

CARACTERIZAÇÃO DE MINERAIS PESADOS E AVALIAÇÃO DA RADIOATIVIDADE NATURAL EM SEDIMENTOS PRAIAIS DE ACAÚ, CARNE DE VACA E PONTA DE PEDRAS, LITORAL NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Patrícia Pereira de França¹
Lúcia Maria Mafra Valença^{1, 2}
João Adauto de Souza Neto^{1, 2}

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFPE, patyy.franca@gmail.com

²Departamento de Geologia, UFPE, lmv@ufpe.br, adauto@ufpe.br

RESUMO

Os minerais pesados são assim denominados em razão de sua maior densidade em relação aos minerais comuns. O peso específico desses minerais é maior que dos feldspatos e do quartzo, cujos valores são de aproximadamente 2,6 g/cm³. São oriundos de rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares e tendem a se concentrar nas praias em áreas de erosão. Este estudo tem por objetivo caracterizar os minerais pesados que se acumularam nos sedimentos praias da área estuarina do Rio Goiana nos trechos ao sul (Carne de Vaca e Ponta de Pedras, Estado de Pernambuco) e ao norte (Acaú, Estado da Paraíba), bem como avaliar a radioatividade natural desses sedimentos, dado o fato que potencialmente alguns desses minerais possuem elementos radioativos. Os minerais pesados identificados (com percentual de abundância relativa) nas três praias foram Ilmenita, Zircão, Turmalina e Cianita. Outros ocorrem em determinadas praias como o Epidoto em Ponta de Pedras e Rutilo em Carne de Vaca. Os valores da radioatividade natural medida *in situ* foram maiores em Ponta de Pedras chegando a medir 300-350 cps e o menores valores em Acaú. Do ponto de vista das fontes indicadas pelas assembleias de minerais pesados, pode se dizer que alguns dos minerais investigados são de origem ígnea e responsáveis pela radioatividade natural, como o Zircão e o Xenotímio já que esses apresentaram elementos como U e Th em sua composição.

Palavras chave: Sedimentos Praias, minerais pesados, radioatividade, litoral norte de Pernambuco.

ABSTRACT

The heavy minerals are so named because of its higher density compared to common minerals. The specific weight of these minerals is greater than the feldspar and quartz, whose values are approximately 2.6 g / cm³. They are derived from igneous, metamorphic or sedimentary and tend to be concentrated in sediments from beaches in areas of erosion. This study aims to characterize the heavy minerals that have accumulated in the beach deposits of the estuary area of the Goiana river in its southern (Carne of Vaca and Ponta of Pedras, State of Pernambuco) and northern portions (Acaú, State of Paraíba) as well as evaluate the natural radioactivity of these sediments, given the fact that some of these minerals have potentially radioactive elements. The heavy minerals identified (in order of percentage of relative abundance) in the three beaches were Ilmenite, Zircon, Tourmaline and Kyanite. Epidote is present Ponta de Pedras beach and rutile in Carne de Vaca. Values of natural radioactivity measured *in situ* were

higher in Ponta de Pedras varying from 300-350 cps and lower values in Acaú. Based on the heavy minerals assemblages, it is possible to say that some of the minerals investigated are of igneous origin and responsible for natural radioactivity such as Zircon and Xenotime, considering that they have U and Th in their composition.

Keywords: Beach sediments, heavy minerals, radioactivity, northern littoral of Pernambuco..

INTRODUÇÃO

A área estudada abrange as praias situadas ao sul (Carne de Vaca e Ponta de Pedras, Estado de Pernambuco) e ao norte (Acaú, Estado da Paraíba) da desembocadura do Rio Goiana, onde foram realizados 12 pontos de coleta com um total de 19 amostras (Fig. 1). Esse sistema estuarino está situado no extremo norte

do Estado de Pernambuco, limite com a Paraíba e entre os paralelos 7° 32' e 7° 35' latitude sul e os meridianos 34° 50' e 34° 58' longitude oeste. É formado pelos rios Goiana, Megaó e São Lourenço, localizados inteiramente nele.

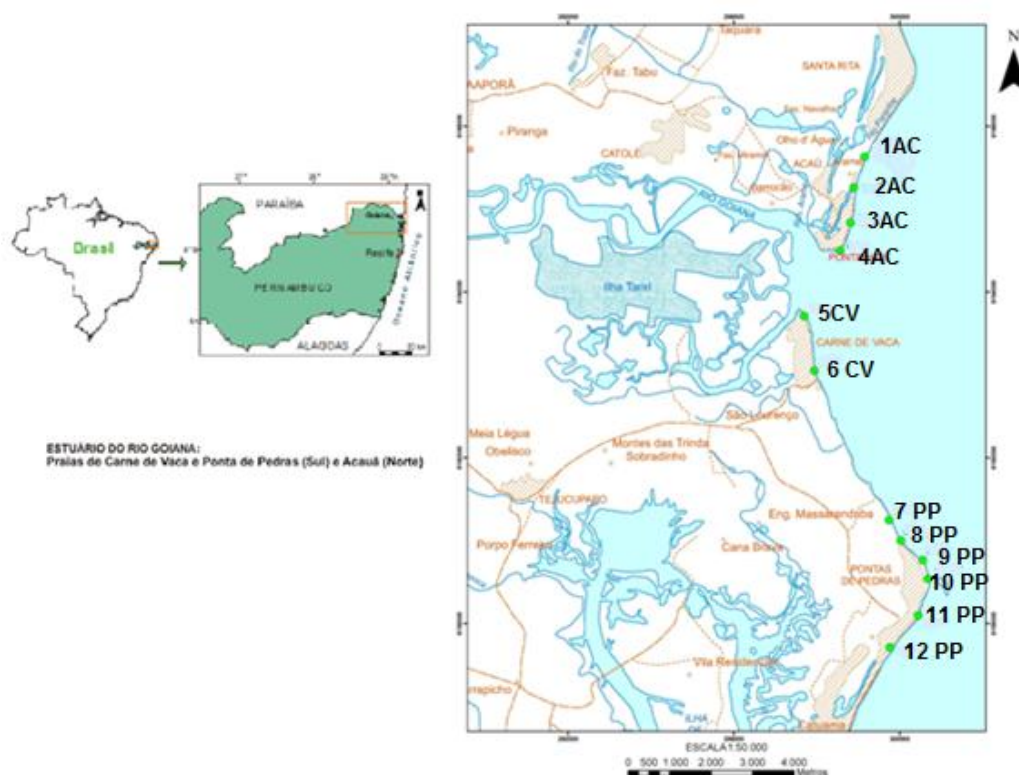


Figura 1. Localização da área de estudo situada ao sul (Carne de Vaca e Ponta de Pedras, Estado de Pernambuco) e ao norte (Acaú, Estado da Paraíba) da desembocadura do Rio Goiana e a distribuição das estações de coleta de amostras de sedimentos praias e medida da radioatividade natural.

