



# **Universidade Federal**

---

## **do Rio de Janeiro**

**CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICA E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**TRABALHO FINAL DE CONCLUSÃO DE GRADUAÇÃO  
(ESTÁGIO DE CAMPO IV)**

Estudo dos zircões em concentrados de minerais pesados em algumas praias da Ilha Grande – RJ e sua possível relação com anomalias radioativas locais.

**POR**  
**Huaila Fonseca Ayres**

**ORIENTAÇÃO**  
**Prof. João Baptista Filho**  
**Prof. Dra. Isabel Pereira Ludka**

**RIO DE JANEIRO**  
**OUTUBRO DE 2004**

## AGRADECIMENTOS

---

Agradeço à minha família e amigos que torceram e ainda torcem pelo meu sucesso.

Aos amigos de turma pelo companheirismo.

Agradeço ao Departamento de Geologia da UFRJ, aos professores e funcionários, em especial, ao Valgenor, Rosangela e Aloísio que muito me ajudaram.

Ao Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes da Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ, por ter disponibilizado as amostras de praia da Ilha Grande, sem as quais este trabalho não teria sido realizado.

Ao CNPq que financiou minha bolsa de iniciação científica.

Aos meus orientadores Professor João Baptista Filho e Professora Dra Isabel Pereira Ludka pela paciência e atenção dispensada durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Laboratorista Cleonice Maria Silveira Martins pela simpatia com que me recebeu no Laboratório de Fluorescência e Difratomia de Raio-X.

Ao Laboratorista Luís Antônio Sampaio Ferro e ao mestrando Anderson Henrique da Silva Fernandes por me ensinarem as práticas laboratoriais necessárias para se trabalhar com minerais pesados.

Ao Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, por permitir meu acesso para utilização do mineral-light.

À Laboratorista Márcia Sader do Departamento de Engenharia metalúrgica e materiais da COPPE, que de uma forma muito gentil me atendeu no laboratório para utilização do microscópio eletrônico de varredura - MEV.

Ao Professor do Instituto de Física Hélio Salim pelo apoio.

Ao geólogo Dr. Jurguen Schnellrath do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, meus sinceros agradecimentos pela ajuda prestada.

Ao Professor Dr. Julio Cezar Mendes que se mostrou ser um amigo, quando seu dever era apenas ser mestre.

... a Deus  
“Pois dEle, por Ele e para Ele são todas as coisas”  
(Romanos 11:36)

*Dedico aos meus pais  
Agenora e José Ayres  
que por vezes abdicaram de seus sonhos para que o meu fosse realizado.*

***Obrigada.***

## LISTA DAS FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Contribuição anual de doses gama do $\text{Th}^{232}$ , $\text{U}^{238}$ , $\text{K}^{40}$ na Praia Preta (Alencar, 2003).	<b>10</b>
<b>Figura 2</b> - Mapa da Ilha Grande e seu posicionamento geográfico no estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil (Embrapa).	<b>12</b>
<b>Figura 3 (a)</b> - Subdivisão tectônica mostrando os cinturões Neoproterozóicos do Brasil, blocos cratônicos e principais bacias Fanerozóicas intracratônicas (Almeida et al., 2000).	<b>15</b>
<b>Figura 3 (b)</b> - Detalhe das principais unidades tectônicas da parte central da Faixa ribeira (Heilbron et al, 1995, 2000a e Trouw et al. 2000 <i>in</i> Heilbron, M & Machado, N. 2002).	<b>15</b>
<b>Figura 4</b> - Mapa geológico da Ilha Grande, RJ (Fernandes, 2001).	<b>16</b>
<b>Figura 5</b> - Distribuição Granulométrica dos minerais pesados das praias abalizadas.	<b>18</b>
<b>Figura 6</b> - Difração da ilmenita referente à fração 0.2 ampère da Praia Preta.	<b>21</b>
<b>Figura 7</b> - Assembléia Mineralógica da Praia Preta.	<b>25</b>
<b>Figura 8</b> - Assembléia Mineralógica da Praia da Parnaioca.	<b>25</b>
<b>Figura 9</b> - Assembléia Mineralógica da Praia da Biquinha.	<b>26</b>
<b>Figura 10</b> - Gráfico de Pizza dos minerais presentes na fração não magnética da Praia da Parnaioca.	<b>27</b>
<b>Figura 11</b> - Gráfico de Pizza dos minerais presentes na Praia da Parnaioca.	<b>27</b>
<b>Figura 12</b> - Gráfico de Pizza dos minerais presentes na Praia da Biquinha.	<b>27</b>
<b>Figura 13</b> - Análise feita pelo MEV do zircão incolor da Praia Preta referente à foto 9 (a).	<b>30</b>
<b>Figura 14</b> - Análise feita pelo MEV do zircão amarelo da Praia Preta referente à foto 10.	<b>31</b>
<b>Figura 15</b> - Análise feita pelo MEV do zircão incolor da Praia Parnaioca referente à foto 11.	<b>32</b>
<b>Figura 16</b> - Análise feita pelo MEV do zircão amarelo da Praia Parnaioca referente à foto 12.	<b>34</b>
<b>Figura 17</b> - Análise feita pelo MEV do zircão incolor da Praia Biquinha referente à foto 13.	<b>35</b>
<b>Figura 18</b> - Análise feita pelo MEV do zircão amarelo da Praia da Biquinha referente a foto 17.	<b>36</b>

## LISTA DAS FOTOS

<b>Foto 1</b> - Visão panorâmica da Praia Preta – Ilha Grande, RJ.	<b>13</b>
<b>Foto 2</b> - Visão panorâmica da Praia da Parnaioca mostrando uma variação na coloração da areia em relação à foto anterior.	<b>13</b>
<b>Foto 3</b> - Fragmentos de conchas encontrados na fração não magnética do Frantz.	<b>20</b>
<b>Foto 4</b> - Zircões da Praia Preta encontrados junto com ilmenita na amperagem de 0.2.	<b>22</b>
<b>Foto 5</b> - Zircões da Praia Preta encontrados na fração não magnética do Frantz.	<b>23</b>
<b>Foto 6</b> - Zircões da Praia da Parnaioca encontrados na fração não magnética do Frantz.	<b>23</b>
<b>Foto 7</b> - Zircões da Praia da Biquinha encontrados na fração não magnética do Frantz.	<b>24</b>
<b>Foto 8</b> - Zircão marrom da Praia Preta.	<b>24</b>
<b>Foto 9 (a)</b> - Foto tirada pelo MEV do zircão incolor da Praia Preta apresentando uma cavidade.	<b>29</b>
<b>Foto 9 (b)</b> - Zoom da foto anterior mostrando diferenças no hábito do zircão.	<b>29</b>
<b>Foto 9 (c)</b> - Zoom da foto anterior.	<b>29</b>
<b>Foto 10 (a)</b> - Foto tirada pelo MEV do zircão amarelo da Praia da Praia Preta.	<b>31</b>
<b>Foto 10 (b)</b> - Zoom da foto anterior mostrando a superfície irregular do material.	<b>31</b>
<b>Foto 11</b> - Foto tirada pelo MEV do zircão incolor da Praia da Parnaioca.	<b>32</b>
<b>Foto 12 (a)</b> - Foto tirada pelo MEV mostrando uma cavidade no zircão amarelo da Praia da Parnaioca.	<b>33</b>
<b>Foto 12 (b)</b> - Zoom da foto anterior mostrando o interior da cavidade.	<b>33</b>
<b>Foto 12 (c)</b> - Zoom da foto anterior mostrando diferenças no hábito do zircão.	<b>33</b>
<b>Foto 13</b> - Foto tirada pelo MEV do zircão incolor da Praia da Biquinha.	<b>35</b>
<b>Foto 14</b> - Foto tirada pelo MEV do zircão amarelo da praia da Biquinha.	<b>36</b>

## LISTA DAS TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tabela indicando a distribuição porcentagem peso versus amperagem da Praia Preta.	<b>18</b>
<b>Tabela 2</b> -Tabela indicando a distribuição porcentagem peso versus amperagem da Praia da Parnaioca.	<b>19</b>
<b>Tabela 3</b> - Tabela indicando a distribuição porcentagem peso versus amperagem da Praia da Biquinha.	<b>19</b>
<b>Tabela 4</b> - Luminescências observadas nos minerais.	<b>28</b>

## SUMÁRIO

<b>Lista das Figuras</b> .....	<b>4</b>
<b>Lista das Fotos</b> .....	<b>5</b>
<b>Lista das Tabelas</b> .....	<b>5</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>7</b>
<b>I. Introdução</b> .....	<b>9</b>
<b>II. Objetivo</b> .....	<b>11</b>
<b>III. Área de Estudo</b> .....	<b>11</b>
<b>III.1. Aspectos Fisiográficos</b> .....	<b>14</b>
<b>III.2. Geologia e Contexto Regional</b> .....	<b>14</b>
<b>IV. Metodologia &amp; Resultados</b> .....	<b>17</b>
<b>IV. 1. Análise Mineralógica</b> .....	<b>20</b>
<b>IV. 2. Descrição dos Minerais pesados Identificados</b> .....	<b>21</b>
<b>IV. 3. Análise no Mineral-Light</b> .....	<b>28</b>
<b>IV. 4. Análise no Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV</b> .....	<b>29</b>
<b>V. Conclusão</b> .....	<b>37</b>
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>38</b>

## RESUMO

Este trabalho surgiu a partir do mapeamento da radioatividade ambiental realizado por Alencar, 2003 pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), onde foram determinados níveis de referência da taxa de exposição ( $\text{nGy h}^{-1}$ ) das praias da Ilha Grande-RJ, estabelecidos através da realização de medidas *in situ* em cada praia. Os valores médios das medidas da taxa de exposição *in situ* variam de  $62 \pm 7$  a  $126 \pm 24$ .

A partir desses dados, surgiu a necessidade de se realizar um estudo visando caracterizar as areias de algumas praias da mesma ilha quanto ao seu conteúdo de minerais pesados, com a finalidade específica de identificar os minerais que contribuíssem para tal radiação. Neste sentido, foram usadas técnicas convencionais de separação, como a utilização do bromofórmio e do separador Magnético Frantz.

A princípio, admitiu-se a possibilidade da monazita  $((\text{Ce,La,Th})\text{PO}_4)$  ser o mineral mais provável, já que é um fosfato de terras raras, além de se tratar de areias escuras como àsquelas encontradas na costa do Espírito Santo e norte do Rio de Janeiro, onde é encontrada monazita em grandes quantidades.

Esta hipótese foi o que sustentou a idealização deste trabalho, pois se trataria de areias monazíticas, as quais necessitam de rigorosos estudos, pois envolvem riscos à saúde pública, além de representarem um fator relevante para explorações de matéria-prima. Contudo, através de estudos laboratoriais, como análises em lupa binocular, observou-se não haver monazita no material analisado. Porém, identificou-se o zircão como o único mineral radioativo, que fora encontrado na fração não magnética do Frantz.

Desta maneira, o mineral que poderia estar contribuindo com o nível de radiação na Praia Preta seria o zircão, que assim como a monazita também é radioativo, embora sua radiação seja em proporções bem mais baixas. Neste sentido, a radioatividade ambiental da Praia Preta, assim como das demais praias, poderia ser devido à presença da torita  $(\text{ThSiO}_4)$  que segundo Dana, 1932, é um mineral que faz solução sólida com o zircão  $(\text{ZrSiO}_4)$ .

De acordo com a análise de minerais foi possível separar dois “grupos” de zircões. Os que são incolores e os que apresentam coloração de amarela a marrom. Todos os dois grupos apresentam-se em geral como cristais bem formados e biterminados. Este último “grupo” por apresentar coloração mais escura, poderia ser representado pelos minerais de torita, já que esta faz solução sólida com o zircão. Assim, a torita, bem como o zircão, estariam contribuindo para a presença de Th nas praias e conseqüentemente, contribuindo para que haja um nível de radiação ambiental.

Segundo Deer *et al.*, 1966, sabe-se que as colorações mais escuras do zircão são devidas principalmente a presença de átomos radioativos, em particular o decaimento do tório e urânio que ocorrem no zircão, podendo provocar deslocamento do átomo pela contração do núcleo. Este fato em altas temperaturas produz uma trajetória das partículas nucleares que podem leva-las a um colapso estrutural gradual.

A partir desta observação, e a fim de confirmar a contribuição de quantidades significativas de tório no zircão devido a uma possível solução sólida com a torita, foram utilizadas técnicas mais avançadas, com o intuito de obter informações sobre a composição química desses zircões, aumentando assim a acurácia na análise e permitindo melhores interpretações. Já que, o zircão por si só, é um mineral, considerado pouco radioativo.

Para tanto, inicialmente, cada amostra separada pelo Frantz foi submetida ao raio ultravioleta através do mineral-light, que detecta minerais relacionados a anomalias fluorescentes dadas por elementos radioativos.

Uma vez constatada somente a presença do zircão como mineral radioativo, coletaram-se os zircões representantes das referidas praias, os quais foram analisados por um

microscópio eletrônico de varredura - MEV para se ter uma análise mais detalhada da sua composição, além de se tirar fotos com alto nível de detalhe.

Embora o resultado obtido tenha se diferenciado da hipótese inicial do estudo, que se sustentava na investigação da monazita ou qualquer outro mineral que representasse melhor a radioatividade ambiental, como o caso da torita, este trabalho pretende preencher uma lacuna de informações em relação a estudos de minerais pesados na Ilha Grande, sendo este, um dos únicos trabalhos com esta relevância.

Dessa forma, busca-se dar continuidade ao estudo mineralógico de areias de praia do Estado do Rio de Janeiro que tem importante significado para a compreensão de dispersões e concentrações de minerais pesados.

