografia Aérea sobre as concentrações de Hematite, Magnetite e ilmenite (adaptado Google).

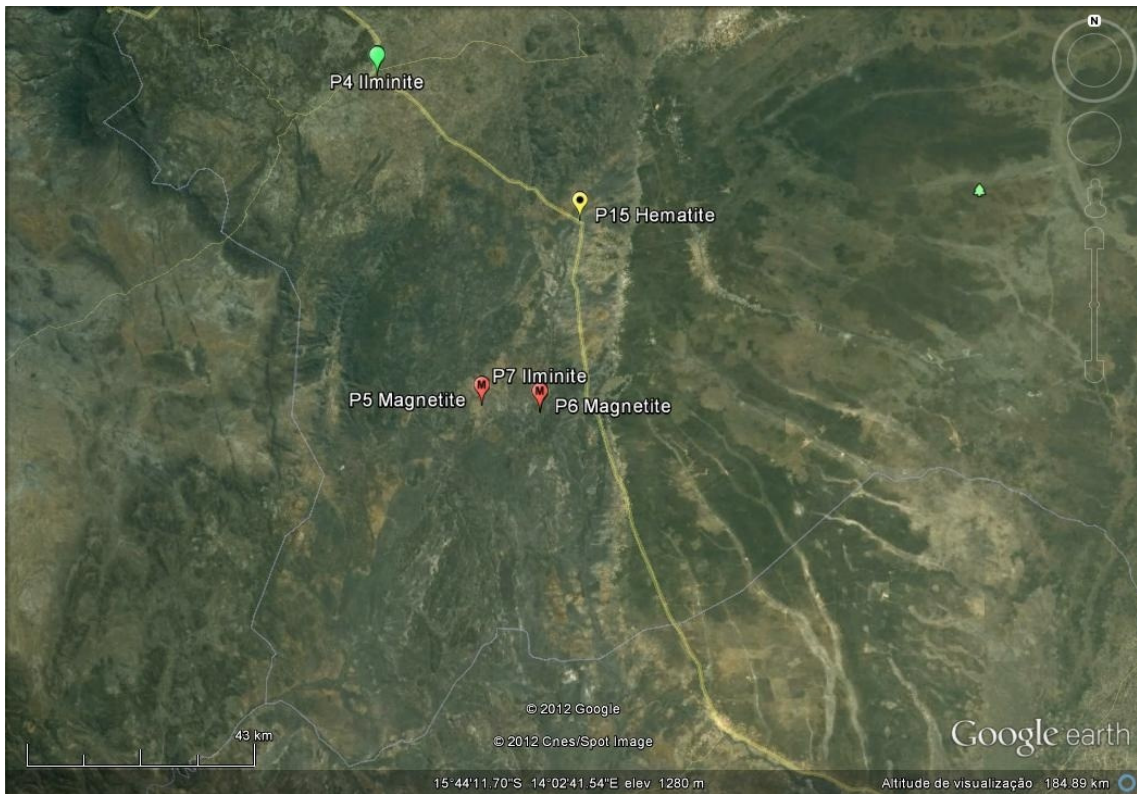
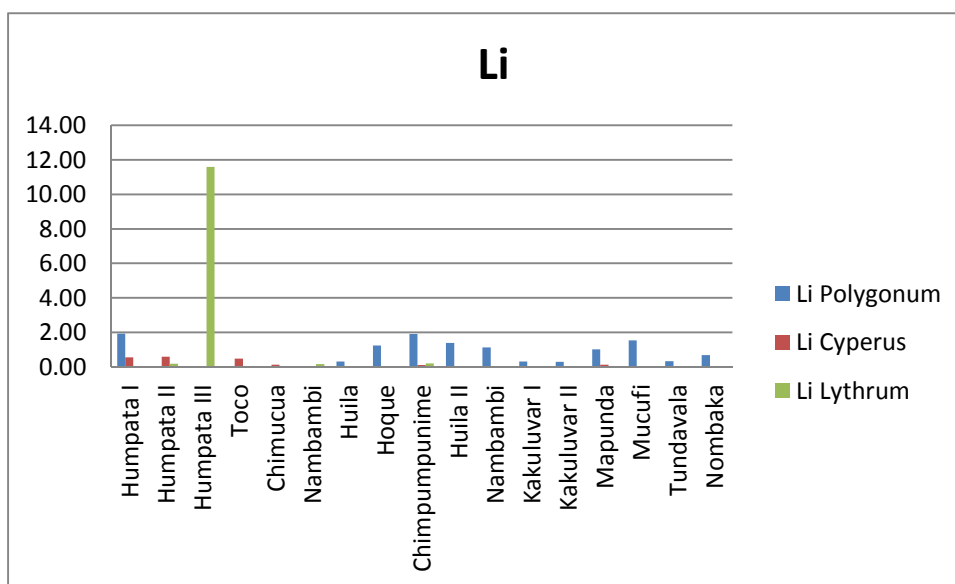


Figura: 4.6 Fotografia Aérea sobre as concentrações de Hematite, Magnetite e ilmenite (adaptado Google).

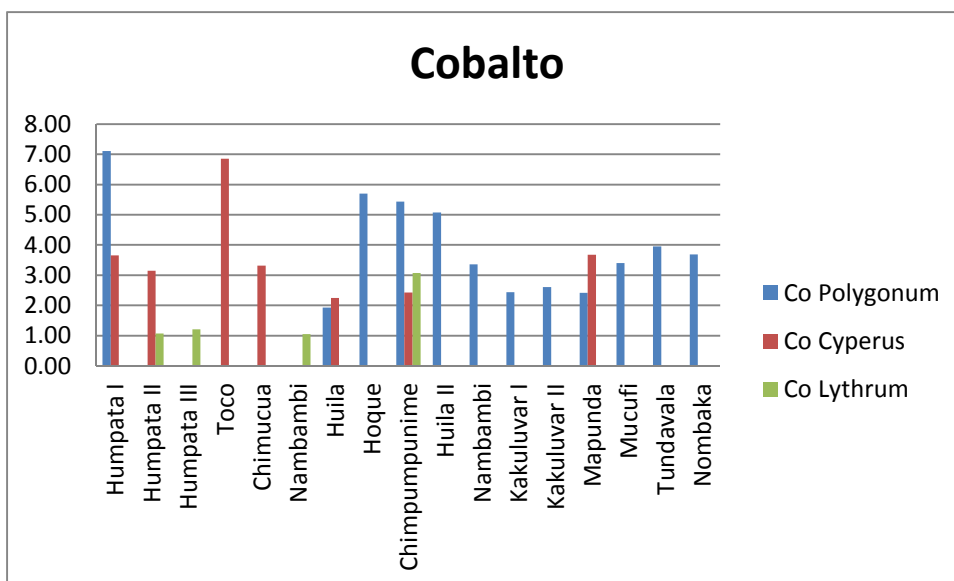
#### 4.2.2- Resultados Obtidos sobre as Plantas