A região estudada está localizada na sub-bacia Olinda, definida originalmente por Mabesoone e

Alheiros (1988). Nesta bacia, a sequência sedimentar é formada pelos arenitos da Formação

Beberibe/Itamaracá, pelos calcarenitos fossilíferos da Formação Gramame, por rochas e sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras e por sedimentos quaternários que ocupam a planície costeira. Os compartimentos geomorfológicos encontrados na região são os Tabuleiros, formados pelo material sedimentar do Grupo Barreiras e a planície costeira (sedimentos quaternários). Essas planícies litorâneas ou costeiras ocorrem em uma faixa estreita ao longo do litoral, formando praias arenosas que se adelgamam em alguns trechos, onde fazem contato com as falésias da Formação Barreiras.

Este trabalho tem como objetivo caracterizar os minerais pesados que se acumulam nos sedimentos praias da área estuarina, bem como avaliar o risco ambiental provocado pela radioatividade natural que potencialmente alguns desses minerais possuem. Além de identificar possíveis fontes desses minerais na área de estudo.

Os minerais detríticos, particularmente os pesados, vêm sendo usados como elementos chave para identificação da natureza da rocha fonte, visto que os mesmos ocorrem usualmente como acessórios (< 5 % em volume) nas rochas, e o tipo de mineral chega a ser indicador do tipo de rocha. Além disso, a deposição e distribuição desses minerais na área de sedimentação podem ser utilizadas como indicativos das direções das correntes preferenciais do transporte sedimentar.

MATÉRIAS E MÉTODOS

Os trabalhos de campo consistiram na seleção prévia de locais de amostragem, onde foram estrategicamente escolhidos locais com fácies arenosas localizadas geralmente nas bermas das praias investigadas, indicadas pela presença de vegetação, sendo consideradas mais propícias à obtenção

de quantidades necessárias de minerais pesados, e mais preservados da ação contínua do mar atual.

As amostras foram coletadas ao longo do estirâncio e distribuídas a cada 1 Km ou a cada 800 m, de espaçamento de uma estação de amostragem à outra. Para a coleta foram utilizados uma peneira (metálica) de 2,0 mm de abertura, três pás plásticas, duas bateias (metálicas) para a pré-concentração *in situ* dos minerais pesados, sacos plásticos para armazenamento do material resultante do bateamento, além de etiquetas, lupa de mão e uma trena. Foi também usado um cintilômetro portátil para análise radiométrica *in situ* (contagem total, na unidade de contagem por segundo (cps)). As siglas para cada estação de amostragem receberam as iniciais das praias próximas correspondentes (AC para Acaú, CV para Carne de Vaca e PP para Ponta de Pedras), e a numeração das amostras seguiu o sentido do percurso de amostragem em três campanhas realizadas.

Em laboratório as amostras foram lavadas para retirada do sal e secas à temperatura ambiente. Em todas as amostras foram identificados os minerais pesados com auxílio de lupa binocular e guias de determinação de minerais em grãos, tais como Pereira (2005). A partir dessa identificação, foram selecionados tipos de minerais representativos para observações e imageamento (até 350.000 vezes) e análises químicas qualitativas pontuais (1-5 micrômetros) no microscópio eletrônico de varredura (MEV), com espectrômetro de comprimento de onda (WDS) acoplado, no Laboratório de Dispositivos e Nanoestruturas (LDN) da UFPE.

RESULTADOS

Em Acaú foram escolhidos 4 estações de amostragem com um total

de 6 amostras (Fig. 2). Na primeira a amostra **1AC** foi coletada na parte superior do estirâncio a 3cm de profundidade do topo. Essa amostra possui predominância de sedimentos finos (estimativa visual), apresentou uma radiação de 10-15 cps no local de amostragem. A amostra **2AC** foi retirada no Estirâncio Superior à profundidade de 46 cm do topo para baixo, apresenta níveis de minerais pesados com uma predominância de sedimentos mais arenosos, e apresentou uma radiação de 10-15 cps.

A estação de amostragem **3AC-a** foi coletada na superfície do estirâncio inferior próximo ao estuário, enquanto que a amostra **3AC-b** foi coletada a 12 cm de profundidade topo para baixo, próximo a parte superior do estirâncio, tendo seu nível de minerais pesados um

aspecto ondulado. Nesta estação nenhuma das duas amostras apresentou níveis de radiação.

A amostra **4AC-a** foi coletada a 50 metros do banco de areia, não tendo sido detectado nenhum grau de radioatividade. Esta amostra localizada próxima à desembocadura do estuário apresentando por isso uma concentração de matéria orgânica relativamente elevada. A **4AC-b** foi coletada na faixa de transição entre a pós-praia e o estirâncio, localizado em uma pequena barreira onde foi feito uma trincheira e verificado a existência de dois níveis de concentração de minerais pesados: um a 56 cm e outro a 62 cm do topo para baixo, uniformemente. Cada um desses níveis medindo 2 mm de espessura e sem apresentar níveis de radiação detectáveis.

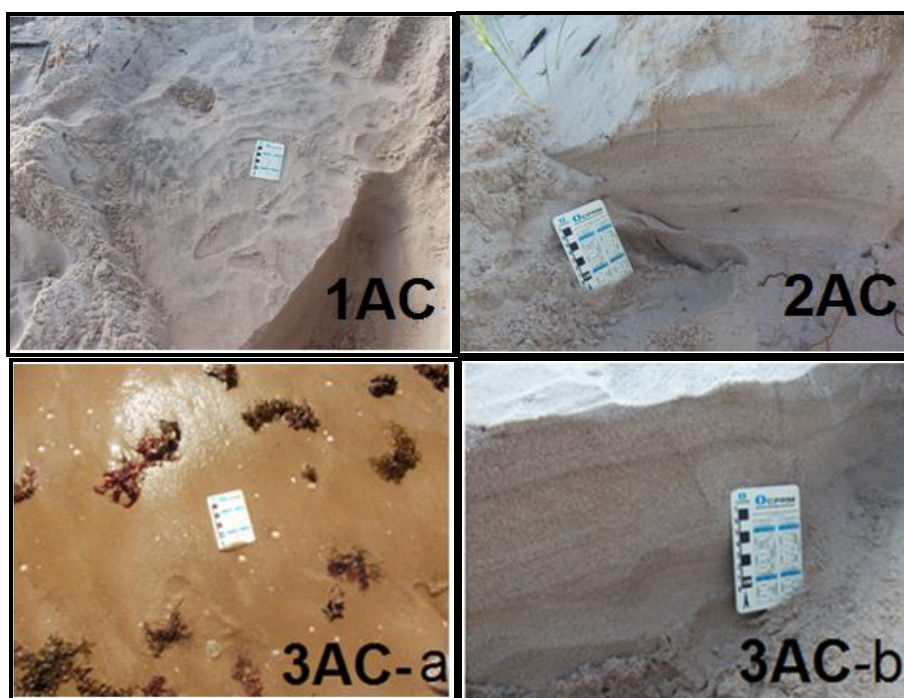




Figura 2. Aspectos gerais das estações de amostragem e dos níveis de minerais pesados estudados na Praia de Acaú.