## I. INTRODUÇÃO

---

Minerais pesados ocorrem em todas as areias, desde contribuições mínimas a alguns poucos grãos encontrados após uma procura detalhada em uma amostra, até quase a totalidade de um depósito de *placer* (Addad, 2001 *in* Santos,2002). Usualmente, formam menos de 1% do sedimento, sendo o restante quartzo, feldspato e micas, além de fragmentos líticos e biogênicos. As quantidades desses minerais em uma determinada areia dependem da abundância de cada um deles na área fonte e do seu transporte, que inclui a sua capacidade de resistência ao intemperismo e a sua segregação devido a diferenças na densidade e forma. Com isto, estes grãos formam assembléias extremamente específicas, em termos de composição mineral, distribuídas ao longo do sistema deposicional envolvido.

Os minerais pesados, constituintes acessórios dos sedimentos e das rochas sedimentares, têm sido tradicionalmente utilizados em estudos sedimentológicos, estratigráficos e econômicos, dentro do campo da geologia (Corrêa *et al.*,2001 *in* Santos, 2002).

O estudo mineralógico de depósitos de areias por meio de concentrados de minerais pesados, mostra-se eficiente e de baixo custo operacional, levando em conta, não só a aplicação econômica, mas também estudos científicos.

No Brasil, pesquisas envolvendo determinação mineralógica de areias de praias do litoral sul do Espírito Santo mostram que, especialmente na região de Guarapari e Meaípe, praias com ocorrência de areias escuras apresentam níveis de radiação muito elevados, devido a presença de minerais pesados que são radioativos, como por exemplo, a monazita. No norte do Estado do Rio de Janeiro também existem algumas ocorrências deste tipo, porém com menor concentração de minerais pesados conseqüentemente apresentando menor nível de radiação.

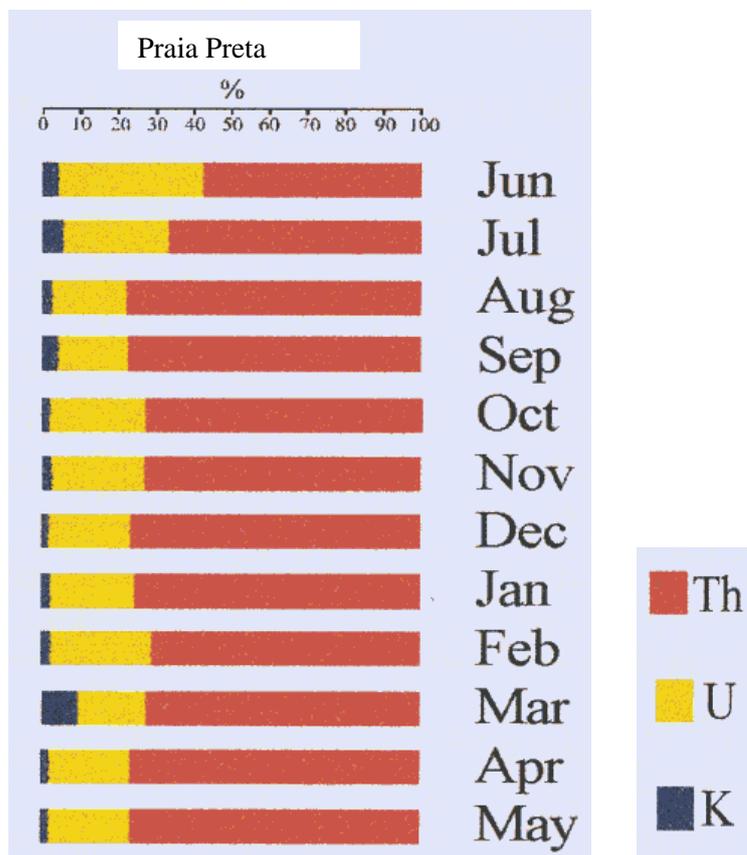
Dentre as razões que despertam maior interesse nos estudos envolvendo radioatividade ambiental pode-se destacar a necessidade de estabelecimento de níveis de referência, principalmente em regiões onde exista um risco potencial de liberação de material radioativo para o meio ambiente, bem como a necessidade de identificar regiões que apresentam alta radioatividade natural, que possam representar riscos à saúde da população exposta cronicamente (Ramli, 1997 *in* Alencar, 2003). Em virtude disso, vários trabalhos abordando o estudo da radioatividade ambiental, seja pela determinação dos níveis de radiação *in situ* ou através de análise da concentração da atividade de radionuclídeos em matrizes ambientais, têm sido realizados em diferentes partes do planeta (Alencar,2003).

Este trabalho por exemplo, surgiu a partir do mapeamento da radioatividade ambiental em dez praias da Ilha Grande-RJ, realizado por Alencar,2003, onde foram utilizadas técnicas de medida da taxa de exposição *in situ* (nGy h<sup>-1</sup>).

A abordagem deste trabalho portanto, é compreender a fonte radioativa das areias de algumas praias da Ilha Grande que foram submetidas a um mapeamento da radioatividade ambiental, realizado por Alencar,2003.

A partir do estudo detalhado dos minerais pesados que compõem tais areias, através dos métodos tradicionais de separação de minerais pesados, como a utilização do bromofórmio e do Frantz e também através de métodos como mineral-light e microscópio eletrônico de varredura (MEV), além de inúmeras análises feitas em lupa binocular sub o auxílio do microscópio e a confecção de gráficos e tabelas, foi possível compilar dados bastante coerentes quanto a origem da radiação nas praias.

Dentre as dez praias escolhidas por Alencar, a que apresenta as maiores taxas de exposição *in situ* ( $\text{nGy h}^{-1}$ ) é a Praia Preta, chegando a  $126 \pm 24 \text{ nGy h}^{-1}$ . Também foram medidas as concentrações da atividade do  $\text{Th}^{232}$  ( $239 \pm 74 \text{ Bq Kg}^{-1}$ ),  $\text{U}^{238}$  ( $121 \pm 3 \text{ Bq Kg}^{-1}$ ) e  $\text{K}^{40}$  ( $110 \pm 62 \text{ Bq Kg}^{-1}$ ) que são respectivamente, 9.5, 4.8 e 0.3 vezes maior do que a média mundial. Foi analisada ainda, a contribuição média anual desses radionuclídeos que é respectivamente 72.9%, 24.5% e 2.7% (**Figura 1**).



**Figura 1:** Contribuição anual de doses gama do  $\text{Th}^{232}$ ,  $\text{U}^{238}$  e  $\text{K}^{40}$  na Praia Preta (Alencar, 2003).

Segundo Alencar, 2003 nas campanhas realizadas para a determinação dos níveis de referência, os radionuclídeos  $\text{Th}^{232}$  e o  $\text{U}^{238}$ , apresentaram a maior contribuição para a taxa de exposição na praia Preta.

Embora nenhuma das praias analisadas por Alencar apresente risco radiológico, os valores da contribuição de doses gama do  $\text{Th}^{232}$  e  $\text{U}^{238}$  são persistentes, já que, são os principais radionuclídeos presentes nos minerais radioativos como por exemplo a monazita.

Com esses valores, surge enfim, a necessidade de se fazer um estudo mais bem detalhado sobre a fonte radioativa dessas areias.

## II. OBJETIVO

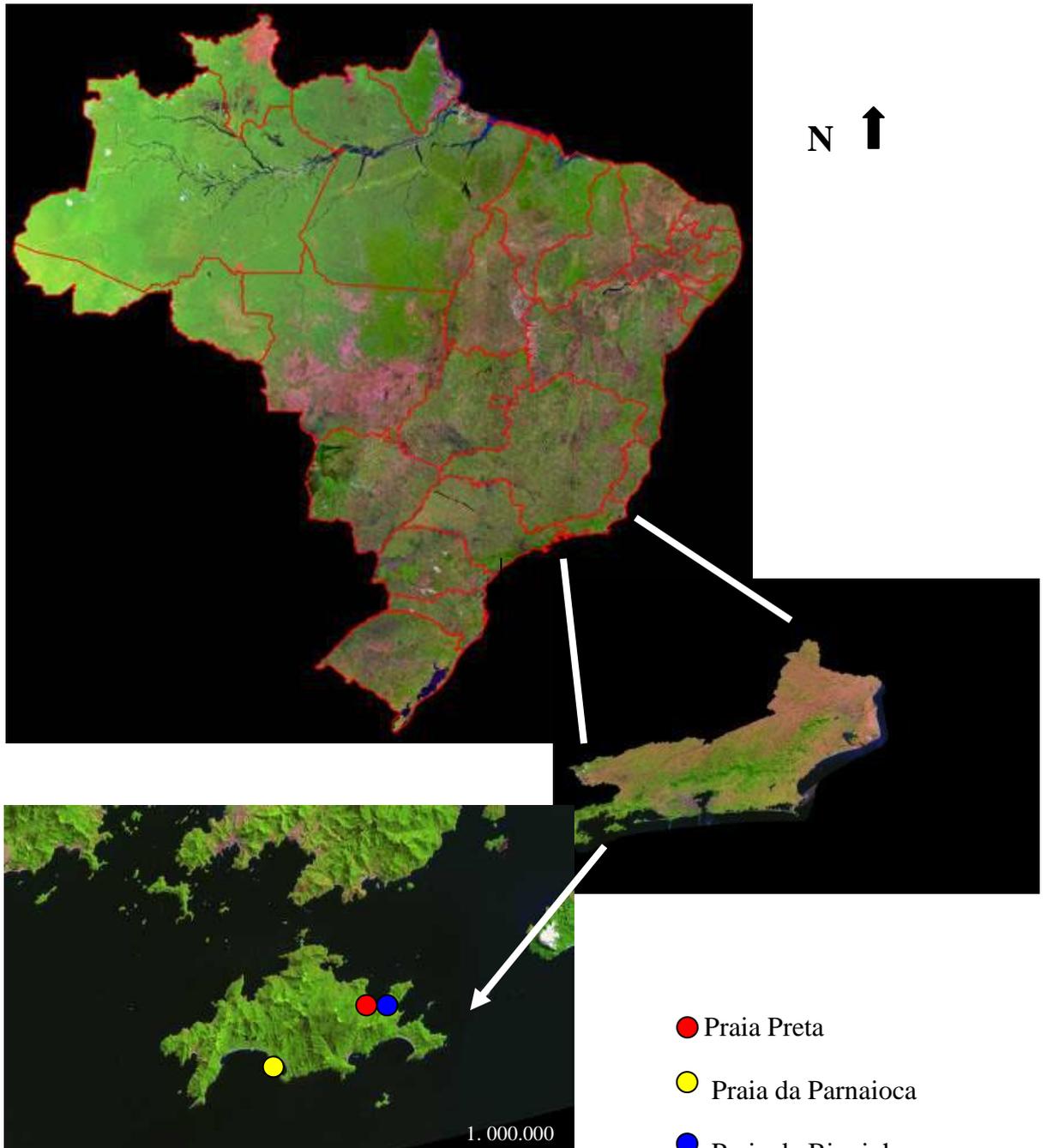
---

O presente trabalho representa o relatório final da disciplina de Estágio de Campo IV do curso geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e visa analisar os minerais pesados presentes em algumas praias da Ilha Grande tais como Praia Preta, Praia da Parnaiooca e Praia da Biquinha com o objetivo principal de identificar os minerais que contribuem para uma maior radiação nas referidas praias.

## III. ÁREA DE ESTUDO

---

A área selecionada para este estudo situa-se na Ilha Grande. A Ilha Grande (**Figura 2**) é o quinto distrito de Angra dos Reis localizada na baía de Ilha Grande, no estado do Rio de Janeiro. A Ilha possui 174 km<sup>2</sup> de área e dentre as inúmeras praias, foram escolhidas a Praia Preta (23°07'53,7''S 44°10'10,0''W) (**Foto 1**), Praia da Parnaiooca (23°12'3,1''S 44°14'74,3''W) (**Foto 2**) e Praia da Biquinha (23°08'49,8''S 44°09'30,3''W). A Praia Preta foi escolhida para este estudo por apresentar os maiores valores na análise radiométrica realizada por Alencar,2003, além de apresentar coloração bastante escura, o que sugere maior concentração de minerais pesados. As outras duas praias também foram escolhidas por este último motivo.



**Figura 2** - Mapa da Ilha Grande e seu posicionamento geográfico no Estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (Fonte: Embrapa).



**Foto 1** – Visão panorâmica da Praia Preta – Ilha Grande, RJ  
Fonte – [www.ilhagrandeon.com.br](http://www.ilhagrandeon.com.br)



**Foto 2** - Visão panorâmica da Praia da Parnaioca mostrando uma variação na coloração da areia em relação à foto anterior.  
Fonte – [www.ilhagrandeon.com.br](http://www.ilhagrandeon.com.br)

### III.1. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A área de estudo está inserida no contexto da Serra do Mar. A diversidade de paisagens encontradas na Ilha Grande como encostas íngremes, vales encaixados, planícies costeiras, praias e costões rochosos associados com as condições tropicais úmidas resulta em uma variedade de ecossistemas terrestres relacionados à Mata Atlântica como: floresta de encostas que recobrem a maior parte da área, matas litorâneas, restingas e manguezais. A região da baía da Ilha Grande representa um dos últimos trechos remanescentes da Mata Atlântica no país, que é um dos biomas mais ricos em termos de biodiversidade do mundo (Fernandes,2001).

O ponto de maior elevação da área é o Pico da Pedra D'Água com 1031 metros de altura, localizado na Serra do Papagaio.

A rede hidrográfica da região é formada por rios de pequeno porte que deságuam diretamente no oceano ou na baía da Ilha Grande. Geralmente apresentam cursos bastante retilíneos, encaixados em vales apertados e profundos, muitas vezes apresentando pequenos trechos encachoeirados (Fernandes,2003)

O clima é classificado como tropical, quente e úmido sem índices de seca. A influência do clima na Ilha é marinha, por ser uma ilha oceânica. De acordo com a estação meteorológica de Angra dos Reis o clima se resume nos seguintes dados:

Temperatura ar: média anual de 22,5°C

Mês mais quente: fevereiro (25,7°C)

Mês mais frio: Julho (19,6°C)

Chuvas: média anual de 2.242mm

Temperatura da água: varia entre 18° a 24°C

Vento: O sudoeste é o vento mais freqüente na ilha, principalmente na costa sudeste.