Série	Local	Planta	Li	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
1	Humpata I	Polygonum	1,94	7,11	1,89	4,68	5,33	4,57	29,14
2	Huila	Polygonum	0,31	1,93	0,39	1,26	2,67	2,03	13,33
3	Hoque	Polygonum	1,25	5,70	1,84	4,29	5,55	4,81	34,63
4	Chimpumpunime	Polygonum	1,92	5,44	2,76	3,64	7,60	5,30	15,99
5	Huila II	Polygonum	1,40	5,07	1,14	3,23	2,96	4,44	20,27
6	Nambambi	Polygonum	1,14	3,35	0,81	6,08	3,83	4,28	56,23
7	Kakuluvar I	Polygonum	0,33	2,43	0,53	3,02	4,74	3,23	10,04
8	Kakuluvar II	Polygonum	0,31	2,61	0,67	2,05	4,42	3,62	9,65
9	Mapunda	Polygonum	1,02	2,41	1,24	12,53	6,81	4,25	23,88
10	Mucufi	Polygonum	1,54	3,40	2,96	7,99	16,99	4,02	73,86
11	Tundavala	Polygonum	0,33	3,96	2,10	3,98	9,33	4,80	41,37
12	Nombaka	Polygonum	0,70	3,68	1,54	8,60	7,83	3,64	22,80
13	Humpata II	Cyperus	0,59	3,15	0,88	3,61	5,43	2,80	23,89
14	Toco	Cyperus	0,48	6,85	1,29	2,01	9,15	5,14	13,94
15	Huila	Cyperus	0,06	2,25	0,11	3,40	6,55	4,45	11,83
16	Chimucua	Cyperus	0,13	3,32	0,63	5,63	6,22	3,58	18,27
17	Chimpumpunime	Cyperus	0,12	2,43	0,55	2,30	4,15	2,55	10,04
18	Humpata I	Cyperus	0,56	3,65	1,07	3,31	10,03	5,19	20,26
19	Mapunda	Cyperus	0,14	3,67	1,01	4,91	8,86	4,35	38,15
20	Chimpumpunime	Lythrum	0,21	3,08	0,58	1,77	4,36	2,07	8,56
21	Humpata III	Lythrum	11,59	1,21	0,06	2,47	4,77	2,49	17,01
22	Nambambi	Lythrum	0,16	1,05	0,20	0,78	3,11	1,22	7,20
23	Humpata II	Lythrum	0,19	1,07	0,18	1,32	2,50	1,62	5,43

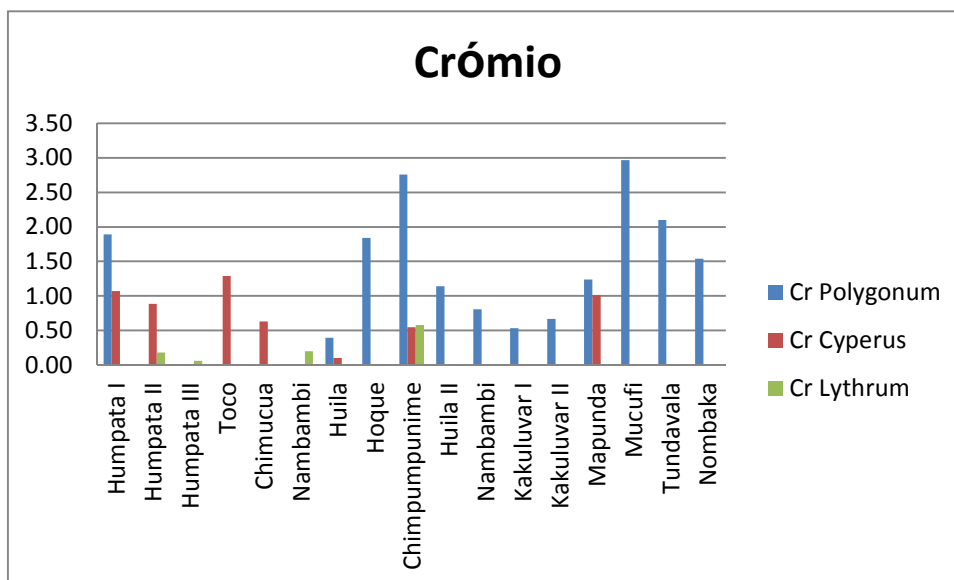
#### 4.2.3-Análise Gráfica



O gráfico 1 Demonstra os níveis de contaminação por lítio (Li) através de metais pesados contidos em plantas. A Humpata III (serie 21) apresenta maiores níveis de contaminação em lítio através das plantas *Lythrum* com cerca de 11,6 mg/kg a seguir a esta encontra-se a Humpata I (serie1) com os níveis de contaminação na ordem dos 1,94 mg/kg através da planta *polygonum*.

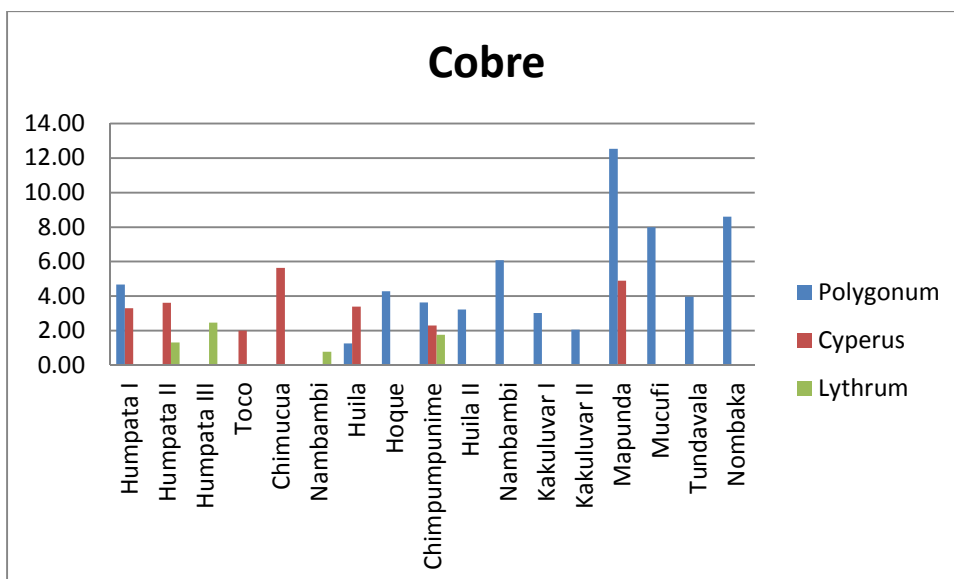


O gráfico 2 demonstra os níveis de contaminação por Cobalto (Co) através de metais pesados contidos nas plantas. A Humpata I apresenta maiores níveis de contaminação por cobalto (Co), através das plantas do tipo *Polygonum* com um peso de 7,11mg/kg a seguir encontra-se com grande contaminação o rio toco com 6,85 mg/kg e esta concentração foi feita através das plantas do tipo *Cyperus*.