Em Carne de Vaca foram feitas duas estações de coleta (Fig. 3): a **5 CV** apresentava o primeiro nível de minerais pesados a 22 cm e outro nível a 33 cm do topo para baixo. Os níveis de radiação chegavam a 25-30 cps nos dois níveis. A base deste perfil sedimentar nessa estação apresentava uma concentração relativamente mais

elevada de matéria orgânica. O ponto **6CV** apresentava um nível de minerais pesados 10 cm do topo para baixo chegando a atingir 20 cps de radiação total. Este perfil apresentava um sedimento mais fino no topo e um sedimento mais grosso na base, e com uma coloração mais avermelhada.

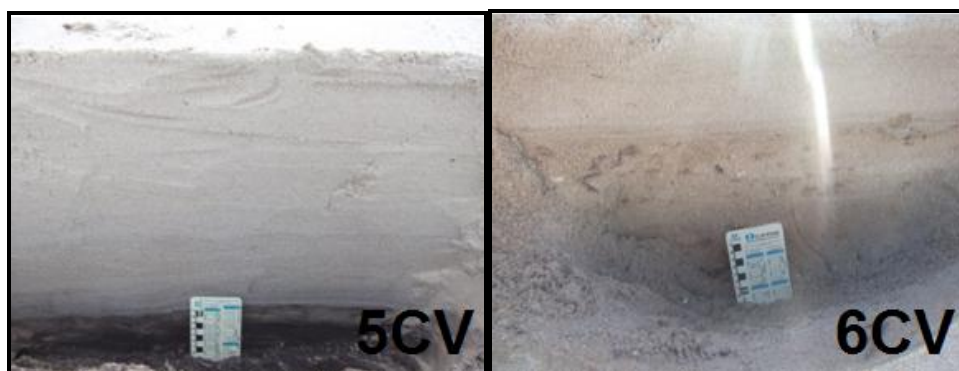


Figura 3. Aspectos gerais das estações de amostragem e dos níveis de minerais pesados estudados na Praia de Carne de Vaca.

Em Ponta de Pedras foram coletadas amostras em 6 estações de amostragem (Figura 04). A primeira **7PP-a** estava na base do conglomerado da falésia, constituída por material sedimentar da Formação Barreiras, onde apresentou análise radiométrica de 100-120 CPS. A **7PP-b** localizada na superfície, a 2m de distância aproximadamente da falésia, onde se observou a presença de um sedimento fino de coloração avermelhada (provável acumulação de Fe), mostrando radiação máxima de 60 cps.

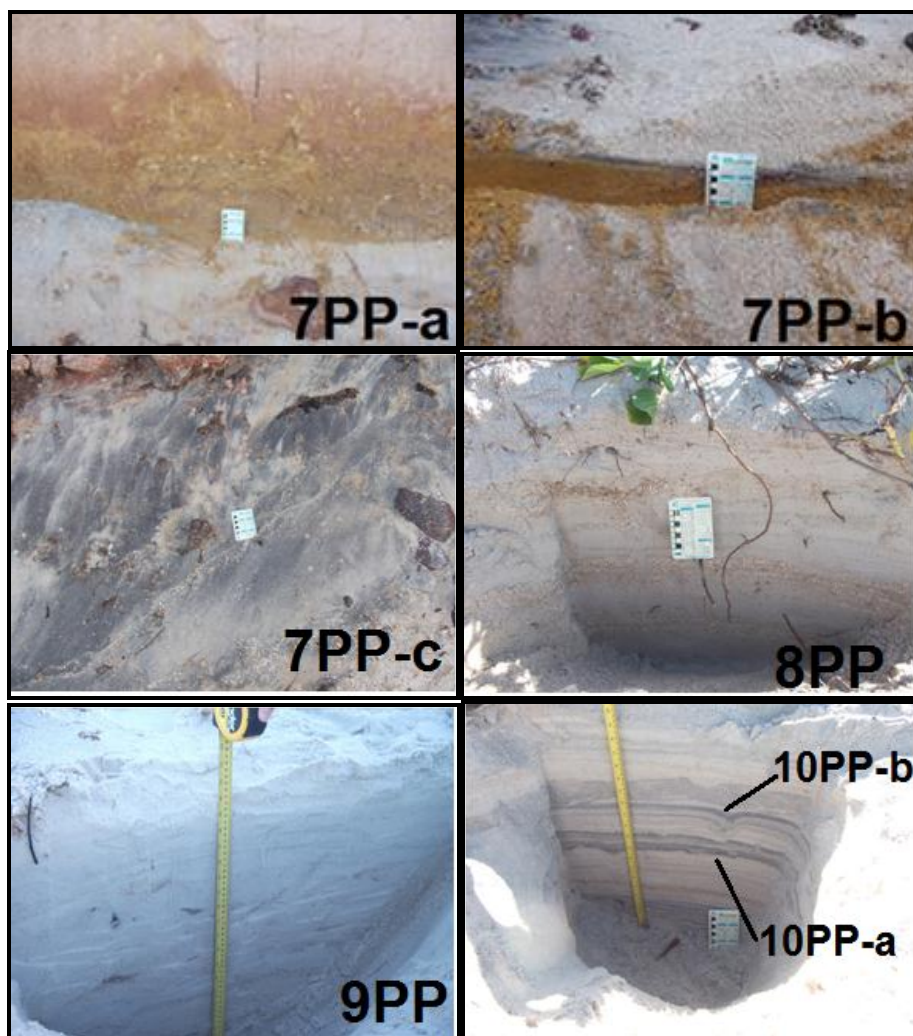
Na estação **7PP-c**, que onde se mediu 250 cps, houve apenas análise radiométrica, não tendo sido coletado nenhum material.