### III.2. GEOLOGIA E CONTEXTO REGIONAL

A área estudada integra o embasamento cristalino da Plataforma Sul-Americana e está inserida no contexto do seguimento central da Faixa Ribeira que representa uma unidade tectônica gerada no Neoproterozóico/Cambriano, quando ocorreu a amalgamação do Supercontinente Gondwana.

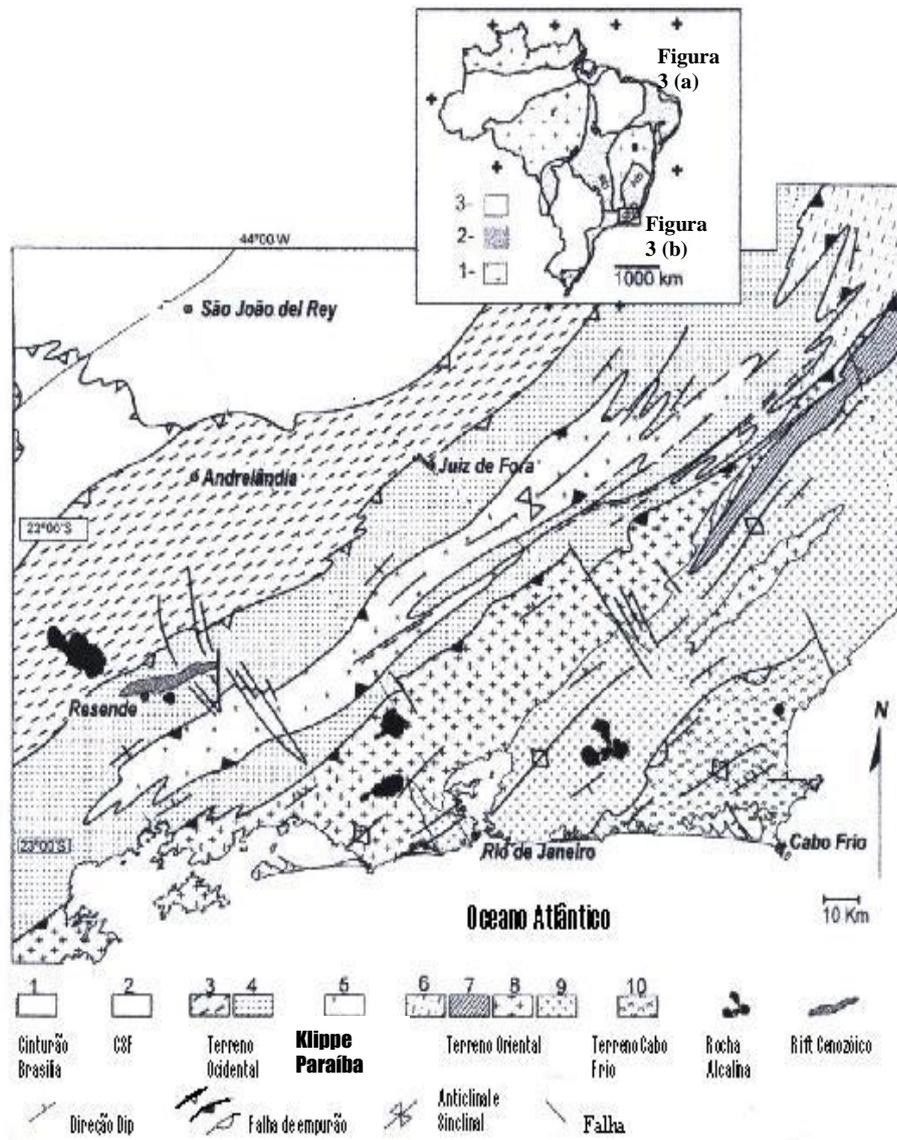
A Faixa Ribeira , estende-se por 1400 km ao longo da costa atlântica brasileira (Almeida,1967; Almeida et al.,1973 Cordani et al., 1967, 1973 *in* Heilbron & Machado,2003). Junto a Faixa Araçuaí, sua extensão norte, formam uma orogenia desenvolvida na borda sul e sudeste do Craton de São Francisco. Formam também a resposta da convergência entre a placa São Franciscana (Campos Neto & Figueiredo, 1995; Heilbron et al., 1998; Heilbron et al ., 2000a *in* Heilbron & Machado,2003).

Eventos termotectônicos ocorrem na transição Neoproterozóico-Fanerozóico e tarde ordoviciano-cedo siluriano, o qual é chamado de orogenia Brasiliana.

Segundo Heilbron et al, 1993, 1995; Heilbron et al., 1995 Heilbron et al., 2000a *in* Heilbron & Machado,2003) a parte central da Faixa Ribeira (**Figura 3**) constitui-se das seguintes unidades tectônicas.

- a) Terreno ocidental;
- b) Klippe do Paraíba do Sul;
- c) Terreno oriental;
- d) Terreno Cabo Frio.

Como se observa no mapa abaixo, a Ilha Grande encontra-se dentro do contexto da Faixa Ribeira, fazendo parte de seu terreno oriental.

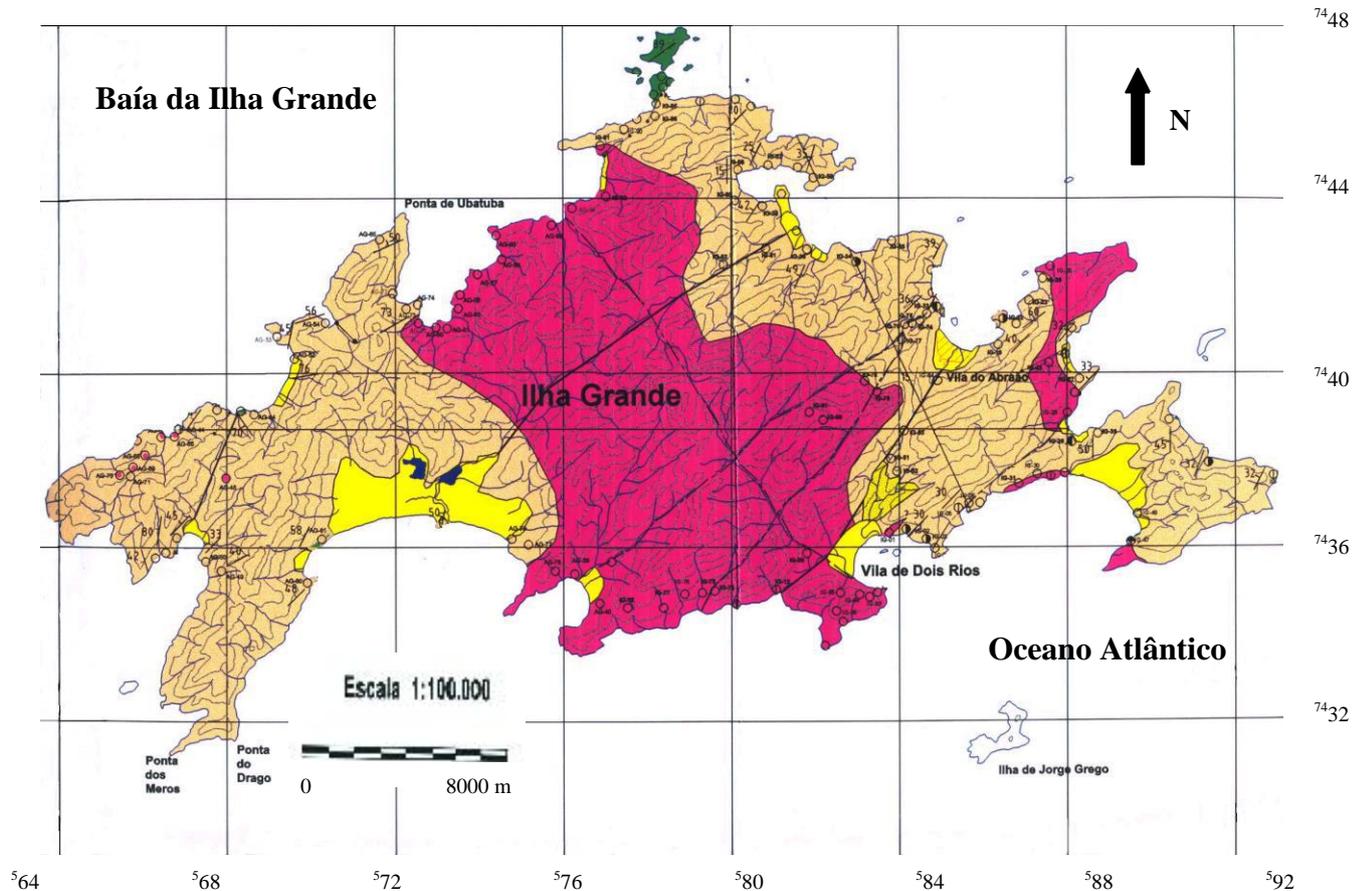


**Figura 3** – (a) Subdivisão tectônica mostrando os cinturões Neoproterozóicos do Brasil, blocos cratônicos e principais bacias Fanerozóicas intracratônicas Almeida et al, 2000. Legenda 1: Crátoms Neoproterozóicos (I, Amazonas; II, São Francisco; III, Rio de La Plata); 2: Cinturões Neoproterozóicos/Cambriano (Cinturão ribeira;Arauaí, Brasília); 3: Cobertura Fanerozóica. (b) Detalhe das principais unidades tectônicas da parte central da Faixa Ribeira. (Heilbron et al, 1995,2000 e Trouw et al, 2000 *in* Heilbron & Machado, 2002 ).

A Ilha Grande (**Figura 4**) se situa nos domínios da Unidade Ilha Grande composta pelas rochas da suíte Charnockítica e pelo granitóide porfiroblástico.

Os charnockítos apresentam coloração esverdeada a caramelada, granulação média à grossa, textura granoblástica e são discretamente foliados com estrutura homogênea. São constituídos por plagioclásio, quartzo, k-feldspato, piroxênio, anfibólio, minerais opacos e zircão (Castro *et al.*, 1984 *in* Fernandes, 2001).

O granitóide porfiroblástico é resultante de uma porfiriblastese das rochas da suíte charnockítica. Possui porfiriblastos de k-feldspato e interblástos preenchidos por uma matriz de coloração cinza-escuro, de granulação média à fina tendo minerais máficos como biotita, anfibólio, magnetita e minerais félsicos como quartzo e microclina (Castro *et al.* *op.cit in* Fernandes, 2001).



### LEGENDA

- Depósito de talus ou colúvio.
- Depósito fluvio-marinho e cordões de praia.
- Granito Porfirítico.
- Suíte Charnockítica
- Hornblenda biotita gnaiss porfiroblástos de composição granodiorítica e hornblenda biotita gnaiss de composição quartzo-monzodiorítica a quartzo-monzonito.

**Figura 4** – Mapa geológico da Ilha Grande, RJ (Fernandes, 2001)

## IV. METODOLOGIA & RESULTADOS

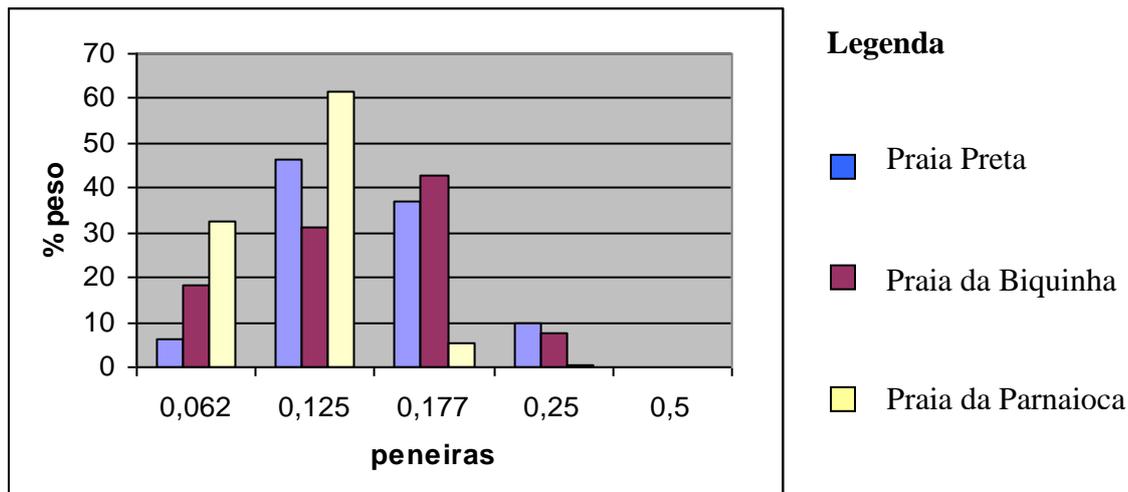
---

### IV.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Os concentrados, até chegarem ao estágio de serem examinados em lupa binocular, passaram por um longo tratamento. Esta etapa do trabalho foi realizada no Laboratório de Sedimentologia e no Laboratório de Fluorescência de Raio-X, os dois do Departamento de Geologia (IGEO/UFERJ).