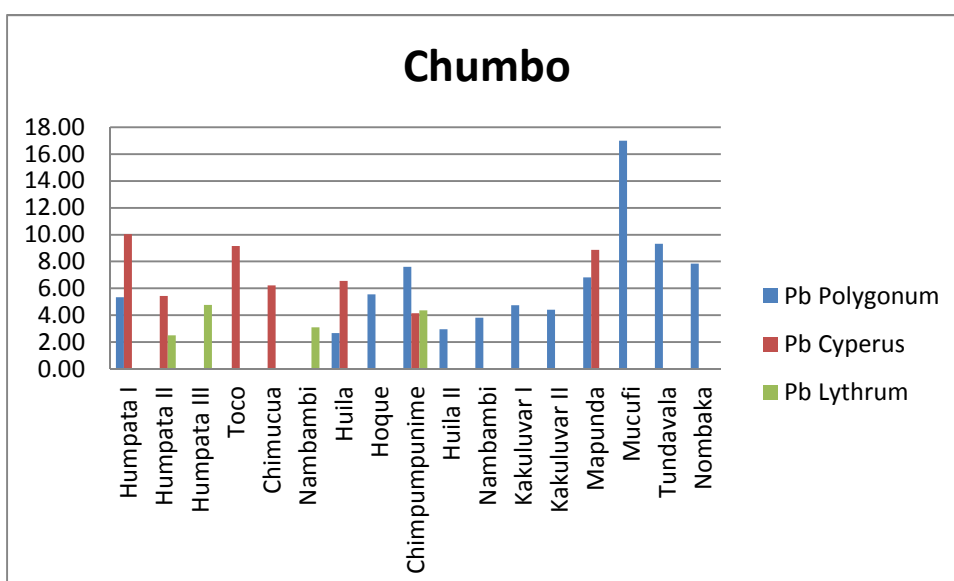


O gráfico 3 representa contaminação através de Crómio (Cr) e os maiores níveis de contaminação são registados no rio Mucufi (serie 10) através das

plantas do tipo *Polygonum* com peso da ordem dos 2,96 mg/kg, a seguir está o Nambambi (serie 11) com o mesmo tipo de planta e com peso de 2,10 mg/kg.



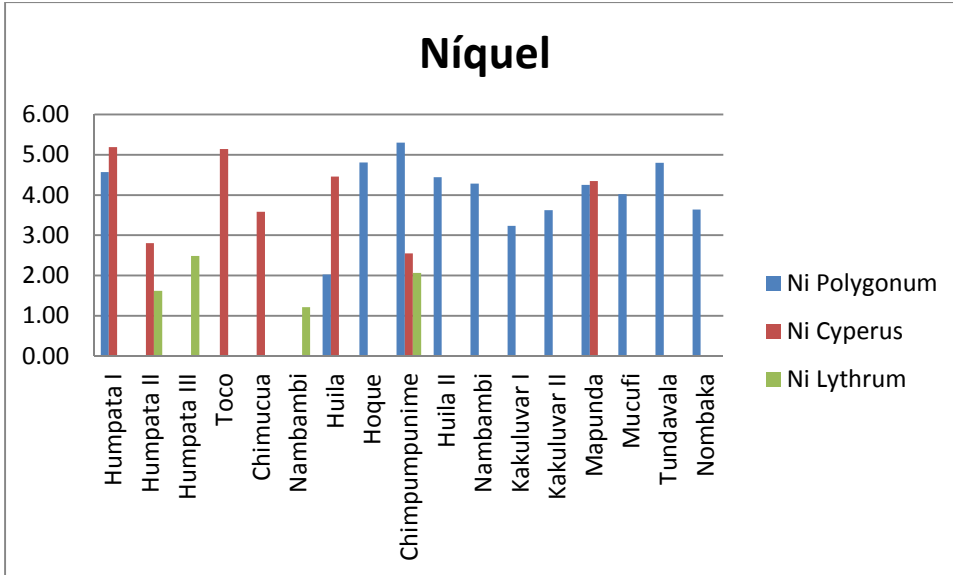
O gráfico 4 representa contaminação feita através de cobre (Cu) e os maiores níveis de contaminação foram registados no rio Mapunda (serie 9) com uma planta do tipo *Polygonum* com valor de peso de 12,53 mg/kg, a seguir esta em segundo lugar em termos de concentração de cobre o rio Nombaka (serie 12) com peso de 8,60 mg/kg.



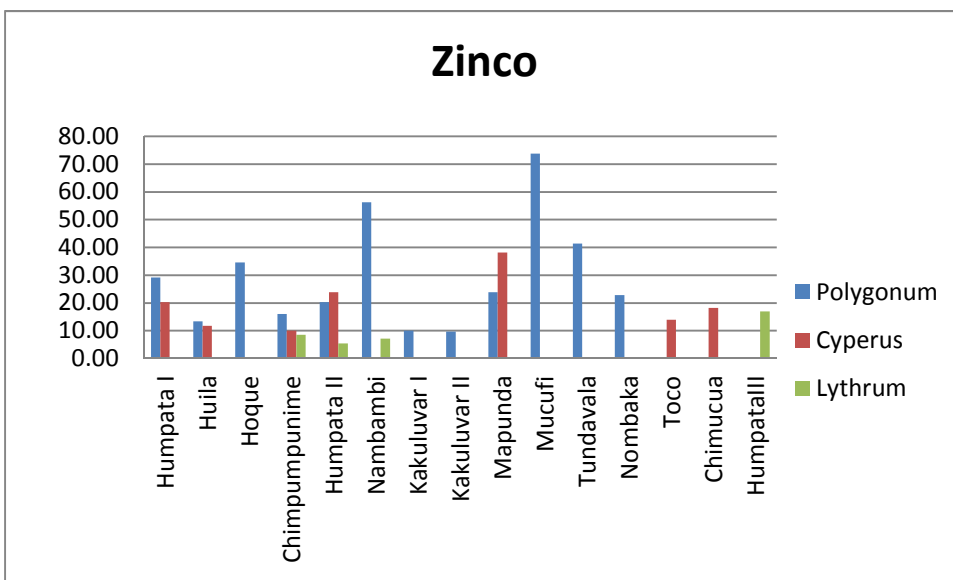
O gráfico 5 representa concentrações de chumbo (Pb), os maiores valores de contaminação registaram-se no rio da Mucufi (serie 10) através das plantas do



tipo *Polygonum* com 16,99 mg/kg. A seguir encontra-se Humpata I (serie 18) com 10,03 mg/kg.



O gráfico 6 apresenta a contaminação através de níquel (Ni), o valor mais elevado registou-se no rio Chimpumpunhime (serie 4) através da planta do tipo *Polygonum* com um valor de peso de 5,30 mg/kg, a seguir apresenta o valor de peso elevado a Humpata I (serie 18) com a planta do tipo *Cyperus* com 5,19 mg/kg.