O material do perfil sedimentar da estação de amostragem **8PP** não apresentava minerais pesados, apenas três níveis com concentração relativamente anômala de fragmentos de calcário provenientes de algas marinhas no perfil intercalado entre níveis de sedimentos mais finos. A Amostra **9PP** foi coletada no estirâncio médio, com

12 cm do topo para baixo. A análise radiométrica *in situ* foi de 20-25 cps.

A amostra **10PP-a** foi retirada a 34 cm do topo para baixo e de um nível relativamente mais enriquecido em minerais pesados com 4 cm de espessura. Apresentou 100-110 cps na análise radiométrica *in situ*. A amostra **10PP-b** foi retirada a 22 cm do topo para baixo, de um nível com 2 cm de espessura, no estrâncio médio e apresentou 100-120 cps na análise radiométrica. Amostra **11PP-a** foi retirada a 5 cm do topo para baixo, de um nível que apresentava 11 cm de espessura e apresentava 280-300 cps na análise radiométrica *in situ*. A Amostra

11PP-b foi retirada a 29 cm do topo para baixo, e de um nível medindo 5 cm de espessura que apresentava *in situ* 280-350 cps na análise radiométrica. A estação **11PP** foi aquela que apresentou os níveis de radiação relativamente mais elevados nesta investigação. O último ponto de coleta **12PP** foi localizado no estrâncio médio, tendo amostras provenientes de dois níveis relativamente mais enriquecidos em minerais pesados: o primeiro nível a 40 cm e o segundo a 12cm de profundidade (do topo para a base do perfil sedimentar). O primeiro nível **12PP-a** apresentava 50 cps e o segundo nível **12PP-b** 80 cps.



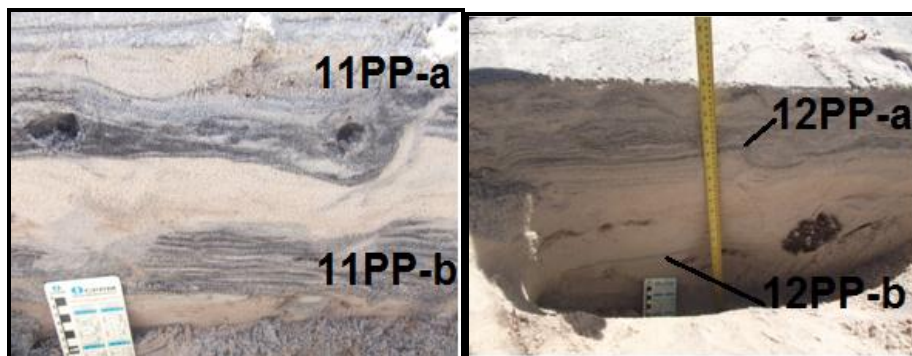


Figura 4. Aspectos gerais das estações de amostragem e dos níveis de minerais pesados estudados na Praia de Ponta de Pedras.

Segundo os dados obtidos em campo e ilustrado no gráfico abaixo (Fig. 5) nota-se uma ausência de radiação nas estações 3AC e 4AC correspondente as Praias de Acaú. Observa-se que os valores da radiação total crescem à medida que se afasta do estuário e se aproxima da Praia de Ponta de Pedras, onde se observou os mais

elevados (300 e 350 cps) níveis de radiação (estação de amostragem 11PP). As amostras da estação 7PP, localizados próximos ao local de ocorrência do material da Formação Barreira, junto à falésia, também apresentaram índices elevados de radiação, principalmente no ponto 7PP-c (250 cps).

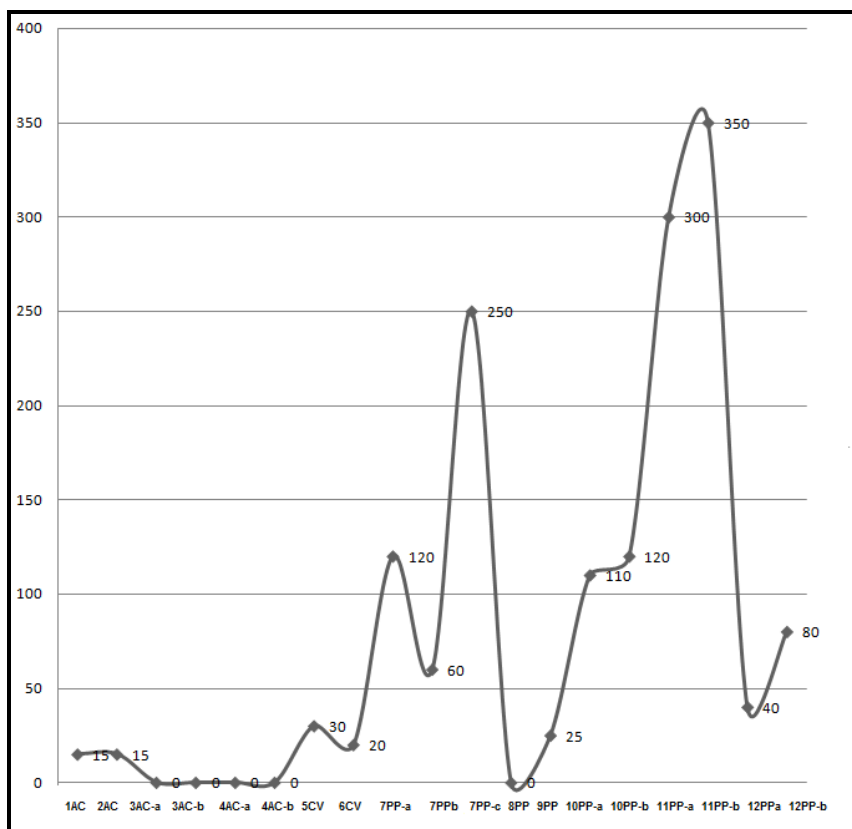


Figura 5. Distribuição dos valores de radiação total (em cps) em todas as estações de amostragens nas praias de Acaú, Carne de Vaca e Ponta de Pedras.

Os minerais pesados encontrados nas amostras investigadas

foram Ilmenita (FeTiO_3); Cianita (Al_2SiO_5); Zircão (ZrSiO_4); Turmalina

(Na, Ca) (Mg, Al, Li)₃ (Al, Fe, Mn)₆ (BO₃)₃ (Si₆O₁₈)(OH)₄; Epidoto (Ca₂(Al, Fe)Al₂Si₃O₁₂(OH)); Rutilo (TiO₂); Estauroлита (Fe⁺², Mg)₂ (Al, Fe⁺³)₉O₆(SiO₄)₄(O, OH)₂; Granada (Piropo) (Mg₃Al₂(SiO)₄; Silimanita (Al₂SiO₅); Espodumênio (LiAlSi₂O₆), Xenotímio (YPO₄) (Tabela 01). Com base nesses dados, observa-se que o xenotímio é encontrado nas estações de amostragem onde registrou-se os mais elevados valores de radiação total, como as estações 7PP-a (120 cps) e 11PP (300 e 350 cps).