A seguir é listado detalhadamente as várias etapas de preparação das amostras:

- Homogeneização da amostra;
- Quarteamento da Amostra;
- Pesagem em balança de precisão;
- Bateamento da amostra;
- Lavagem dos concentrados com álcool para retirar o sal e a oleosidade;
- Secagem dos concentrados em estufa, a temperatura de 60°C;
- Separação granulométrica em peneiras com malhas de 2,00; 1,00; 0,5; 0,250; 0,177; 0,125 e 0,062;
- Separação das magnetitas contidas nos concentrados através de um imã de mão;
- Pesagem de cada fração granulométrica e de sua fração magnética correspondente;
- Separação dos minerais leves dos pesados, por densidade, com a utilização de líquido denso (bromofórmio, com densidade de 2,89). Foi montado o seguinte esquema: na parte inferior, um becker, sobre esse, na prateleira inferior, um funil de vidro com papel de filtro, e sobre esse funil, na prateleira superior, um outro funil com tubo de látex e um grampo, na ponta. Adicionou-se bromofórmio quase até a borda do último funil e, lentamente, em movimentos circulares, jogou-se o concentrado. Os grãos que grudaram nas paredes do funil, eram soltos com o auxílio de um bastão de vidro, sem, porém, causar turbulência no bromofórmio. Os minerais de densidade superior a 2,89 afundaram, ao passo que os de densidade inferior flutuaram. Após um período para a decantação dos pesados, foi aberto o grampo, permitindo que esses minerais, e um pouco de bromofórmio, escoassem para o funil de baixo. Ficavam retidos então, os pesados no papel de filtro, passando o bromofórmio, para o becker. Os leves que flutuaram no bromofórmio, foram recolhidos para um envelope de papel, com o auxílio de um pincel de cerdas finas;
- Secagem ao ar livre tanto dos pesados quanto dos leves;
- Depois de ter sido realizada a separação dos pesados por líquido denso, pesou-se cada fração granulométrica, e a partir daí, foi feito um gráfico de colunas das peneiras utilizadas versus a porcentagem peso de cada fração, mostrando o quadro geral da distribuição granulométrica dos minerais pesados das praias estudadas (**Figura 5**).



**Figura 5-** Distribuição granulométrica dos minerais pesados das praias analisadas.

- Em seguida, passagem dos pesados pelo separador eletromagnético isodinâmico - Frantz, nas seguintes amperagens: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 e 1,7 que é a amperagem máxima; Procedeu-se assim, o concentrado era colocado no aparelho que estava ligado em 0,1 ampère; os minerais atraídos eram colocados em envelopes de papel, e o restante, voltava para o aparelho, só que ligado em 0,2 ampères. A operação foi repetida até 1,7 ampère, sendo os minerais que não foram atraídos, colocados em outros envelopes sob o título “não magnético”;
- Com todas as amostras devidamente separadas por amperagem, foram feitas três tabelas referentes as três praias estudadas, mostrando a distribuição da porcentagem peso em cada uma das amperagens (**Tabelas 1, 2 e 3**).

Ampère peneiras	0.062 mm	0.125 mm	0.177 mm	0.250 mm	0.5 mm
<b>0.1</b>	0.009%	5.655%	27.969%	10.951%	0
<b>0.2</b>	15.960%	46.614%	48.293%	13.678%	0
<b>0.3</b>	71.101%	47.131%	23.524%	75.150%	100%
<b>0.4</b>	8.770%	0.384%	0.018%	0.088%	0
<b>0.5</b>	0.045%	0.012%	0.004%	0.132%	0
<b>0.6</b>	0.023%	0.003%	0.004%	0	0
<b>0.7</b>	0.023%	0.012%	0.019%	0	0
<b>0.8</b>	0.023%	0.012%	0.004%	0	0
<b>0.9</b>	0.023%	0.012%	0	0	0
<b>1.0</b>	0.023%	0.012%	0	0	0
<b>1.7</b>	0.160%	0.055%	0.043%	0	0
<b>não magnético</b>	3.755%	0.141%	0.126%	0	0

**Tabela 1** – Tabela indicando a distribuição porcentagem peso versus amperagens da Praia Preta. Total: 70g

Ampère peneiras	0.062 mm	0.125 mm	0.177 mm	0.250 mm	0.5 mm
0.1	0.506%	14.233%	3.421%	2.449%	0
0.2	41.189%	42.231%	40.218%	41.871%	0
0.3	44.839%	27.488%	41.328%	35.412%	0
0.4	0.234%	1.412%	3.785%	2.895%	0
0.5	0.506%	2.256%	7.643%	7.349%	0
0.6	0.356%	0.517%	0.673%	0.891%	0
0.7	0.116%	0.244%	0.364%	0.668%	0
0.8	0.094%	0.151%	0.273%	0.223%	0
0.9	0.116%	0.097%	0.127%	0.223%	0
1.0	0.072%	0.054%	0.018%	0	0
1.7	0.391%	0.236%	0.164%	0.223%	0
Não magnético	1.158%	11.078%	1.984%	7.795%	0

**Tabela 2** – Tabela indicando a distribuição porcentagem peso versus amperagem da Praia da Parnaioca. Total : 100 g

Ampère peneiras	0.062 mm	0.125 mm	0.177 mm	0.250 mm	0.5 mm
0.1	0.235%	6.131%	0.499%	0.884%	0
0.2	68.328%	18.468%	34.697%	40.231%	0
0.3	23.901%	52.681%	54.047%	55.876%	0
0.4	0.706%	11.315%	4.249%	1.336%	0
0.5	3.218%	0.786%	5.493%	1.061%	0
0.6	0.070%	0.279%	0.094%	0.098%	0
0.7	0.039%	0.297%	0.044%	0.019%	0
0.8	0.023%	0.044%	0.027%	0.019%	0
0.9	0.023%	0.035%	0.027%	0.019%	0
1.0	0.015%	0.013%	0.020%	0.019%	0
1.7	0.196%	4.442%	0.108%	0.059%	0
Não magnético	3.242%	5.504%	0.694%	0.373%	0

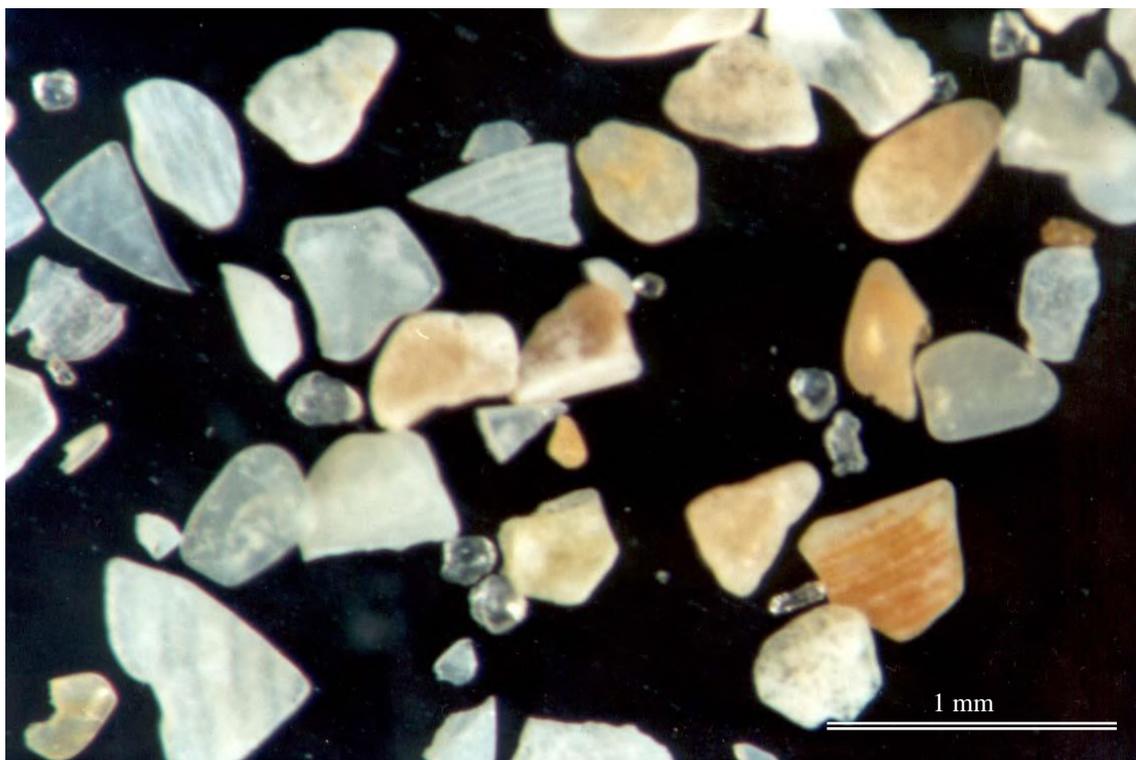
**Tabela 2** –Tabela indicando a distribuição porcentagem peso versus amperagem da Praia da Biquinha.  
Total: 70 g

#### IV.1. ANÁLISE MINERALÓGICA

As areias das praias analisadas possuem coloração muito escura. A Praia Preta, como o nome sugere, é a que melhor representa essa característica. Em seguida a praia da Parnaioca e Biquinha.

As três, apresentam uma variação de minerais pesados restrita, sendo representadas primordialmente por ilmenita, magnetita, e zircão. Minerais como rutilo, apatita, turmalina e granada representam uma parcela muito escassa das amostras analisadas. Já as frações leves, são representadas basicamente por quartzo feldspato e biotita. Nas Praias da Parnaioca e Biquinha são encontrados também minerais como hornblenda e epidoto.

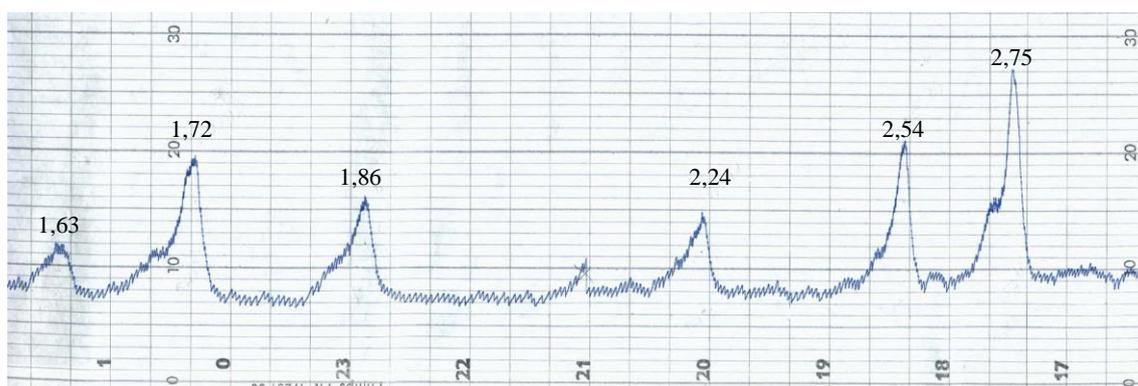
Sabe-se que, mesmo com todo o cuidado durante a separação dos minerais leves dos pesados a partir do bromofórmio, é comum permanecerem resquícios de minerais leves nas frações pesadas, como é o caso da praia da Parnaioca, onde foram encontradas nas frações não magnéticas do Frantz, quantidades razoáveis de fragmentos biogênicos representados por conchas (**Foto 3**) de coloração branca a amarelo-ocre, muitas delas apresentando marcas de crescimento.



**Foto 3**– Fragmento de conchas encontrados na fração não magnética do Frantz.

## IV.2. DESCRIÇÃO DOS MINERAIS PESADOS IDENTIFICADOS

**ILMENITA:** presente em todas as amostras, é o mineral mais abundante, sendo separado pelo Frantz principalmente nas frações de 0.1 a 0.5, podendo ser encontrado também nas frações de 0.7 a 0.9 ampèr. Apresenta-se sob forma de fragmentos granulares, xenomórficos, coloração negra e brilho metálico intenso. São observadas estrias, que são bastante comuns neste mineral. Alguns desses grãos encontram-se arqueados. Nas frações 0,250 mm alguns grãos apresentam iridescência e limonitização. A ilmenita foi constatada através de uma difração de raio-X realizada no laboratório de Fluorescência e Difractometria de Raio-X do Departamento de Geologia da UFRJ (**Figura 6**).



**Figura 6** – Difração da ilmenita referente à fração 0.2 ampèr da Praia Preta.

**MAGNETITA:** tendo sido eliminada por um imã de mão antes da passagem pelo separador isodinâmico Frantz, a magnetita ocorre em quantidades significativas como cristais octaédricos e por vezes irregulares. Possui brilho submetálico e cor negra.

**GRANADA:** presente principalmente nas frações 0.3 e 0.5 ampèr, a granada também aparece nas frações 0.6 a 1.7 ampèr. É um mineral escasso, ocorre como grãos arredondados, sendo poucos os octaédricos perfeitos. Apresenta brilho vítreo e coloração variando de vermelho a castanho. Sub o microscópio apresenta isotropia ótica.

**RUTILO:** extremamente escasso nas amostras, o rutilo foi separado na fração de 0.7 ampèr à não magnética, apresentando coloração negra à castanha, brilho vítreo e fragmentos de cristais angulosos muitas vezes estriados. Às vezes, apresenta a característica geminação em joelho.

**TURMALINA:** observado em amperagens altas (0.7 a 1.7 ampères), e também nas frações não magnéticas, a turmalina é um mineral muito escasso nas amostras. Com hábito prismático, muitos grãos apresentam estrias, além de possuírem brilho vítreo e cor amarela clara. Nas Praias da Parnaioca e Biquinha a turmalina apresenta-se mais esverdeada e sub o microscópio foi possível observar pleocroísmo de verde a marrom claro.