O gráfico 7 apresenta contaminação através de Zinco (Zn), tendo se registado o valor mas elevado no rio Mucufi (serie 10)através da planta do tipo *Polygonum* com um valor de peso de 74 mg/kg ,a seguir encontra-se também com um valor elevado o rio Nambambi (serie 6) com a planta do tipo *Polygonum* com o peso de 56 mg/kg.

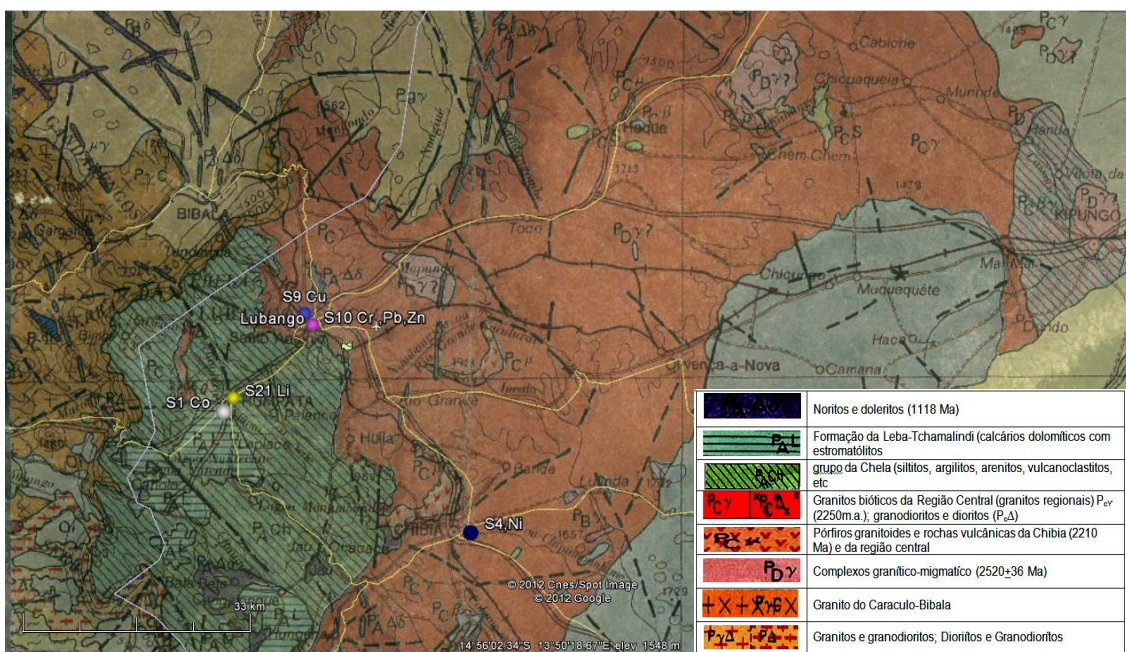


Figura 4.6: Carta Geológica sobre os locais com maiores concentrações de elementos químicos: Li ,Co, Cr, Cu ,Pb , Ni, Zn.

#### 4.2.4-Plantas.

Sobre os níveis de contaminação por lítio (Li) através de metais pesados contidos em plantas a Humpata III (serie 21) apresentou maiores níveis de concentrações em lítio através das plantas *Lytrum* com cerca de 11,59 mg/kg a seguir a esta encontra-se a Humpata I (serie1) com os níveis de concentração na ordem dos 1,94 mg/kg através da planta *Polygonum*. Quanto às características litológicas que a zona é constituída essencialmente por quartzo e feldspato.

A seguir conforme a tabela os níveis de contaminação por Cobalto (Co) através de metais pesados contidos nas plantas. A Humpata I apresentou maiores

níveis de concentrações por cobalto(Co),através das plantas do tipo *Polygonum* com um peso de 7,11 mg/kg a seguir encontra-se com grandes concentrações , o rio toco com 6,85 mg/kg e estas concentrações foram feitas através das plantas do tipo *Cyperus*.

Quanto as quantidades de Crómio (Cr), os maiores níveis de concentração foram registados no rio Mucufi (serie 10) através das plantas do tipo *Polygonum* com peso da ordem dos 2,96 mg/kg, a seguir está a Tundavala (serie 11) com o mesmo tipo de planta e com peso de 2,10 mg/kg.

Sobre as contaminações feitas através de Cobre (Cu) os maiores níveis de concentrações foram registados no rio Mapunda (serie 9) através do estudo da planta do tipo *Polygonum* com valor peso de 12,53 mg/kg, a seguir esta em segundo lugar em termos de concentração de cobre o rio Nombaka (serie 12) com peso de 8,60 mg/kg.

Sobre as contaminações de Chumbo (Pb), os maiores valores de concentrações registaram-se no rio da Mucufi (serie 10) através das plantas do tipo *Polygonum* com 16,99 mg/kg. A seguir encontra-se Humpata I (serie 18) com 10,03 mg/kg.

Sobre a contaminação feita através de Níquel (Ni), o valor mais elevado registou-se no rio Chimpumpunhime (serie 4) através da planta do tipo *Polygonum* com um valor de peso na ordem 5,30 mg/kg, a seguir apresenta o valor peso elevado a Humpata I (serie 18) com a planta do tipo *Cyperus* com 5,19 mg/kg.

Há contaminação através de Zinco (Zn), tendo-se registado o valor mais elevado no rio Mucufi (serie 10) através da planta do tipo *Polygonum* com um valor de peso de 73,86 mg/kg, a seguir encontra-se também com um valor elevado o rio Nambambi (serie 6) com a planta do tipo *Polygonum* com peso de 56,23 mg/kg.

## CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1. Conclusões

Tendo em conta os resultados obtidos e a forma de como decorreu o trabalho de investigação em 19 rios da envolvente do Lubango pode-se tirar algumas elações sobre existência dos metais pesados em alguns rios da envolvente do Lubango, assim através dos estudos efectuados em laboratório concluiu-se o seguinte:

- Verificou-se uma elevada concentração por metais pesados em quase toda região envolvida no estudo, isto é através do estudo dos sedimentos.
- A maioria dos rios estão contaminados por quantidades elevadas de quatro principais minerais entre eles pode-se citar: A hematite, a magnetite, ilmenite e o zircão.
- Os pontos P3, P4, P5, P6, P7, P8 e P18 foram os pontos em que se encontrou grande variedade e quantidade de metais pesados, nestes locais a concentração é tendencialmente mais elevada.
- A hematite ocupou grande parte da região porque localizou-se em maiores concentrações na maioria dos pontos que são: P1, P2, P3, P8, P11, P13, P14, P15, P16, P18 e o P19.
- A seguir está a magnetite que os seus níveis de concentração ocuparam uma região quase média em relação a hematite. E os rios em que encontramos níveis de concentrações elevadas por este mineral são: P5, P6, P9 e no P10.
- A ilmenite foi encontrada em grande concentrações nas regiões que se designaram por pontos: P4 e P7.
- O zircão foi encontrado em grande concentração no P12.
- A maioria dos rios estava coberto essencialmente por plantas do tipo *Polygonum*.
- Na Humpata III registaram-se os maiores níveis de concentração por lítio (Li) através da planta do tipo *Polygonum*.
- Na Humpata I registaram-se os maiores níveis de concentração por cabolto (Co.) através das plantas do tipo *Polygonum*.