A maior quantidade e variedade de Zircão foram encontradas na amostra (7PP-a) coletada diretamente da base do conglomerado da Formação Barreiras, outro detalhe a se considerar é que

todos os minerais identificados na área foram encontrados em conjunto nessa amostra. A amostra (7PP-b) localizada a 2m de distância da Formação Barreiras apresentou a segunda maior variedade de minerais das amostras. Na estação (7PP-c) foi realizada apenas análise radiométrica não tendo sido coletado o material, pois esse se encontrava exposto e por isso pouco preservado. As amostras da Praia de Acaú apresentaram sedimentos ricos em Ilmenita e Quartzo, enquanto aquelas oriundas da Praia de Carne de Vaca, apresentou sedimentos praias enriquecidos em Ilmenita, além de uma expressiva quantidade de Cianita compara às outras amostras investigadas nas demais praias.

Tabela 1. Abundância dos minerais pesados encontrados nas amostras de sedimentos praias de Acaú, Carne de Vaca e Ponta de Pedras. Dados em % (estimativa visual).

Amostras	Ilm	Ky	Zrn	Tur	Ep	Rt	St	Gr	Sil	Esp	Xen
1AC	40-45	n.o	5-10	5-10	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
2AC	50-53	n.o	5-10	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	0-5	n.o	n.o
3AC-a	5-10	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
3AC-b	30-35	n.o	n.o	5-10	n.o	n.o	n.o	n.o	5-10	n.o	n.o
4AC-a	15-20	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
4AC-b	15-20	5-10	n.o	10-15	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
5CV	10-15	15-20	n.o	5-10	n.o	5-10	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
6CV	30-35	15-20	5-10	5-10	n.o	5-10	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
7PP-a	20-25	5-10	15-20	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	0-5	0-5
7PP-b	30-35	10-15	5-10	5-10	10-15	5-10	n.o	n.o	0-5	n.o	n.o
7PP-c	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
8PP	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
9PP	20-25	5-10	n.o	5-10	n.o	n.o	5-10	n.o	n.o	n.o	n.o
10PP-a	15-20	10-15	n.o	n.o	n.o	0-5	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
10PP-b	20-25	10-15	n.o	n.o	10-15	5-6	5-10	n.o	n.o	n.o	n.o
11PP-a	20-25	10-15	10-15	5-10	10-15	5-10	5-10	5-10	n.o	n.o	0-5
11PP-b	20-25	10-15	15-20	10-15	15-20	5-10	5-10	5-10	n.o	5-10	0-5
12PP-a	20-25	10-15	10-15	0-5	10-15	0-5	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
12PP-b	20-25	5-10	5-10	0-5	5-10	5-10	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o

n.o não observado

Nas amostras investigadas neste trabalho a maior parte dos zircões apresentou hábito prismático alongado, com terminações bipiramidais. As formas variavam de subesféricas,

ovóides até irregulares, com cores que vão do rosa ao castanho escuro.

Os que possuem hábito prismático são provavelmente de origem magmáticas, enquanto os metamórficos tendem a apresentar

formas mais arredondadas e zoneamentos mais sutis, provavelmente devido à sua origem sedimentar primitiva (Suguiú 2003). Alguns grãos de zircão observados apresentaram feições de dissolução química e desgaste físico, sendo que alguns apresentaram-se em forma particular com 24 arestas (Fig. 6).

Zircões metamórficos, em geral, possuem terminações arredondadas, enquanto os de rochas de alto grau metamórfico tendem a formas ovóides. Os ígneos são usualmente euédricos, com forte zoneamento composicional. A alta resistência física (dureza alta, ausência de clivagem) e sua grande estabilidade química, tornam o zircão um mineral frequente em rochas sedimentares detríticas. Por isso, as formas bem arredondadas sugerem que as fontes mais próximas para esse mineral sejam rochas sedimentares pré-existentes (Hoskin & Black 2000).

Com base nisto, na área estudada pode-se considerar que os zircões encontrados são de provável origem magmática. Alguns com terminações mais arredondadas, no entanto provêm de rochas metamórficas.

O rutilo (TiO_2) (Fig. 6) apresenta-se no material investigado como prisma fortemente estriado paralelamente ao eixo principal, geralmente terminado em bipirâmide, alguns com geminação em cotovelo. Com tendência a conservar o formato euédrico, devido à dureza, com algumas arestas progressivamente arredondadas, fratura subconchoidal (Fig. 6), brilho metálico, suas cores variam de preto (opacos) a vermelho sangue. Muito comum em areias pela sua resistência, sendo um dos minerais-índice de maturidade sedimentar (ZTR, Zircão, Turmalina e Rutilo), Morton & Hallswort (1994).