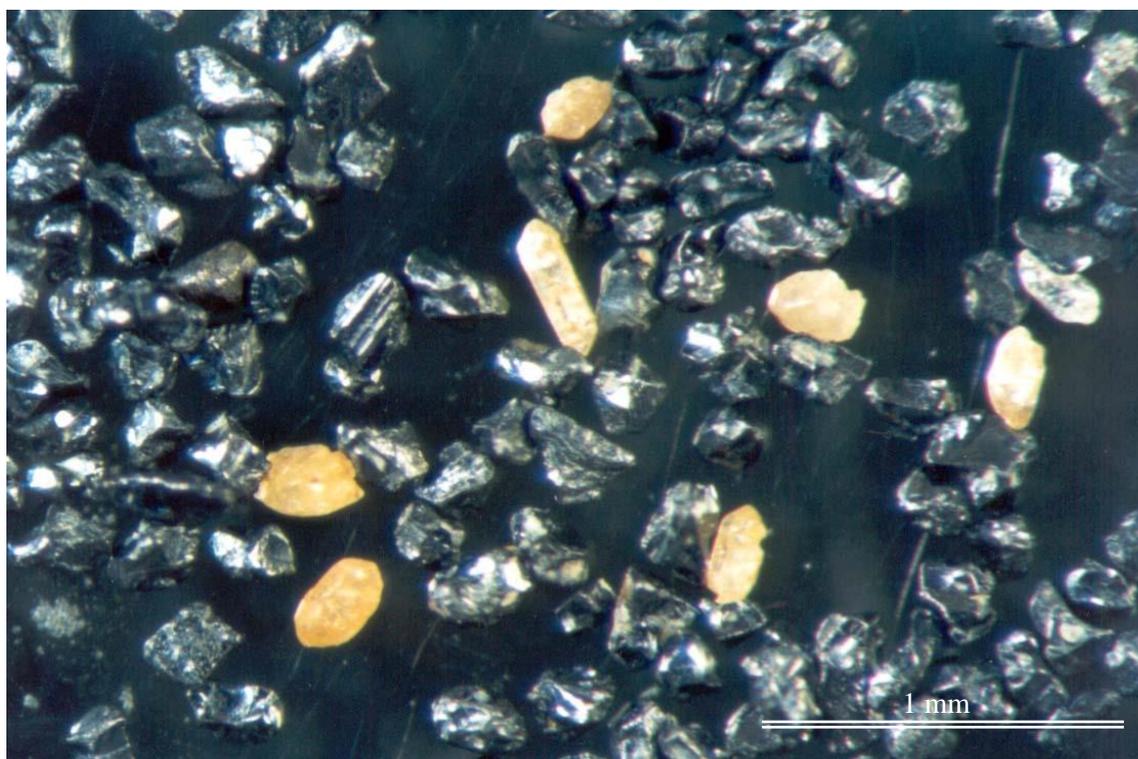
**APATITA:** apresentando-se como cristais de brilho vítreo, incolor, bipiramidais, a apatita é um mineral muito raro nas amostras, tendo sido diferenciada do zircão pelo seu sistema hexagonal. A apatita foi encontrada nas frações de 1.0 ampèr até a não magnética.

**EPIDOTO:** presente somente nas Praias da Parnaioca e Biquinha, é um mineral pouco representativo, encontra-se nas frações de 0.7 a 1.7 ampèr. Mineral verde musgo com fragmentos de cristais angulosos, brilho vítreo e clivagem tabular. Sub o microscópio apresenta birrefringência moderada a alta.

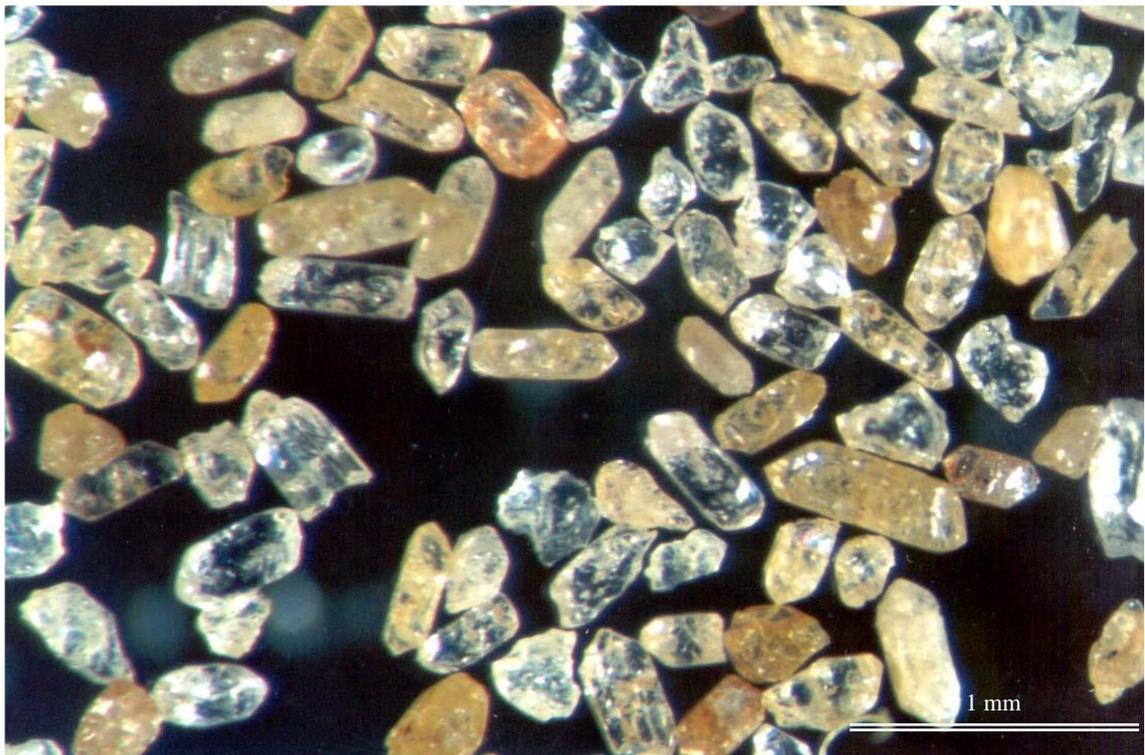
**HORNBLENDA:** assim como o epidoto, está presente somente nas Praias da Parnaioca e Biquinha. A hornblenda aparece nas frações de 0.7 a 1 ampèr, com coloração verde escuro a marrom, brilho vítreo, hábito prismático e clivagem 110. Apresenta birefringência alta e pleocroísmo de amarelo a verde.

**ZIRCÃO:** mineral presente em todas as amperagens (**Foto 4**), porém mais evidente nas frações não magnéticas. Apresentam-se como cristais de brilho vítreo, hábito prismático, freqüentemente biterminados e algumas vezes zonados. Uma das características curiosas, é o fato de em todas as praias estudadas haver uma variação bem marcante de cor nos minerais de zircão (**Foto 5, 6, 7**). Esses minerais variam de incolor a amarelo, muitas vezes chegando a marrom (**Foto 8**).

A seguir são apresentadas algumas fotos das frações onde é possível observar a presença do zircão, em cada praia estudada. Estas, foram tiradas com máquina fotográfica acoplada ao tubo da lupa binocular.



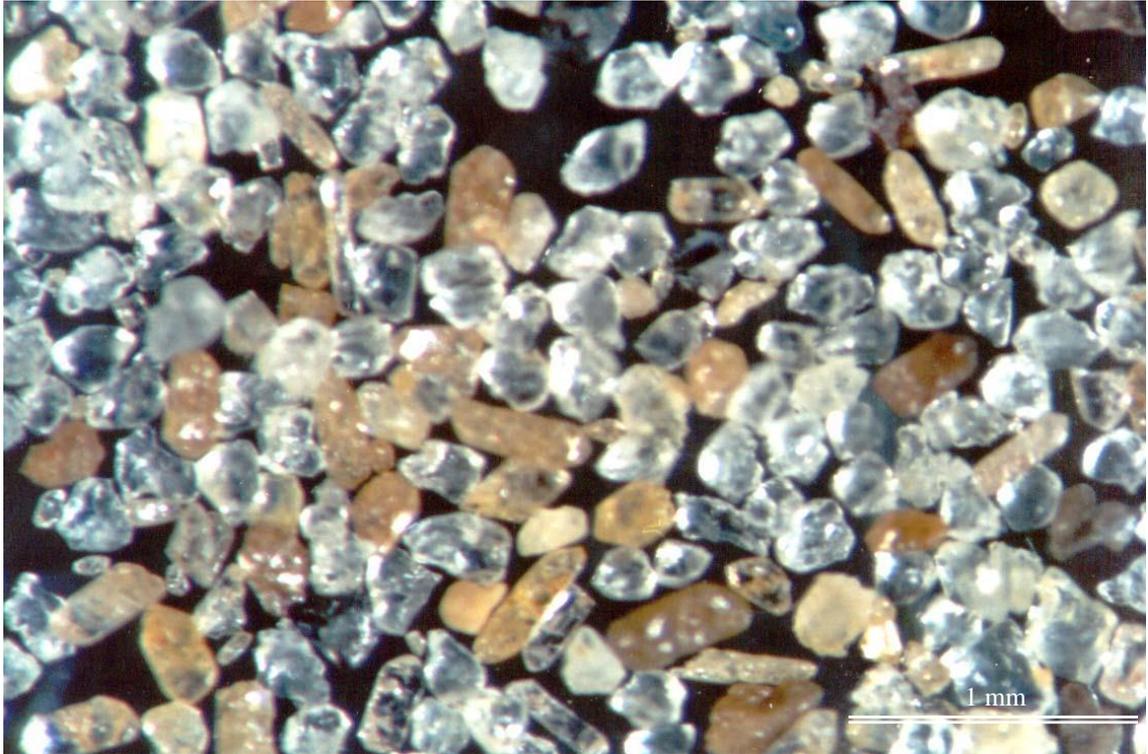
**Foto 4** – Zircões da Praia Preta, encontrados junto com ilmenita na amperagem de 0.2.



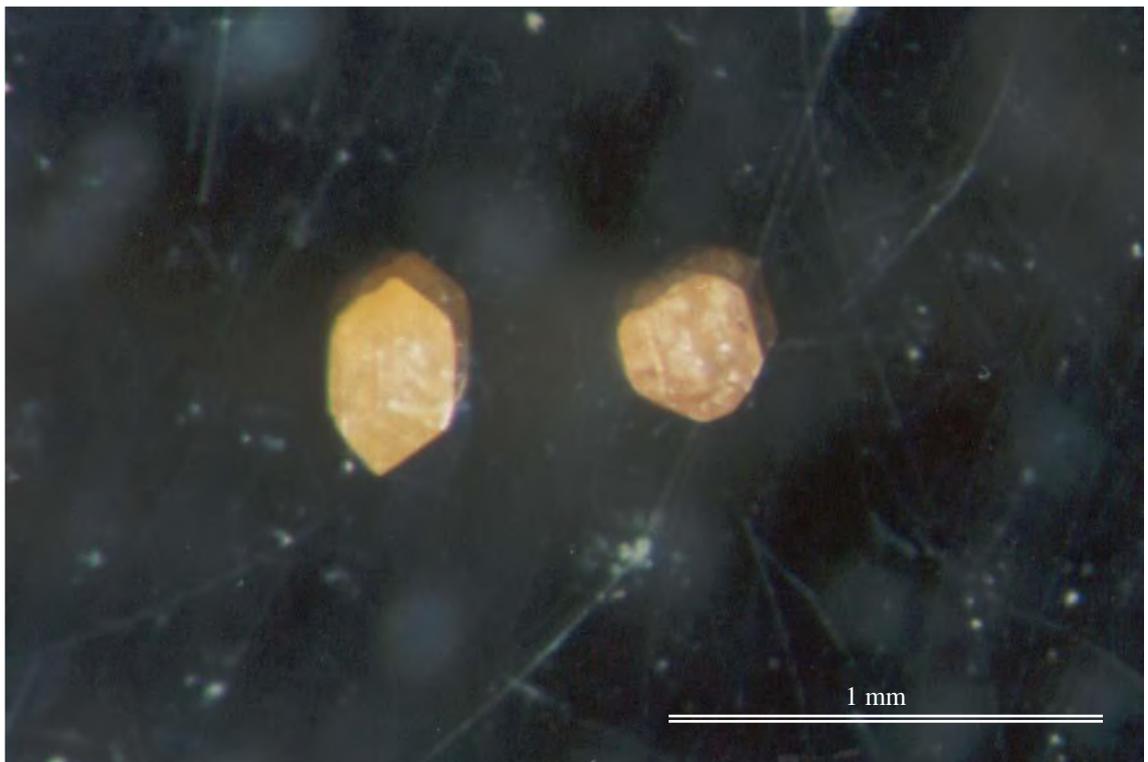
**Foto 5** - Zircões da Praia Preta, encontrados na fração não magnética do Frantz.



**Foto 6** - Zircões da Praia da Parnaioca , encontrados na fração não magnética do Frantz.



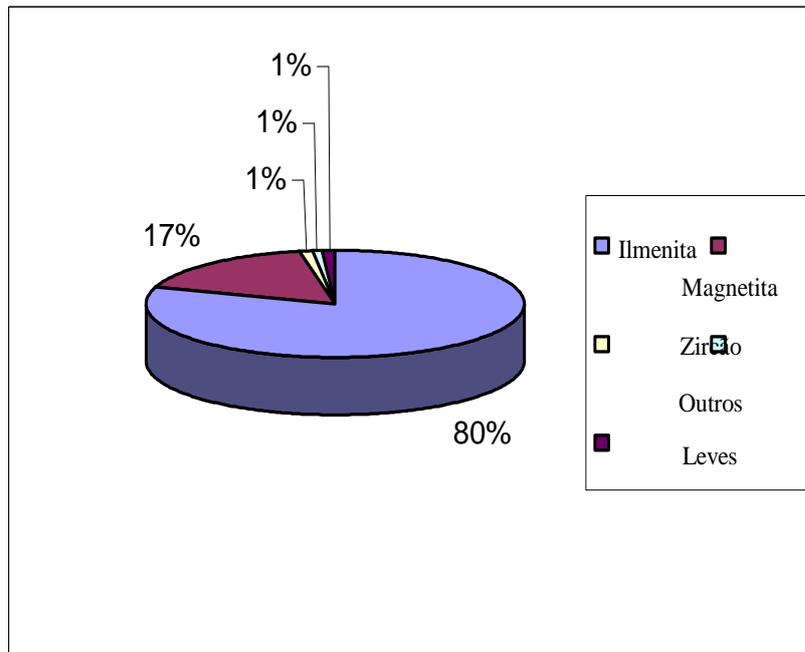
**Foto 7-** Zircões da Praia da Biquinha encontrados na fração não magnética.