- No rio Mucufi registaram-se maiores níveis de concentração por Crómio (Cr) através das plantas do tipo *Polygonum*.
- No rio Chimpumpunhime registaram-se maiores níveis de concentração por Níquel. Através da planta do tipo *Polygonum*.
- No rio Mapunda registaram-se maiores níveis de concentração de cobre (Cu) através das plantas do tipo *Polygonum*.
- No rio Mucufi registaram-se maiores níveis de concentração de chumbo(Pb) através das plantas do tipo *Polygonum*.
- No rio Mucufi registaram-se maiores níveis de concentração de zinco (Zn) através da planta do tipo *Polygonum*.
- A que salientar que o rio Mucufi apresentou os maiores níveis de concentração pelos seguintes elementos: Cr, Pb e Zn.

## 5.2. Recomendações e Trabalhos Futuros

Tendo em conta os pontos fulcrais deste trabalho deixa-se a seguinte recomendação para os leitores e as entidades estatais e privadas:

- Que haja participação do governo em consonância com o ministério do ambiente encontrar formas de financiar micros e macros projectos de índole científica do género.
- Que o Governo Angolano e também as instituições privadas ligadas ao ambiente sejam capazes de encontrar formas para promoção de palestras em relação ao consumo desta água porque muito destes metais podem ser perigosos para a saúde humana.
- Que haja projectos de trocas de experiências científicas entre a UC (Departamento de Ciências da Terra) em especialidade de concentrações dos rios por metais pesados.
- Promoção de jornadas científicas para se tratar do assunto com maior seriedade.
- Há necessidade de se fazerem estudos de viabilidade ambiental nos rios na qual registaram maiores concentrações por alguns elementos químicos como é o caso rio Mucufi.

## BIBLIOGRAGIA

- (2003), *XI Encontro de Química da Região Sul (XI SBQSU)*
- ANDERSEN F.O.; KRISTENSEN E. (1988) Oxygen micro gradients in the rhizosphere of the mangrove *Avicennia marina*. *Marine ecology progress series*,v-44, 201-204.
- ANDRADE R.C.B., PATCHINEELAMS.R,( 2001) Uptake of Co, Cr, Ni and Cu by pyrite in a tropical environment. *R. Esc. Minas*, v.54, n. 4, p.299-302.
- BEVILACQUA, J. E. (1996) – Estudos Sobre a Caracterização e a Estabilidade de amostras de Sedimento do Rio Tiete, S.P. – Tese de Doutorado, Instituto de Química, São Paulo.
- CAMPAGNOLI, F.(2002) – A aplicação do assoreamento na definição de geoindicadores ambientais em áreas urbanas exemplo na Bacia do Alto Tiete, SP. Tese de Doutorado, EPUSP, 192p,
- CAMPAGNOLI, F; MAZZILLI, B. P; MOREIRA, S. R. D. (1999) Datação de sedimentos aplicada ao monitoramento ambiental de bacias hidrográficas: exemplo da bacia do Rio Grande - Billings, SP. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Livro de resumos - ABRH, , p. 155.
- CANESIN, FÁTIMA DE PAIVA. (2000) Comportamento cinético do manganês numa floresta de manguezal. Itacuruça, RJ 145 f Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental), Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- CETESB (2004) - Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – São Paulo.
- CETESB (2006) – ÁGUAS - Rios e Reservatórios – Informações, [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios\\_informacoes.htm](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios_informacoes.htm); Rios e Reservatórios – Informações, [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios\\_monitoramento.html](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios_monitoramento.html); Rios e Reservatórios – Rede de Monitoramento – UGRHI 6, <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/ugrhis/u06.asp>, acessado em Maio.

- CLARK, MW. MICCONCHIE, D.M, LEWIS, D.W., SAENGER, (1998) P.Redox Stratification and heavy metal partitioning in Avicennia dominated mangrove sediments: a geochemical model. **Chemical Geology**, v.149, p147-171,.
- CONAMA (2003) Diretrizes Gerais para a Avaliação do Material a Ser Dragado em Aguas Jurisdicionais Brasileiras, Visando o Gerenciamento de Sua Disposição - 3a. Reunião da Câmara Técnica Permanente de Controle Ambiental, 28 e 29 de Julho.
- COTELO, PATRICIA FERNANDA DA SILVA MORAES. (2004) Estudo da Incorporação de cobalto e zinco por Plantulas de Rhizophoras mangles utilizando Radiotraçadores.Geoquimica Ambiental. (tese de mestrado em geociencias) Universidade Federal Fluminense. Niteroi,
- Déborah I.T. Fávaro, Eleine Bostelmann, Sandra R. Damatto, Fernando Campagnoli, Bárbara P. Mazzilli (2006): avaliação da qualidade de sedimentos em relação aos contaminantes inorgânicos.
- Dias, Alveirinho.J (2004),Análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos.Universidade do Algarve Faro. pag14 e 15.
- Dinis, A. Castanheira, (2006). Características Mesológicas de Angola.
- FAVARO, D.I.T. ; MOREIRA, S.R.D. ; CAMPOS, V. A.; MAZZILLI, B. ; CAMPAGNOLI, F. (2001) – Determinação Multielementar por Activação Neutrónica de Sedimentos do Reservatório Billings, Braço Rio Grande, São Paulo –. In: ENCONTRO NACIONAL DE APLICACOES NUCLEARES, 5. 2000, Rio de Janeiro, Anais. Rio de Janeiro: ABEN, CD ROM.
- INSTITUTO SOCIO AMBIENTAL (2006) - <http://www.socioambiental.org/prg/man.shtm>, acessado em Janeiro e Maio.
- LACERDA, (2002) LD mangrove ecosystems'. Function and managements .Berlin: Springer Verlage, 292p.
- LACERDA, L.D (1998).Biogeochemistry **of trace metals and diffuse pollution in mangrove ecosystems**: Okinawa International society for mangrove ecosystems',.65p.