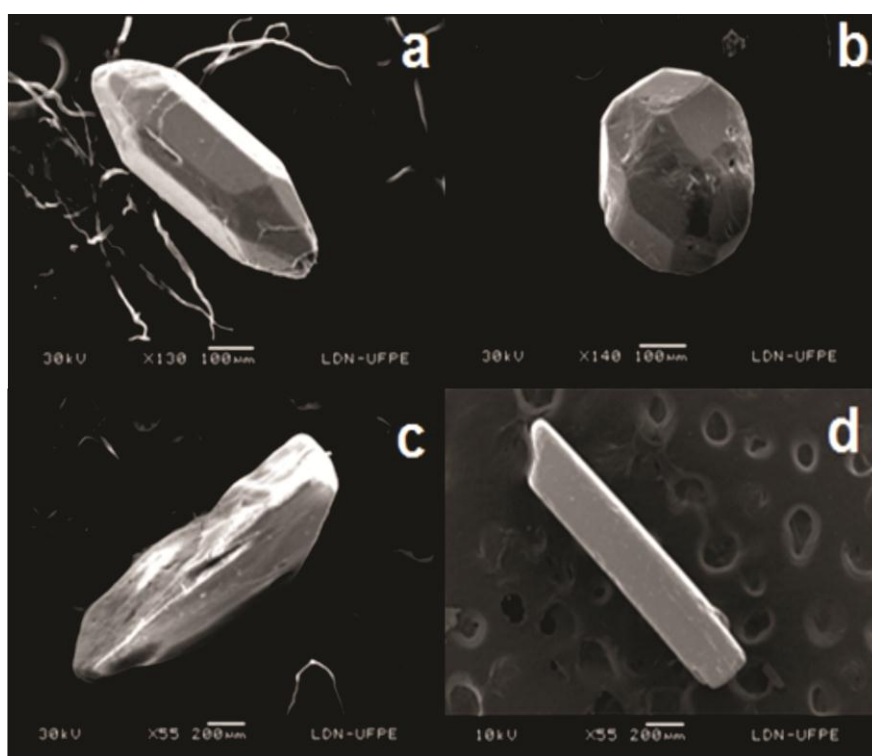


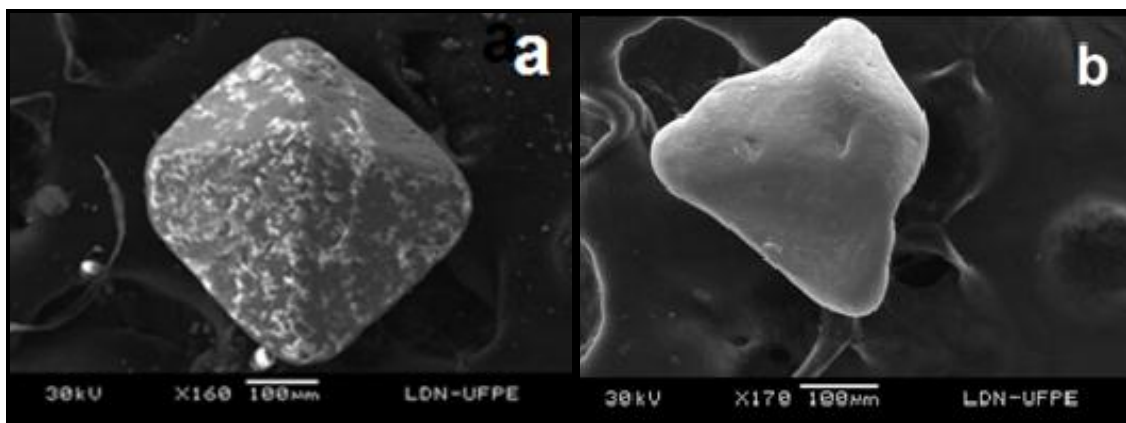
Figura 6. Imagens do MEV de Zircão. (a) de coloração creme com feições de dissolução química e desgaste físico (Amostra 11PP-b). (b) de coloração rosa em cristal com 24 arestas (Amostra 7PP-a; foi detectada traços de Th por MEV-WDS). Rutilo. (c) de coloração vermelho escuro a preto apresentado geminação em cotovelo (Amostra 11PP-a). Rutilo (d) de coloração vermelha (Amostra 7PP-a ; foram detectado traços de Y e Fe por MEV-WDS).

Xenotímio (YPO_4) é um mineral raro, nas amostras estudadas foram identificados grãos bipiramidais (Fig. 07), com terminação tetragonal dupla e clivagem longitudinal. As superfícies observadas nestes grãos são tipicamente ásperas, irregulares e corroídas por alteração. Sua cor varia de castanho, castanho amarelado a castanho e esverdeado.

O espodumênio tem uma composição química formada por silicato de lítio e alumínio ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$), e trata-se de um mineral transparente a translúcido, e com sistema cristalino monoclinico. É encontrado nas amostras investigadas como cristais prismáticos achatados (Fig. 7), e com faces estriadas verticalmente. Geralmente de coloração esbranquiçada a tons de creme claro.

O epidoto $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$, ocorre nas amostras como grãos com presença de fraturas conchoidais, atingindo um elevado grau de arredondamento (Figura 7). Sua cor varia entre

verde e verde amarelado, com brilho vítreo. A presença de elementos químicos detectados como U, Th e Ce na composição (Fig. 7), indica que pelo menos parte do epidoto descrito trata-se de alanita. Os epidotos são pouco resistentes à alteração, raramente sendo conservado em depósitos expostos por muito tempo na superfície ou onde o material sofreu longa distância de transporte em relação à fonte. Os minerais do grupo do epidoto (pistachita, zoizita, alanita) são alumino-silicatos de cálcio hidratados, inerentes a uma grande variedade de paragêneses minerais (Deer *et al.*, 2000). Os minerais do grupo do epidoto são estáveis em um amplo intervalo de condições P-T. São típicos produtos de metamorfismo regional de grau baixo a médio, de rochas básicas e cálcio-silicatadas (Deer *et al.*, 2000). Também podem se formar em condições de metamorfismo de contato comumente quando envolve rochas carbonatadas.