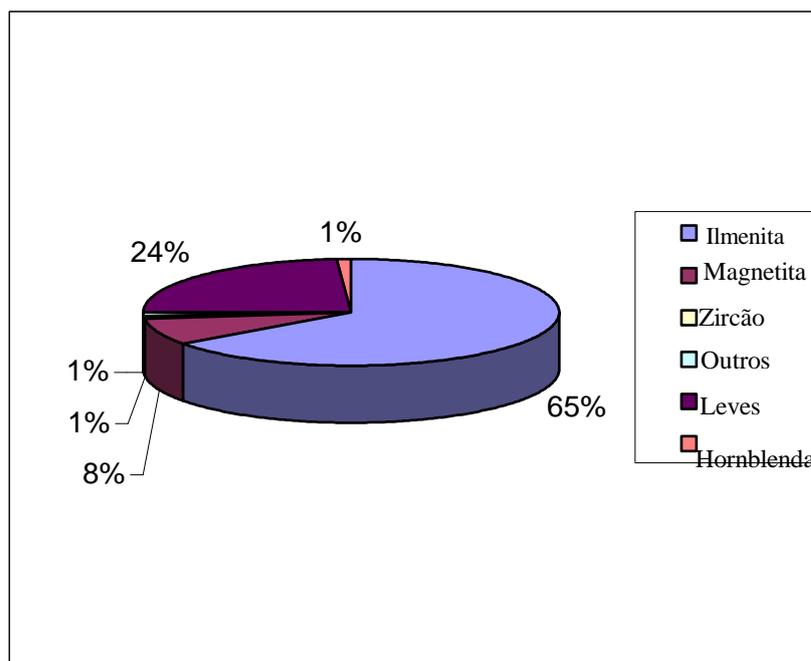
**Foto 8 –** Zircão marrom da Praia Preta

Depois de terem sido feitas as análises em lupa binocular, foi possível confeccionar diagramas de pizza (**Figura 7, 8, 9**) representando o percentual dos principais minerais encontrados na área.

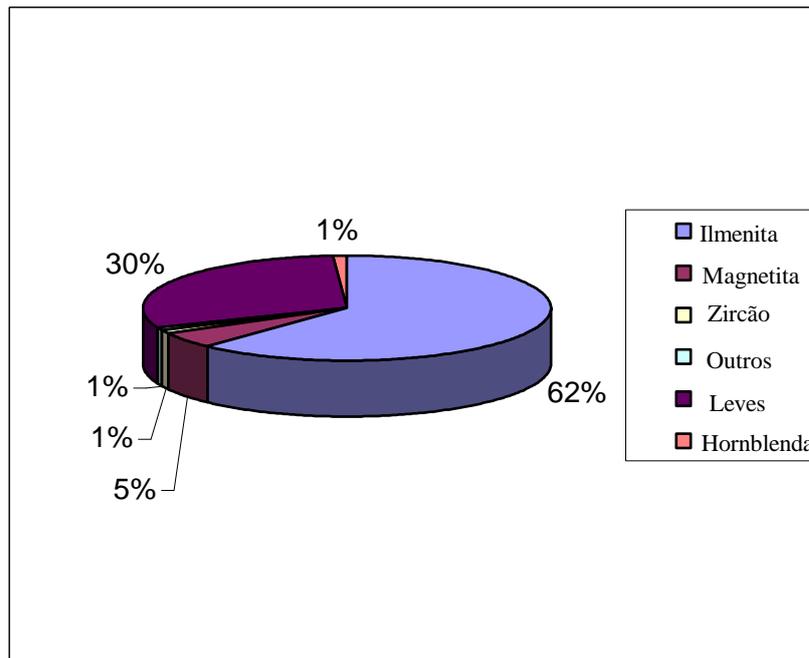
Minerais como apatita, granada rutilo, turmalina e epidoto (no caso das Praias da Parnaioca e Biquinha) foram computados como “outros” por se apresentarem em quantidades muito pequenas, e dessa maneira de difícil quantificação. A denominação “leves”, é representada por quartzo, feldspato e biotita.



**Figura 7** - Assembléia mineralógica da Praia Preta.



**Figura 8** – Assembléia mineralógica da Praia da Parnaioca.

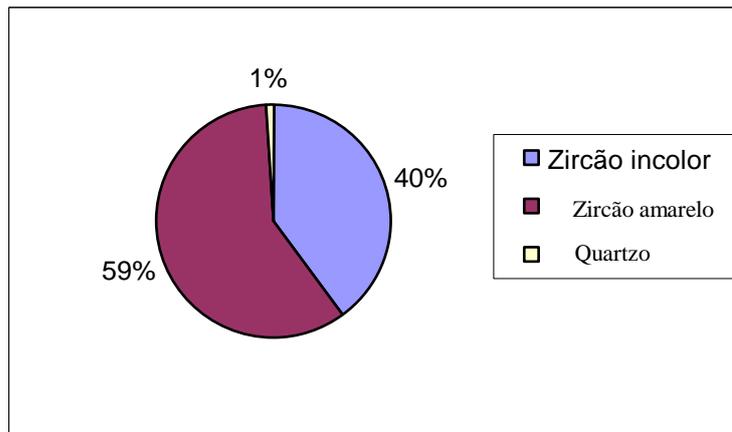


**Figura 9** - Assembléia mineralógica da Praia da Biquinha.

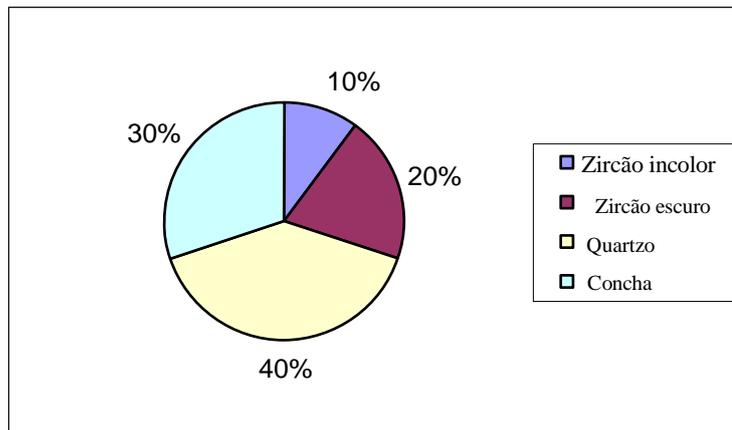
Como se vê nos gráficos acima, o único mineral radioativo presente é o zircão, estando presente em apenas 1 % das amostras de cada praia. Este fato é bastante intrigante pois sua presença nas areias não é tão significativa e ademais o zircão é considerado um mineral pouco radioativo. Porém, como se observa nas fotos 5, 6 e 7, existem duas populações de zircão que são diferenciadas por sua coloração. Uma é incolor e a outra varia de amarelo a marrom.

Essa variação de cor, segundo Deer *et al*, 1966, é devido ao decaimento do tório e do urânio que causa o deslocamento dos átomos pela contração do núcleo, produzindo colapso na estrutura do mineral e conseqüentemente gerando uma estrutura bombardeada de coloração mais escura.

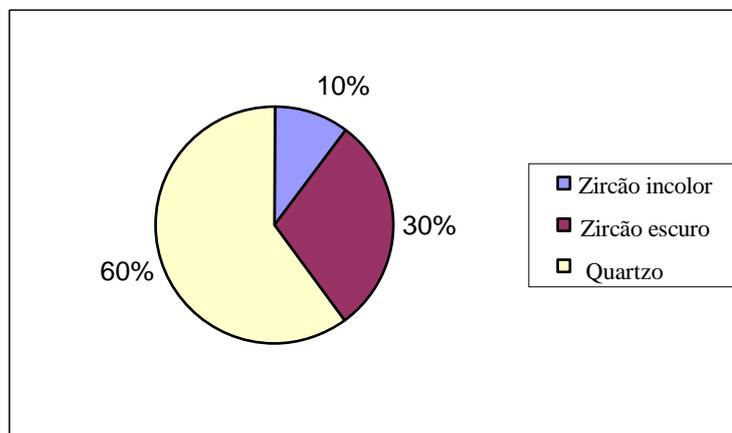
Para tanto, também foram feitos diagramas de pizza (**Figura 10, 11 e 12**) com a representação percentual dos minerais encontrados apenas na fração não magnética que é onde o zircão se faz mais presente, sem levar em consideração minerais como apatita, rutilo e turmalina que também aparecem em quantidades mínimas nesta fração.



**Figura 10:** Gráfico de pizza dos minerais presentes na fração não magnética da Praia Preta.



**Figura 11 -** Gráfico de pizza dos minerais presentes na fração não magnética da Praia da Parnaioca.



**Figura XX -**

**Figura 12 -** Gráfico de pizza dos minerais presentes na fração não magnética da Praia da Biquinha.

### IV. 3. ANÁLISE NO MINERAL-LIGHT

Depois de terem sido feitas análises em lupa binocular e identificado o zircão como o único mineral capaz de emitir radiação, utilizou-se o fenômeno físico da luminescência para constatar a veracidade da análise.

A luminescência corresponde a qualquer tipo de emissão de luz a partir de minerais, que não é originada da incandescência. Geralmente, a intensidade da luminescência é baixa, e portanto, observada apenas no escuro. Existem alguns tipos de luminescência, tais como triboluminescência, termoluminescência, fluorescência e fosforescência (**Tabela 4**).

<u>Luminescência</u>	<u>Energia</u>	<u>Fenômeno físico</u>	<u>Minerais exemplares</u>
Triboluminescência	mecânica	transformação da energia	fluorita, esfalerita, lepidolita
Termoluminescência	calor	liberação da energia já acumulada	fluorita, calcita, apatita
<b>Fluorescência</b>	raios excitantes	transformação da energia	fluorita, <b>zircão</b> , scheelita
Fosforescência	raios excitantes	transformação e acumulação da energia	fluorita, willenita, kunzita

**Tabela 4** – Luminescências observadas nos minerais.

Fonte: [www.motoki.hpg.ig.com.br](http://www.motoki.hpg.ig.com.br)

Como se observa na tabela, dos vários tipos de luminescência, o zircão pode ser identificado através da fluorescência.

A fluorescência é a emissão de luz (ou outros raios eletromagnéticos) que ocorre quando o mineral é exposto aos raios excitantes (raios de alta energia), tais como raio ultravioleta, raios-X, feixe eletrônico e radiação nuclear. A luminescência desaparece imediatamente após a interrupção dos raios excitantes. Este fenômeno corresponde à transformação da energia dos raios excitantes em luz. O comprimento de onda da fluorescência é função de cada mineral e elementos constituintes.

Para tanto, foi utilizado o mineral-light do Laboratório de Identificação de Gemas no CETEM. Este, é um instrumento portátil que gera raio ultravioleta, sendo útil para detectar minerais fluorescentes, tais como fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), zircão ( $\text{ZrSiO}_4$ ), scheelita ( $\text{CaWO}_4$ ), e autunita ( $\text{Ca}(\text{UO}_4)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) e monazita ( $(\text{Ce,La,Th})\text{PO}_4$ ).

Nesta etapa, cada fração separada pelo Frantz de todas as praias estudadas, foi submetida à luz ultravioleta do mineral-light através de ondas curtas e ondas longas.

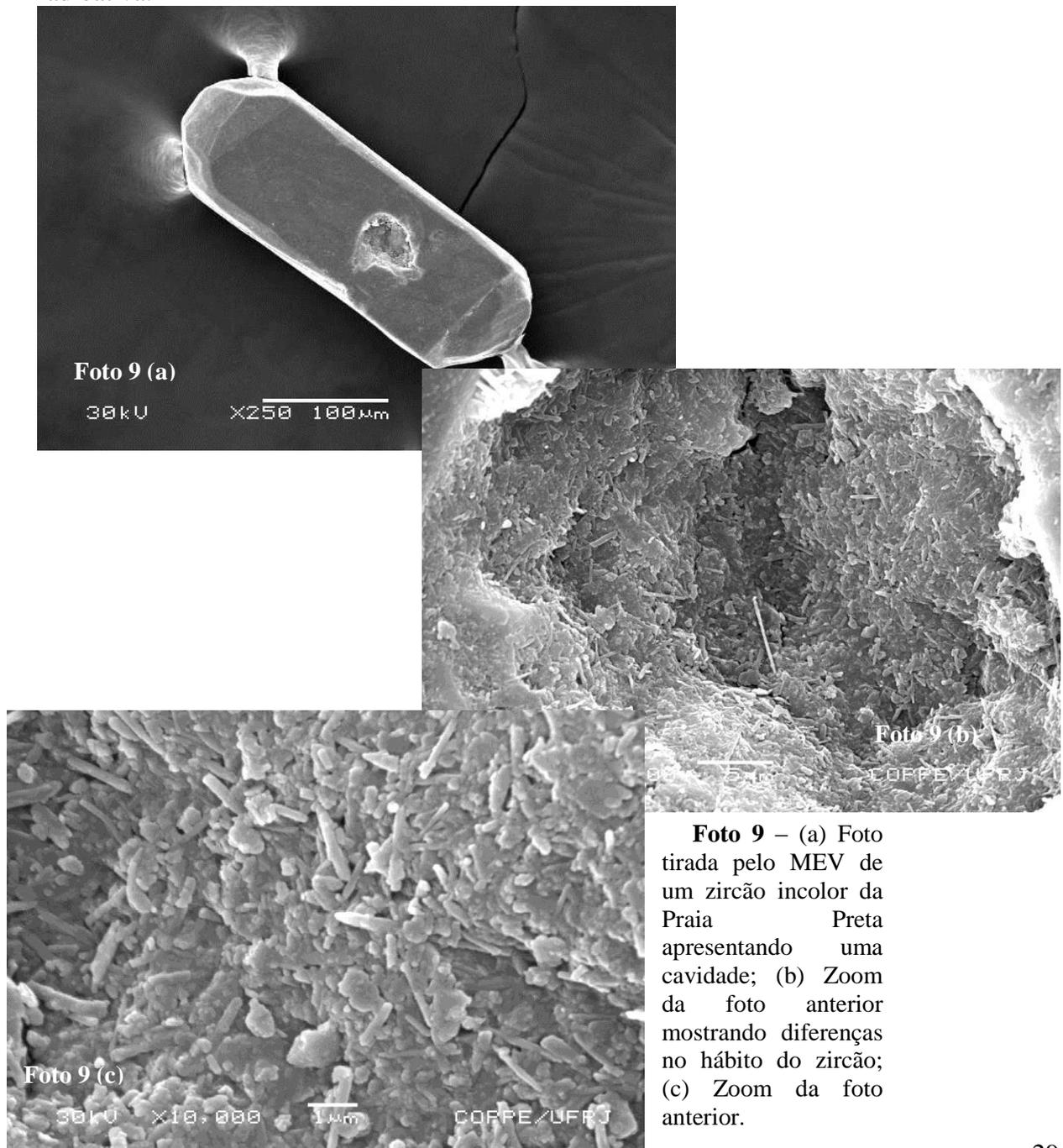
As únicas frações que responderam a essa emissão foram às frações não magnéticas. Como já havia sido previsto, o zircão foi o único mineral que fluoresceu, porém, com o auxílio do microscópio, observou-se que somente o zircão incolor floresceu. Sua fluorescência era mais intensa quando submetidos a ondas curtas que obviamente emitem mais energia.