- LACERDA, Luís Drude (1994) Biogeoquímica de metais pesados em ecossistemas de manguezal. 68f tese (professor titular) - Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense Niteroi,
- Leví, Silvano (2010). Biomonitorização de elementos vestigiais na envolvente da cidade do Lubango. Universidade de Coimbra. Faculdade de ciências e tecnologia. 1ª Edição. Angola.
- MUDROCH, A & MACKNIGHT, S. D. (1991) – Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling - CRC, U.S.
- REID, R.HAYES; J, (2003) mechanism and control of nutrient uptake in plants. **International review of cytology** 229, p.73-114.
- RICKLEFS R.E, LATHAM, R.E (1993).patterns of diversity in mangrove flora. In: Riclefs, R.E e Schluter, D. (eds) species in diversity ecological communities. CHICAGO: University of Chicago press , p 215-229.
- ROBERTSON .A.I, ALONGI, D.M, (1992) tropical mangrove ecosystems. Washington: **American Geophysical Union**,
- SABESP (2006) - Sistemas de Captação e Tratamento Região Metropolitana de São Paulo acessado em Janeiro
- SANTSHI, P.H, (1988) factors controlling the biogeochemical cycle of trace elements in fresh and coastal marine waters revealed by artificial radioisotopes. *Limnology of oceanographs*,v.33 ,p.848-866,.
- SILVA, C.A.R. (1988) distribuição e ciclagem interna de metais pesados em um ecossistema manguezal dominado por *Rhizophora mangle*, baía de septiba rio de Janeiro.70p (Tese de mestrado em geoquímica ambiental), Universidade Federal Fluminense, Niteroi,
- Vale, F. S., (1971). Carta Geológica de Angola na escala 1:100.000. Notícia explicativa da Folha nº 336 (Sá da Bandeira), Luanda, Serviços de Geologia e Minas de Angola.
- VANUNCI M. (1998) The mangrove ecosystems: an overview of present's knowledge. **Revista Brasileira de Biologia**.v.58, p1-15, and.
- WASSERMAN, J.C FIGUEIREDO A.M.G.; PELLEGGATTI. SILVA FILHO, E: V (2001).Elemental composition of sediments cores of a mangrove environments using neutron activation analisys. **Jornal of Geochemical of exploration**. v72, p.129-146,.



- Delvisme, Pierre (1978); Atlas Photographique des Minéraux D'Alluvions.
- Parfenoff, Alexandre; Pomerol, Charles; Tourenq, Josette (1970); Les Minéraux En Grains, méthodes d'étude et détermination

## ANEXOS

**Tabela 1: Rio Nombaka**

N° Pontos	Amostra																						
1	Nombaka	Peso total	0,4524																				
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA											
	Peso	0,109	0,23	0,012	0,0074	0,0058	0,035	0,01	0,008	0,0025	0,004	0,029											
	%	24,093	50,839	2,696	1,635	1,282	7,736	2,21	1,768	0,552	0,864	6,41											
	Minerais												Total										
	Magnetite	70												7,63	19								
	Hematite	A	80	60	80	10	5	10	10	80	50			20,525	45,3								
	Pirrotite	R												R	R								
	Ilminite		20	30	10												5,034	11,1					
	Zircão			R	R												25	30	10	50	95	3,47	7,6
	Diopside			R	R												R	R					
	Peridoto			R												R	R						
	Espinela			R	R												R	R					
	Epidoto				R	70	95	65												4,381	9,6		
	Biotite					15												0,087	0,19				
	Hederbijite					A												A	A				
	Moscovite								60												0,48	1	
	Malaquite												R	R	R								

**Tabela 2: Rio da Huíla**

N° Pontos	Amostra																		
2	Huíla	Peso total	0,027																
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA							
	Peso	0,009	0,01	0	0	0,0005	0,0006	0,0007	0	0	0	0,006							
	%	33,333	37,037	0	0	1,851	2,222	2,592	0	0	0	22,22							
	Minerais												Total						
	Hematite	80	100												10	1,957	72,4		
	Magnetite	A																	
	Pirite	R																	
	Pirrotite	R																	
	Epidoto					5												0,002	0,07
	Zircão												50	0,3	11,1				

**Tabela 3: Rio Hoque**

N° Pontos	Amostra																					
3	Hoque	Peso total	4,667																			
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA										
	Peso	1,619	0	0,514	0,7422	0,283	0,1817	0,105	0,025	0,0281	0,059	0,572										
	%	34,69	0	11,01	15,903	6,063	3,893	2,249	0,535	0,602	1,264	12,26										
	Minerais												Total									
	Magnetite	80												129,52	27,7							
	Ilminite	15		10	5	A												33,13	7,09			
	Hiperstena	R		R	R												R	R				
	Pirite Oxidada	R												R	R							
	Pirrotite	R												R	R							
	Zircão			5	R	R	R	A	5	15	60	95	60,96	13,06								
	Siderite			5	A												2,57	0,5				
	Hematite			65	90	95	95	95	90	85	40			161,33	34,5							
	Biotite			R	R												R	R				
	Granada			R	R												R	R				
	Tiranite			R												R	R					
	Espinela			R		R												R	R			
	Clorite			R	A	R	R	R												R	R	
	Peridoto			R												R	R					
	Epidoto					R	R	A	A												R	R
	Hederbeijite					R	A	A												A	A	
	Corindom												R	R	R							
	Rutico												R	R	R							
	Apatite												A	A	A							

**Tabela 4: Rio Chimpumpunhime**

N° Pontos	Amostra														
4	ChimpumpunH	Peso total	0,741												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	0,208	0,025	0,052	0,0575	0,035	0,0517	0,02	0,193	0	0	0,001			
	%	28,07	3,373	0,007	7,759	4,723	6,977	2,699	26,05	0	0	0,134			
	Minerais												Total		
	Ilminite	85		90	50								25,235	34,05	
	Magnetite	A											A	A	
	Pirite Oxidada	R											R	R	
	Hematite		100	5	40	40	5	5	15				9,713	13,1	
	Zircão			R	R	A	A	10	80			50	15,69	21,17	
	Granada			R	A								A	A	
	Siderite			R	R								R	R	
	Diopsido			R	A								A	A	
	Epidoto				A	50	90	85	A				8,103	10,9	
	Hedenberjite					A	A	R	R				A	A	
	Hiperstena						R						R	R	
	Espinela												A	A	
	Tourmalina												A	A	

**Tabela 5: Rio Change**

N° Pontos	Amostra														
5	Change	Peso total	9,602												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	3,877	0,64	2,434	0,5642	0,4669	0,1714	0,138	0,178	0,1896	0,991	0			
	%	40,377	6,665	25,35	5,875	4,862	1,785	1,437	1,853	1,974	10,32	0			
	Minerais												Total		
	Manetite	75											290,78	30,2	
	Hematite	A	30	5	40	40	25	20	50	30	10		104,16	10,8	
	Pirite Oxidada	R											R	R	
	Ilminite		70	90	50								292,07	30,4	
	Clorite			R	A	A							A	A	
	Siderite			A	A	R							A	A	
	Zircão			R	A	R	R	5	15	40	15		25,8	2,6	
	Granada			R	R	R	R	R	A	R			R	R	
	Hiperstena			R	A	A							A	A	
	Glacophane			R									R	R	
	Biotite				R								R	R	
	Hornblende				A	A	20						3,42	0,3	
	Hidenberjite					45	A						21,01	2,18	
	Epidoto					5	35	50	30	R			20,57	2,14	
	Tourmalina					R	A	R	R	R			R	R	
	Espinela					A	R					10	9,91	1,03	
	Glaucofane							5					0,85	0,08	
	Actinolite							10					2	0,2	
	Antoplite								10				1,38	0,14	
	Peridoto							A		R			R	R	
	Esfena							R					R	R	
	Andalousite										R		R	R	
	Sillimanite										R		R	R	
	Estamolite							R	R				R	R	
	Monozite							A	R	R			R	R	
	Apatite											60	59,46	6,19	
	Leucoxena											5	4,955	0,51	