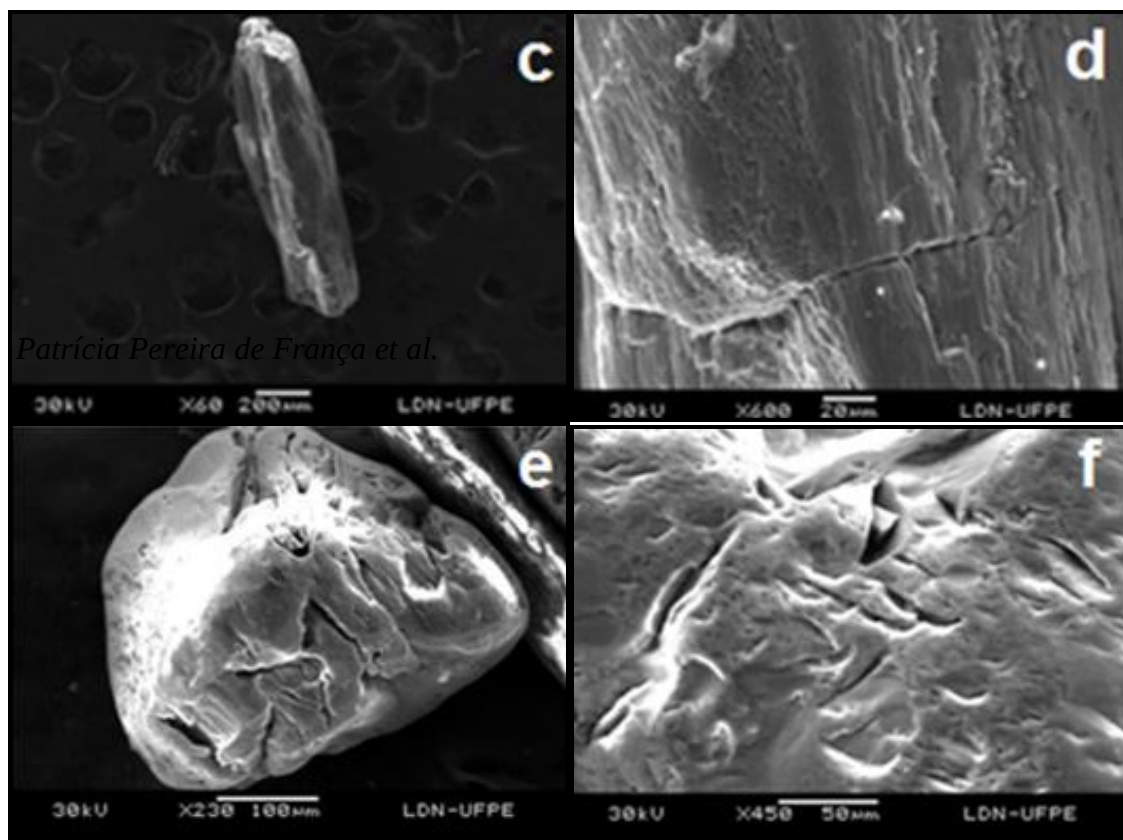


Figura 7- Imagens do MEV de xenotímio. (a) coloração creme esverdeado apresentando aspecto de dissolução (Amostras 11PP-b). Xenotímio (b) coloração creme (Amostra 11PP-a; detectado U, Th, Ce, por MEV-WDS, não detectado Y, por prováveis problemas analíticos, detectores sem pressão de gás suficiente no dia). Espodumênio. (c) de coloração esbranquiçada (Amostra 11PP-b). Detalhe do Espodumênio. (d) apresentando clivagem a 90 °. Epidoto (e) de coloração esverdeado (Amostra 12PP-a). Detalhe do epidoto (f) com presença de fraturas conchoidais.

A ilmenita (FeTiO_3), apresenta seu sistema cristalino trigonal-romboédrico, geralmente encontrado nas amostras estudadas sem forma definida (com elevado grau de arredondamento indicando distância de transporte relativamente longa) ou em grãos tabulares (Fig. 8), com brilho metálico e opaco. A clivagem é inexistente e a fratura conchoidal a irregular.

As silimanitas (Al_2SiO_5) ocorrem em grãos esbranquiçados a creme fosco, Nas amostras foram identificadas silimanitas alongadas (Fig.

8), provavelmente refletindo os traços dos planos de clivagem. Possuem hábito fibroso e prismático. É um mineral tipicamente derivado de rochas metamórficas do tipo metapelitos (xistos), de elevada temperatura (cerca de 550 °C; Yardley 1989)

A granada nas amostras é identificada como (Piropo) ($\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_2)_4$), muito raras e de rochas provenientes do manto, possui um brilho vítreo a resinoso, com fratura subconchoidal (Fig. 8). Geralmente apresenta-se em forma dodecaedros trapezoedro.

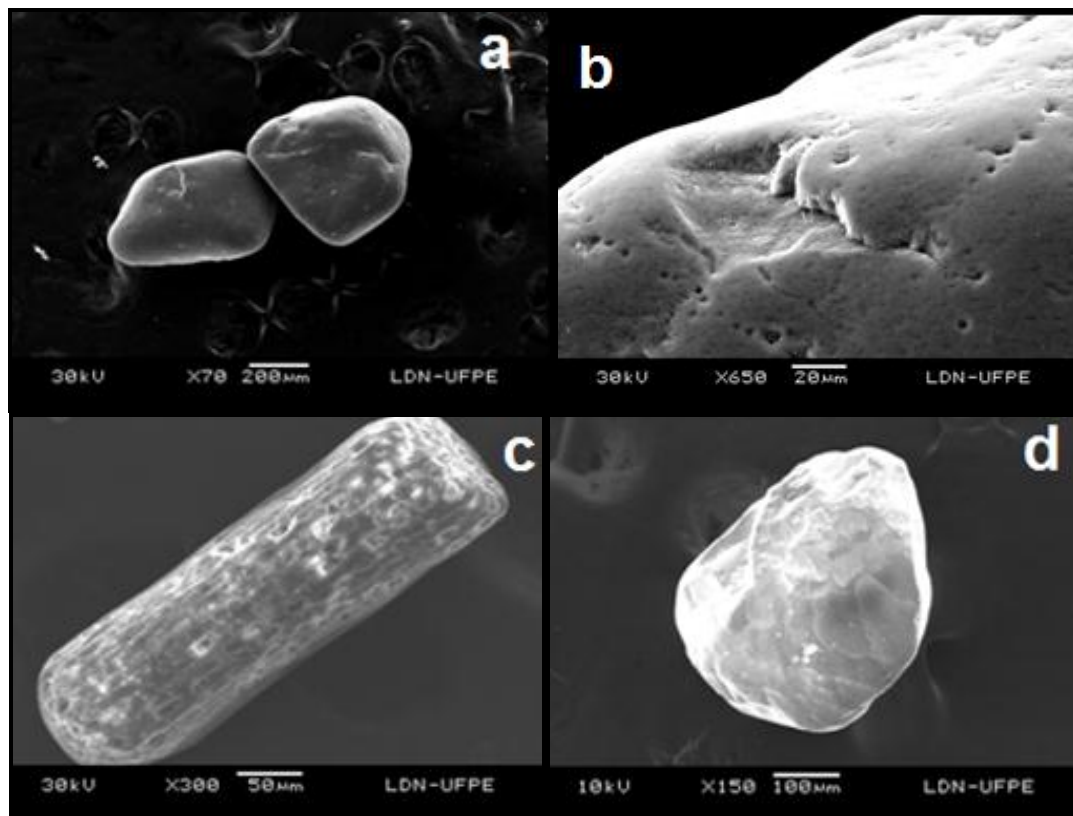


Figura 8- Imagens do MEV de Ilmenita. (a) de coloração marrom escura (Amostra; 7PP-a foi detectado traços de Mn por MEV-WDS). Detalhe da Ilmenita (b) superfície apresentando fratura. Silimanita. (c) de coloração creme, com estrias (Amostra; 3AC-b). Granada. (d) coloração avermelhada (Amostra; 11PP-04b detectado Mg por MEV-WDS)

CARACTERIZAÇÃO DE MINERAIS PESADOS E AVALIAÇÃO DA RADIOATIVIDADE NATURAL EM SEDIMENTOS PRAIAIS DE ACAÚ, CARNE DE VACA E PONTA DE PEDRAS...

Estaurolita (Fe^{+2} , Mg)₂($\text{Al}, \text{Fe}^{+3}$)₉ $\text{O}_6(\text{SiO}_4)_4(\text{O}, \text{OH})_2$ apresenta-se nas cores castanha—amarelada a amarelo caramelo, cuja maioria dos grãos exibe forma irregular, com raros grãos prismáticos, apresentando terminações serrilhadas. Nas imagens (Fig. 9) deste mineral foram observadas bordas irregulares e fratura conchoidal, além de provável cristal geminado em cruz, típico da Estaurolita. É um mineral tipicamente derivado de rochas

metamórficas do tipo metapelitos (xistos; Yardley 1989).