A cor anômala encontrada foi amarelo-alaranjado que corresponde àquela usual para o zircão segundo Schumann, 2002.

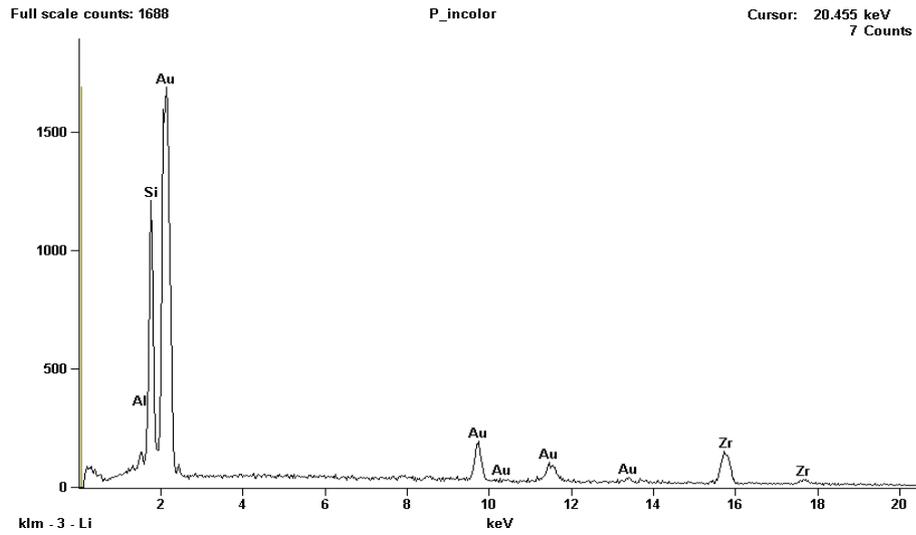
#### IV. 4. ANÁLISE NO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA - MEV

Com o intuito de obter informações sobre as concentrações de tório e urânio nos zircões das areias estudadas, recorreu-se ao microscópio eletrônico de varredura – MEV do Laboratório de Microscopia Eletrônica do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais na COPPE. Este, é um instrumento que muito facilita na análise dos elementos químicos presente nos minerais, além de ser possível tirar fotos de alta qualidade.

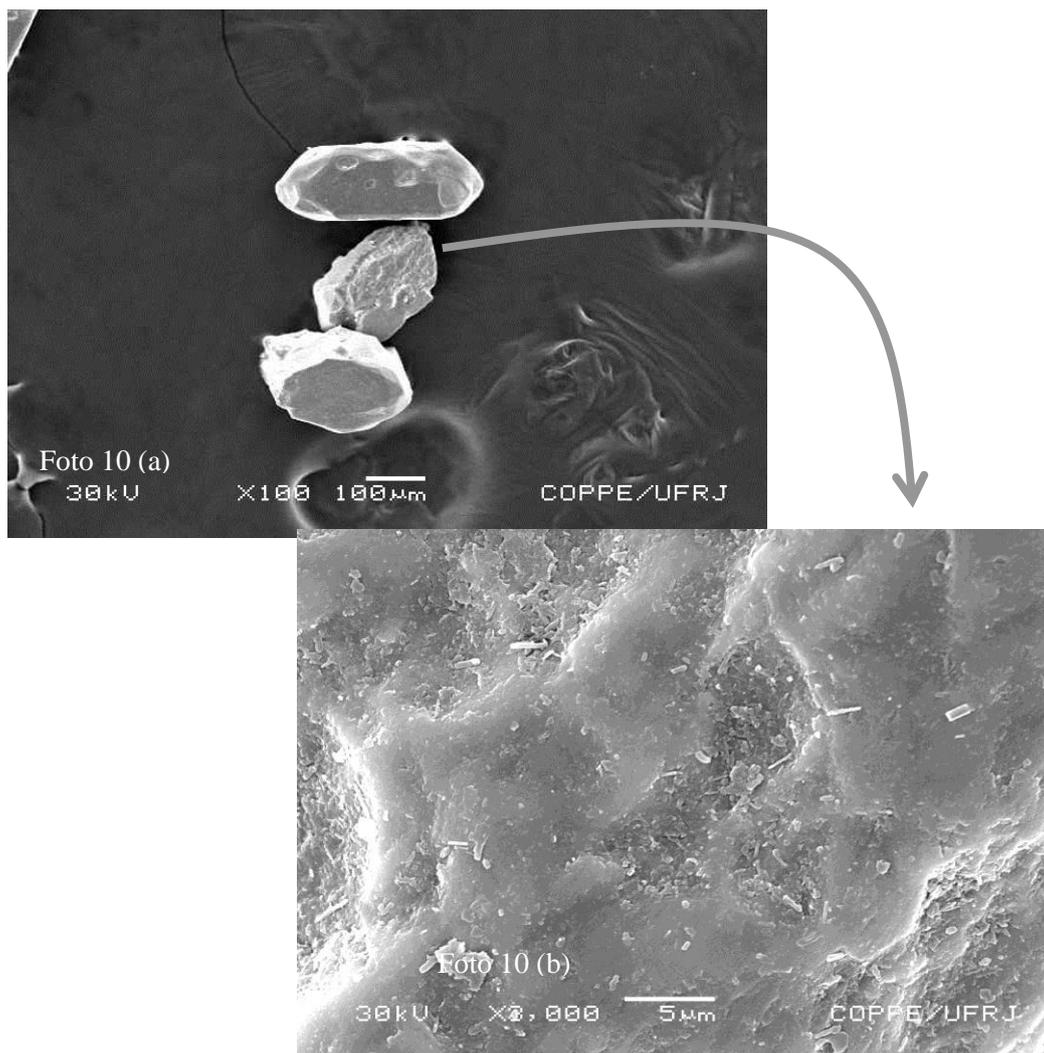
Sabe-se que a quantidade de tório e urânio no zircão é pequena e que o MEV só nos revela o pico de um elemento na análise, quando este se apresenta a partir de 1% no mineral. Com isto, uma vez observado o pico do tório e do urânio, estaria constatada que a presença deles no zircão é de fato acima do normal e que o zircão poderia sem dúvida estar contribuindo para a radiação local. No entanto, pelas análises realizadas, não foram constatados picos anômalos para tório e urânio, o que nos leva a crer em concentrações inferiores a 1%, o que mostra não ser somente o zircão o mineral responsável pela anomalia radioativa.



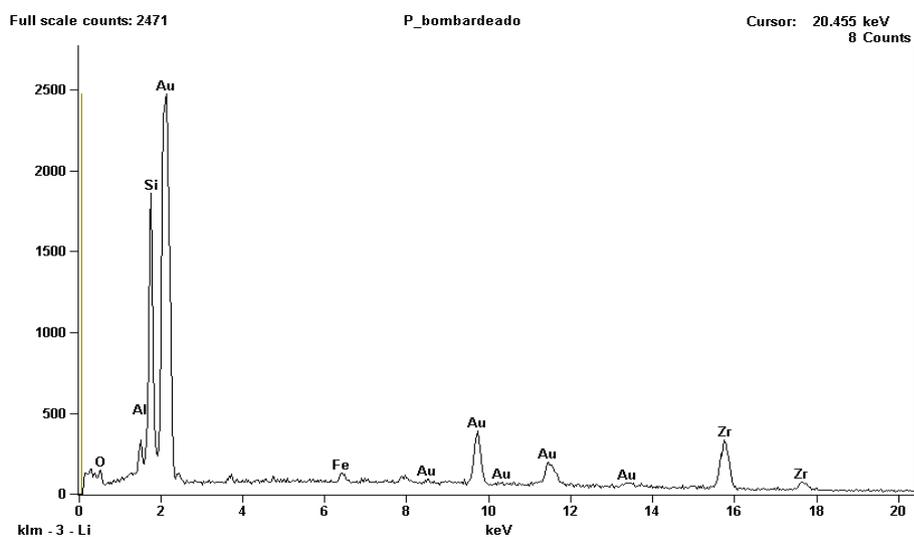
**Foto 9** – (a) Foto tirada pelo MEV de um zircão incolor da Praia Preta apresentando uma cavidade; (b) Zoom da foto anterior mostrando diferenças no hábito do zircão; (c) Zoom da foto anterior.



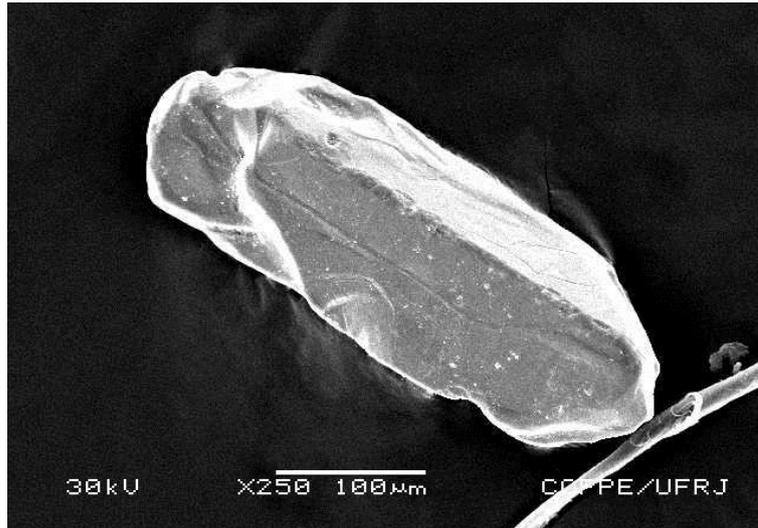
**Figura 13** – Análise feita pelo MEV do zircão incolor da Praia Preta referente à foto 9 (a).



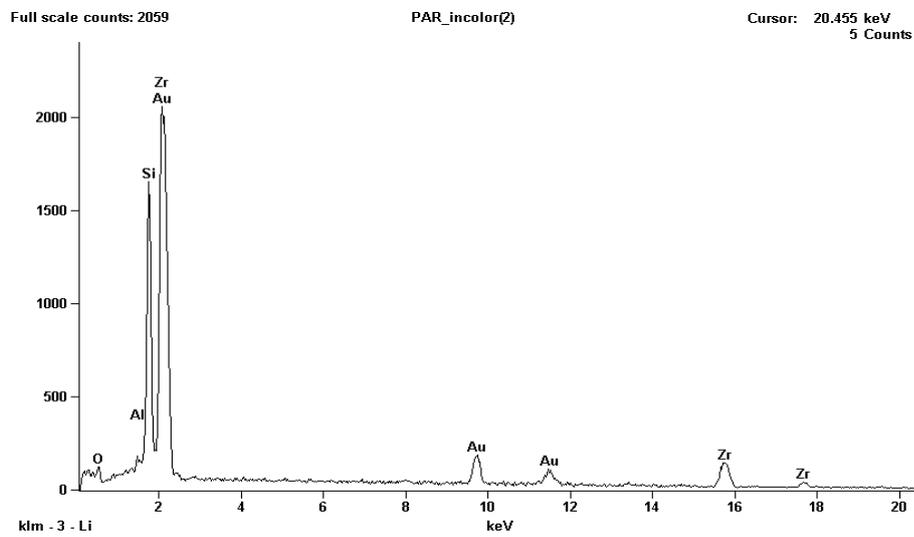
**Foto 10** – (a) Foto tirada pelo MEV do zircão amarelo da Praia Preta; (b) Zoom da foto anterior mostrando a superfície irregular do mineral.