**Tabela 6: Rio Kakuluvar II**

N° Pontos	Amostra														
6	Kakuluvar II	Peso total	1,578												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	0,882	0,23	0,102	0,0303	0,0904	0,0339	0,028	0,017	0,0041	0,011	0,11			
	%	55,893	14,575	6,463	1,92	5,728	2,148	1,774	1,077	0,259	0,697	6,97			
	Minerais												Total		
	Magnetite	85											74,97	47,5	
	Hematite	A	50	5	10	10	5		15	50	60		14,5	9,18	
	Ilminite	R	45	90	80								21,95	13,9	
	Hiperstena	R			R								R	R	
	Pirite Oxidada	R											R	R	
	Zircão		2	A	R	R	R		10	75	50	20	95	12,89	8,16
	Granada			R	A	A							A	A	
	Esfena			R									R	R	
	Diopsodo			R	R								R	R	
	Siderite			R	R								R	R	
	Espinela				R	A							A	A	
	Biotite				R	R							R	R	
	Hedenberjite						30	10	5				3,19	2,02	
	Epidoto						50	80	50	5			8,71	5,5	
	Tourmalina							A	A				A	A	
	Actinolite							A	R	R			R	R	
	Anthophyllite								R				R	R	
	Rutile												R	R	
	Topaze												R	R	

**Tabela 7: Rio Kakuluvar I**

N° Pontos	Amostra														
7	Kakuluvar I	Peso total	73,36												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	10,797	1,788	42,71	10,623	3,2563	0,4513	0,098	0,058	0,0461	0	0			
	%	14,717	2,437	58,22	14,48	4,438	0,615	0,133	0,079	0,062	0	0			
	Minerais												Total		
	Magnetite	75	30										863,42	11,7	
	Pirite Oxidada	A											A	A	
	Ilminite	R		70	70	85	20	20					4021,1	54,8	
	Hiperstena	R		1	R	R	R	R					42,71	0,5	
	Hematite		70	10	10	10	60	50	60	50			728,82	9,9	
	Siderite			2	A								85,42	1,16	
	Granada			2	A	A	A	A	A				85,42	1,16	
	Clorite			2	A	R	R	R					85,42	1,16	
	Biotite			1	R	R	R	R					42,71	0,5	
	Augite			1	R			R	R				42,71	0,5	
	Hornblende			2	A		A	R	R				85,42	1,16	
	Peridoto			R									R	R	
	Diopsido			R	R	R	A	R					R	R	
	Esfena			R	R	R	R						R	R	
	Espinela			R	R	R		5					2,25	0,03	
	Epidoto					R	R	10	5	5			1,5	0,02	
	Tourmalina						R						R	R	
	Aegyrine						R	R					R	R	
	Apatite						R						R	R	
	Zircão						R	5	A	5			0,72	0,009	
	Leucoxena								R				R	R	

**Tabela 8: Rio Nossa Senhora do Monte**

N° Pontos	Amostra														
8	Nª Srª do Mon	Peso total	0,034												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	0,004	0	0	0,0019	0,0029	0,0011	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001			
	%	11,764	0	0	5,588	8,529	3,235	8,823	5,882	2,941	5,882	2,941			
	Minerais												Total		
	Magnetite	80												0,32	9,4
	Pirrotite	A												A	A
	Hematite				90	85	10	90	70	80	80		1,078	31,7	
	Hiperstena				A								A	A	
	Granadas				A								A	A	
	Epidoto				A	5	90	5					0,128	3,7	
	Biotite				A	A							A	A	
	Siderite				A								A	A	
	Hornblende					A							A	A	
	Tourmalina					R	R	R					R	R	
	Zircão							R	20	10	10	30	0,1	2,9	
	Anthophyllite							R	R				R	R	
	Apatite										10		0,02	0,5	

**Tabela 9: Rio Humpata I**

N° Pontos	Amostra														
9	Humpata I	Peso total	0,024												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	0,011	0	0	0	0	0,0004	0	0	0	0	0,002			
	%	45,833	0	0	0	0	1,666	0	0	0	0	8,333			
	Minerais												Total		
	Magnetite	96												1,056	44
	Pirrotite	R												R	R
	Epidoto						90						0,036	1,6	
	Hematite						10						0,004	0,16	
	Zircão												40	0,08	
	Arsenopyrite												R	R	

**Tabela 10: Rio Humpata II**

N° Pontos	Amostra														
10	Humpata II	Peso total	0,015												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	0,01	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,004			
	%	66,666	0	0	6,666	0	0	0	0	0	0	26,67			
	Minerais												Total		
	Magnetite	90												0,9	60
	Pirite Oxidada	R												R	R
	Hematite				100								0,1	6,6	
	Zircão												10	0,04	
	Epidoto												R	R	

**Tabela 11: Rio Humpata III**

N° Pontos	Amostra																
11	Humpata III	Peso total	0,727														
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA					
	Peso	0,564	0,025	0,023	0,0027	0,0037	0	0,002	0,007	0,0011	0,004	0,048					
	%	77,579	3,438	3,163	0,371	0,508	0	0,275	0,962	0,151	0,55	6,602					
	Minerais												Total				
	Hematite	80												45,12	62,06		
	Ilminite	A		2	20	5							0,118	0,16			
	Pirite Oxidada	R												R	R		
	Siderite			R												R	R
	Hematite		100	95	25	90		60	90	80	80		6,243	8,58			
	Biotite				5	R							0,013	0,01			
	Zircão				20			25	10	10	5	10	0,685	0,9			
	Granadas				25							0,067	0,09				
	Hornblende				5							0,013	0,01				
	Actinolite							A					A	A			

**Tabela 12: Rio Chimucua**

N° Pontos	Amostra														
12	Chimucua	Peso total	0,214												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	0,024	0	0,001	0,0118	0,0058	0,0022	0,012	0,006	0,0023	0,002	0,113			
	%	11,214	0	0,467	5,514	2,71	1,028	5,607	2,803	1,074	0,934	52,8	Total		
	Minerais														
	Magnetite	70												1,68	7,8
	Hematite	A		35	80	45	10	10	10	10	10		1,485	6,93	
	Pirite Oxidada	R												R	R
	Peridoto			R	R							R	R		
	Ilminite			60	15							0,237	1,1		
	Esfena			R	R							R	R		
	Hiperstena			A	R							R	R		
	Diopsido				R							R	R		
	Epidoto					60	90	60				1,266	5,9		
	Zircão					R		20	90	90	90	25	3,992	18,65	
	Monosite							R					R	R	