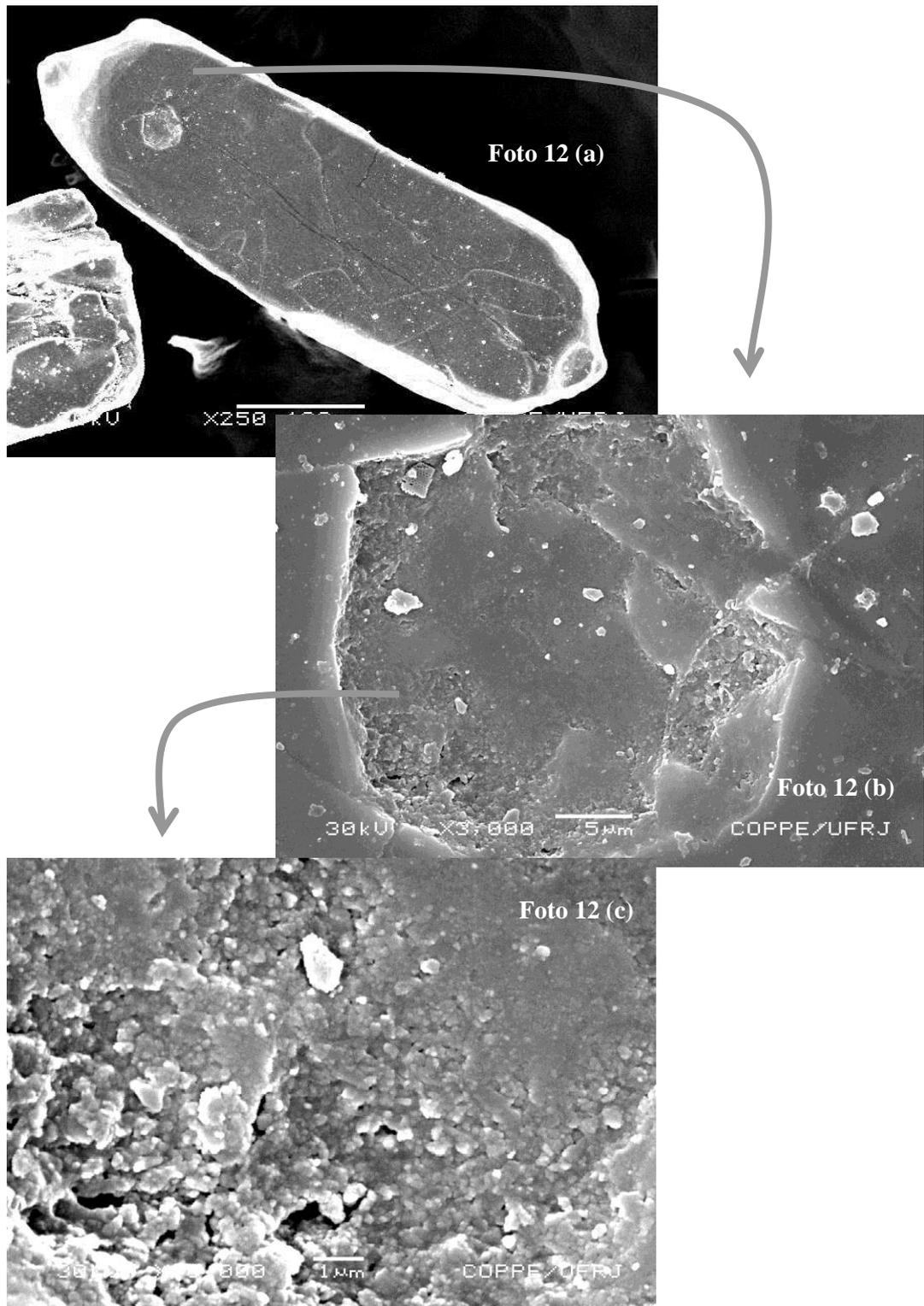
**Figura 14** - Análise feita pelo MEV do zircão amarelo da Praia Preta referente à foto 10 .



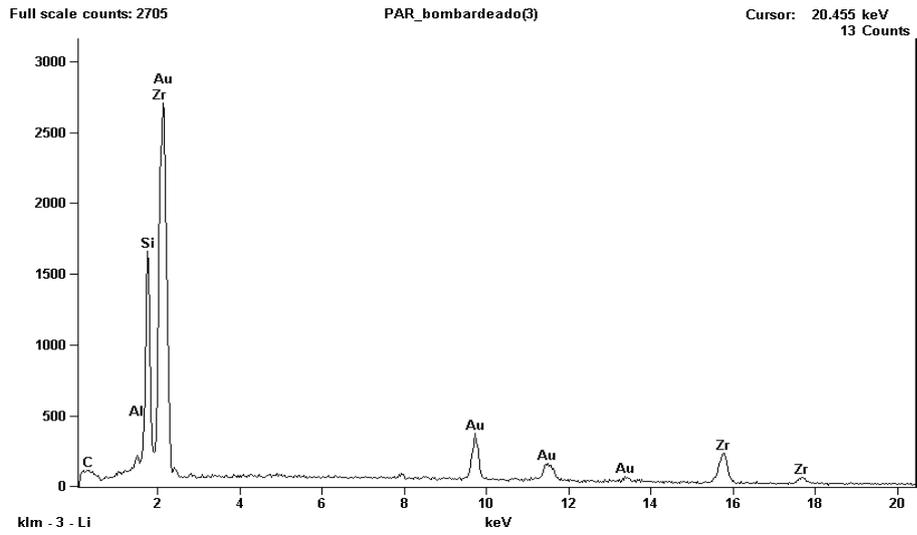
**Foto 11** - Foto tirada pelo MEV do zircão incolor da Praia da Parnaíoca.



**Figura 15** – Análise feita pelo MEV do zircão incolor da Praia da Parnaíoca referente à foto 11.



**Foto 12** – (a) Foto tirada pelo MEV mostrando uma cavidade no zircão amarelo da Praia da Parnaioca; (b) Zoom da foto anterior mostrando o interior da cavidade; (c) Zoom da foto anterior mostrando as diferenças no hábito do zircão.



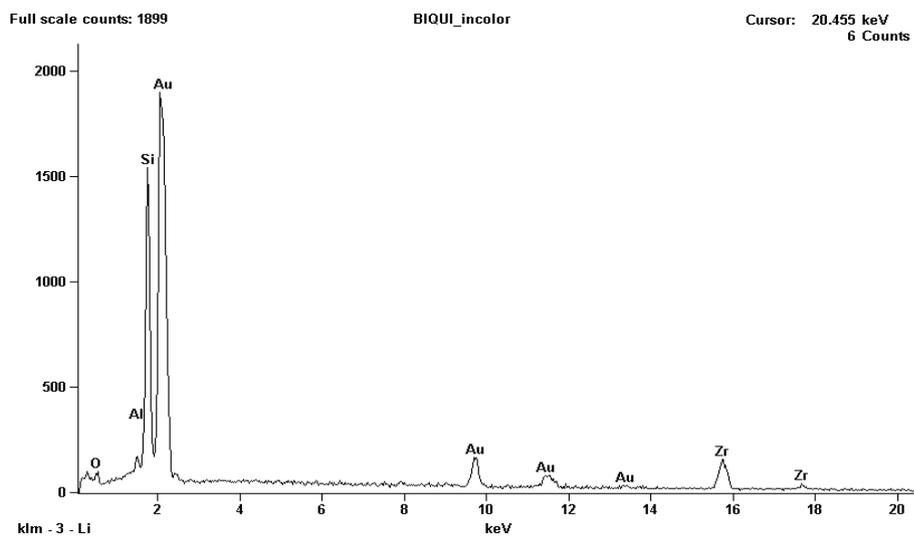
**Figura 16**

feita pelo MEV do zircão amarelo da Praia da Parnaíoca referente à foto 12.

– Análise



**Foto 13** – Foto tirada pelo MEV do zircão incolor da Praia da Biquinha.



**Figura 17** – Análise feita pelo MEV do zircão incolor da Praia da Biquinha referente á foto 13.

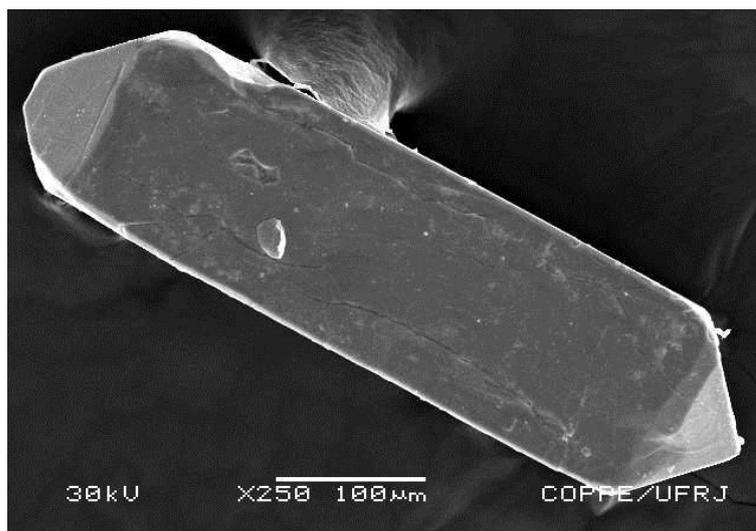


Foto 14 – Foto tirada pelo MEV do zircão amarelo da praia da Biquinha.

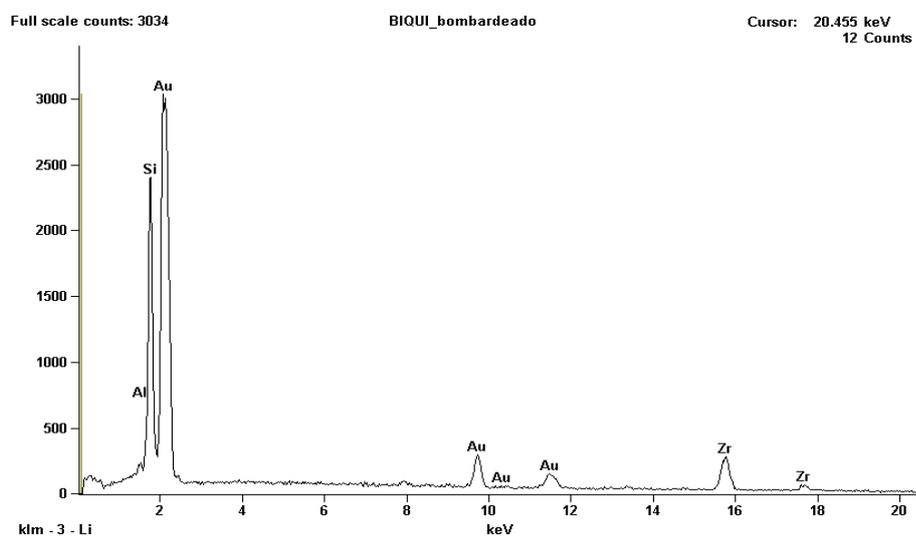


Figura 18 – Análise feita pelo MEV do zircão amarelo da Praia da Biquinha referente à foto 17.

## V. CONCLUSÃO

---

Para dar continuidade ao trabalho realizado por Alencar, 2003, onde foram determinados níveis de referência da taxa de exposição ( $\text{nGy h}^{-1}$ ) das praias da Ilha Grande-RJ, iniciou-se um estudo incansável dos minerais pesados das areias na busca de explicações que pudessem responder a questão da radiação na área.

Porém, dentre as análises realizadas, nenhuma foi satisfatória em afirmar a presença de monazita ou mesmo a contribuição da torita na radiação natural local. Isso porque, durante as análises feitas com o mineral-light, somente cristais de zircão foram capazes de fluorescer e embora o zircão tenha florescido quando submetido ao raio ultravioleta, sugerido a presença de elementos radioativos, na análise do MEV não foi possível observar qualquer pico correspondente ao tório ou urânio, mostrando que a concentração de tório e urânio no zircão é baixa para provocar anomalias tão persistentes. Além de descartar a presença da torita em solução sólida com o zircão.

Sendo assim, conclui-se que a anomalia radioativa não é dada pela mineralogia das areias superficiais (aluviões atuais). Dessa maneira, sugere-se em uma fase posterior, sondagens mais profundas para investigar se tal anomalia é proveniente de alguma camada mais profunda.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, A.S.2003. Mapeamento da radioatividade ambiental em praias arenosas da Ilha Grande, Rio de Janeiro – Brasil. *Dissertação de Mestrado*.
- ATTIX, F. H. & TOCHILIN, E. 1969. Radiation Dosimetry-Sources, Fields, Measurements and Application. Volume III, pp 404-601.
- DANA, E.S. 1932. A textboock of Mineralogy, pp 610-611.
- DEER, HOWIE & ZUSSMAN. 1966 – An Introduction to the Forming Minerals.
- FERNANDES, A.H.S. 2000. Aspectos sedimentológicos e mineralógicos da areia da praia da Areia Preta, município de Guarapari-ES. *In: XX Jornada de Iniciação Científica, CCMN/UFRJ*.
- FERNANDES, A.H.S. 2001. Análise da monazita da praia da Areia Preta por difratometria de raios X e por fluorescência de raios X . *In: XXI Jornada de Iniciação Científica, CCMN/UFRJ*.
- FERNANDES, G. A. 2001. Geologia do terreno oriental da Faixa Ribeira na Baía da Ilha Grande, litoral sul fluminense, RJ. *Dissertação de Mestrado*.
- FONSECA, M.S.1985. Prospecção aluvionar em alguns corpos ultramáficos próximos à cidade de carrancas, Sul do estado de Minas Gerais. *Relatório Final de Estágio de Campo IV*.
- HEILBRON, M & MACHADO, N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic – Eopaleozoic Ribeira orogen (se Brazil). *Precambrian Research* 125 (2003), 87-100.
- MANGE, M. A & MAURER, H. F. 1992. Heavy Minerals in colour.
- MOURA, J.C.; WALLFASS, C.M. & BOSSEW, P. 2002. Health hazards of radioactive sands along the coast of Espírito Santo/Brazil, pp127-135.
- MOURA, J.C.; WALLFASS, C.M., WLEDERMANN, C.M., LUDKA, I. P., MENDES, J.C., WESTRENN, W. & NASCIMENTO, R.C.C. Environmental geochemistry: radiometry and radiology of the monazitic sand in the Areia Preta beach, Guarapari – Es, Brazil. 1998. *Rev. Escola Minas Ouro Preto*, 51 (3): 72-75.
- PARFENOFF, A.; POMEROL.C & TOURENQ, J.1970. Les mineraux en grains. Paris, Masson et cie., 80p.
- ROSER, F.X. & CULLEN, T.L. 1952. Radioactive Product in the Soil and in the Atmosphere. Comissão Nacional de Energia Nuclear.

SANTOS, P.F.2002 – Estudo dos minerais pesados em sedimentos cenozóicos da porção continental emersa adjacente à Bacia de Campos, RJ. *Relatório Técnico-científico (PIBIC/CNPq)*.

SCHUMANN, W.2002. Gemas do Mundo, p108.

[www.ilhagrandeon.com.br](http://www.ilhagrandeon.com.br)

[www.motoki.hpg.ig.com.br](http://www.motoki.hpg.ig.com.br)

[www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br](http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br)