**Tabela 13: Rio Mucufi**

N° Pontos	Amostra														
13	Mucufi	Peso total	0,164												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	0,038	0	0,002	0,0067	0,0085	0,0122	0	0,003	0,0019	0,009	0,064			
	%	23,17	0	1,219	4,085	5,182	7,439	0	1,829	1,158	5,487	39,02	Total		
	Minerais														
	Magnetite	95												3,61	22,01
	Pirrotite	R												R	R
	Hematite			100	80	55	80		95	70	80		4,037	24,6	
	Granada				R							R	R		
	Zircão				R					30	20	5	0,557	3,3	
	Biotite				R	A							A	A	
	Hornblende				R							R	R		
	Epidoto					40	10		5		R		0,477	2,9	
	Tourmalina					R	R							R	R
	Azurite										R		R	R	
	Rutile										R		R	R	

**Tabela 14: Rio Muticula**

N° Pontos	Amostra	Peso total													
14	Muticula		0,093												
	<b>Intensidade</b>	<b>IN</b>	<b>0,1A</b>	<b>0,2A</b>	<b>0,3A</b>	<b>0,4A</b>	<b>0,5A</b>	<b>0,6A</b>	<b>0,8A</b>	<b>1A</b>	<b>Max</b>	<b>NA</b>			
	<b>Peso</b>	0,04	0,022	0,008	0,002	0,0193	0,0201	0,006	0,001	0	0	0,014			
	<b>%</b>	43,01	23,655	8,602	2,15	20,752	21,612	6,451	1,075	0	0	15,05	<b>Total</b>		
	<b>Minerais</b>														
	Magnetite	85											3,4	36,5	
	Pirite Oxidada	A											A	A	
	Hematite	R	100	60	100	95	60	70	90				6,429	69,12	
	Ilminite			30		A							0,24	2,5	
	Zircão			R				5	10				95	1,37	
	Hiperstena			A									A	A	
	Diopsido			R									R	R	
	Siderite					A							A	A	
	Epidoto					A	40	20					0,924	9,9	

**Tabela 15: Rio Dongue**

N° Pontos	Amostra	Peso total													
15	Dongue		0,658												
	<b>Intensidade</b>	<b>IN</b>	<b>0,1A</b>	<b>0,2A</b>	<b>0,3A</b>	<b>0,4A</b>	<b>0,5A</b>	<b>0,6A</b>	<b>0,8A</b>	<b>1A</b>	<b>Max</b>	<b>NA</b>			
	<b>Peso</b>	0,118	0,038	0,063	0,026	0,033	0,0463	0,042	0,093	0,0618	0,056	0,055			
	<b>%</b>	17,933	5,775	9,574	3,951	5,015	7,036	6,382	14,13	9,392	8,51	8,358	<b>Total</b>		
	<b>Minerais</b>														
	Magnetite	85											10,03	15,2	
	Hematite	A	80	40	80	85	95	90	50	5	5		23,863	36,26	
	Ilminite		20	40	5	A							3,41	5,18	
	Hiperstena			10	A	A	A						0,63	0,9	
	Siderite			5	5	A							0,445	0,6	
	Clorite			A	A	A							A	A	
	Zircão					R			A	5			10	0,859	
	Epidoto						A	5	30				3	4,5	
	Rutile												R	R	

**Tabela 16: Rio Tundavala**

N° Pontos	Amostra	Peso total													
16	Tundavala		0,023												
	<b>Intensidade</b>	<b>IN</b>	<b>0,1A</b>	<b>0,2A</b>	<b>0,3A</b>	<b>0,4A</b>	<b>0,5A</b>	<b>0,6A</b>	<b>0,8A</b>	<b>1A</b>	<b>Max</b>	<b>NA</b>			
	<b>Peso</b>	0,008	0	0,007	0,0017	0,0014	0	0	0	0	0	0			
	<b>%</b>	34,782	0	30,43	7,391	6,086	0	0	0	0	0	0	<b>Total</b>		
	<b>Minerais</b>														
	Pirite Oxidada	80											0,64	27,8	
	Hematite	A		60	100	100							0,87	37,8	
	Platina	R											R	R	
	Ilminite			30									0,21	9,1	
	Hiperstena			R									R	R	

**Tabela 17: Rio Toco**

N° Pontos	Amostra														
17	Toco	Peso total	1,021												
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA			
	Peso	0,03	0	0,01	0,0042	0,0069	0,0049	0,004	0,002	0,002	0	0,008			
	%	10	0	0,333	1,4	2,3	1,633	1,333	0,666	0,666	0	2,666	<b>Total</b>		
	<b>Minerais</b>														
	Magnetite	95											95,23	93,2	
	Hematite	5		100	100	95	95	30	100	100			77,01	75,42	
	Epidoto					R	R	40	R				53,32	52,22	
	Siderite					A							A	A	
	Biotite						R						R	R	
	Clorite						R						R	R	
	Zircão							30					10	66,65	65,27

Tabela 18: Rio Nambambi

N° Pontos	Amostra													
18	Nambambi	Peso total	0,271											
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA		
	Peso	0,026	0,007	0,003	0	0,0193	0,0179	0,003	0,005	0,0025	0,003	0,206		
	%	9,594	2,583	1,107	0	7,121	6,605	1,107	1,845	0,922	1,107	75,83	<b>Total</b>	
	<b>Minerais</b>													
	Magnetite	95											2,47	9,11
	Ilminite	A	50	15									0,395	1,45
	Titanomagnetite	R											R	R
	Hematite		50	80		50	75	70	10	20	60		3,387	12,49
	Zircão			R		R	R	5		10	20	5	1,113	4,1
	Epidoto					5	20	20					0,514	1,8
	Biotite					A	R	R					R	R
	Hidenberjite					A	R	R					R	R
	Siderite					40	R						0,772	2,8
	Moscovite								90	70			0,625	2,3
	Apatite										20		0,06	0,22

Tabela 19: Rio Mapunda

N° Pontos	Amostra													
19	Mapunda	Peso total	0,542											
	Intensidade	IN	0,1A	0,2A	0,3A	0,4A	0,5A	0,6A	0,8A	1A	Max	NA		
	Peso	0,153	0,13	0,015	0,0336	0,0039	0,0655	0,134	0,007	0,0032	0,031	0		
	%	28,228	23,985	2,767	6,199	0,719	12,084	24,72	1,291	0,59	5,719	0	<b>Total</b>	
	<b>Minerais</b>													
	Magnetite	90											13,77	25,4
	Pirite Oxidada	A											A	A
	Hiperstena	R		R	R								R	R
	Ilminite		30	20	10	30							4,604	8,49
	Hematite		70	65	80	60	20	20	40	70	5		17,646	32,5
	Zircão			R	R				5	30	95		3,076	5,6
	Diopsido			R	R								R	R
	Granada				A								A	A
	Epidoto					10	80	80	50				16,349	30,16
	Hedenberjite								A				A	A