Cianita (Al_2SiO_5) possui sistema triclinico e hábito cristalino, com extremidade mal terminada (Fig.9). Nas amostras estudadas apresenta-se em grão de cor azul ou esbranquiçada, predominando azul no centro e branco nas bordas ou cinza. Translúcido a transparente. É um mineral tipicamente derivado de rochas metamórficas do tipo metapelitos (xistos; Yardley, 1989).

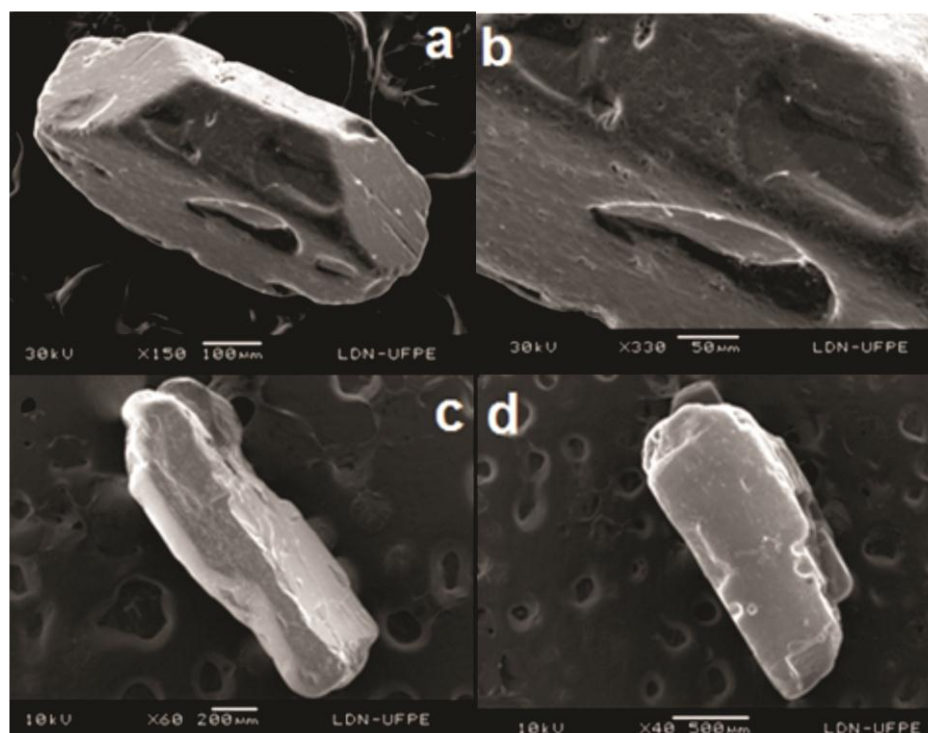


Figura 9- Imagens do MEV de Estaurolita. (a) geminada e de coloração castanha (Amostra 11PP-a foi detectado Ti por MEV-WDS). (b) Detalhe da estaurolita com fratura conchoidal. Cianita (c) de coloração cinza (Amostra 5Cv). Cianita (d) de coloração azulada (Amostra 6 CV).

DISCUSSÃO

A maior parte dos minerais pesados possui paragênese específica que fornece importantes informações sobre tipos de rochas-fonte (Morton & Hallswort, 1994). Minerais como epidoto, estaurolita, cianita, granada como encontrados nesse trabalho, são de origem predominantemente

metamórfica, enquanto que ilmenita, zircão, rutilo, turmalina são minerais que se formam tanto em rochas metamórficas, como em ígneas. zircão, turmalina e rutilo são minerais que, devido à maior resistência à abrasão e aos ataques químicos, são comumente encontrados em depósitos detríticos sedimentares.

Alguns desses minerais são radioativos, como o zircão (ZrSiO_4) e o xenotímio (YPO_4), isto por que contêm elementos químicos radioativos (e.g. U, Th) em sua composição química, e, portanto apresentam anomalias de radioatividade natural no ambiente (Meijer et al., 1998). Alguns dos principais contribuintes da exposição radioativa natural para o ser humano são os elementos químicos naturais radioativos, presentes na composição química de alguns minerais. Estes elementos são conhecidos como isótopos radioativos, presentes em rochas, solos, água, atmosfera e nos organismos vivos, conforme atestado pela Unsear (2000). Eles fazem parte das séries radioativas principalmente do Potássio (^{40}K), Urânio (^{238}U), e Tório (^{232}Th). Nesse trabalho a presença de Tório e Urânio indica um potencial para emissão de radioatividade natural, pois esses elementos químicos radioativos foram encontrados em minerais correspondentes ao zircão e xenotímio em maior quantidade nas praias de Ponta de Pedras onde apresentam maior índice de radiação comparada as praias de Acaú e Carne de Vaca.

CONCLUSÕES

Verifica-se que ao longo das estações de amostragem as áreas de menor índice de radiação foram aquelas localizadas próximos à desembocadura do Rio Goiana, corresponde às praias de Acaú e Carne de Vaca, sendo esse nível de radiação progressivamente elevado ao se aproximar da falésia correspondente à Formação Barreiras e a praia de Ponta de Pedras ao sul, podendo concluir que a combinação dos fatores de alto índice de radiação são correspondentes às áreas que apresentaram minerais com elementos

radioativos em sua composição como zircão e xenotímio.

As duas áreas correspondentes a amostra 7PP-a e 7PP-b apresentam um dos picos mais elevados de radiação além de grande variedade de minerais pesados, sendo o 7PP-a o ponto onde ocorre presença de todos os minerais presentes nas outras amostras, o que pode indicar esse ambiente como dispersor dos minerais pesados.

A presença de minerais-índice de maturidade sedimentar (ZTR, zircão, turmalina e rutilo) também aumenta em direção ao sul, que indica áreas-fonte localizadas nessa região. A presença constata de epidoto nas amostras também sugere que esses ambientes estão sendo reabastecidos a partir de fontes relativamente próximas, já que os epidotos são pouco resistentes à alteração.

Quanto à análise dos minerais é possível indicar a proveniência de rochas metamórficas na região justificada pela presença de estauroлита, cianita e silimanita. A elevada quantidade de zircão constitui excelente traçador da dinâmica de transporte sedimentar já que este possui grande resistência/estabilidade e sua proveniência tanto de origem magmática como metamórfica.

Podemos concluir que a amostra 7PP-a correspondente a amostra retirada da falésia da formação barreiras, contém grande diversidade dos minerais observados nos sedimentos praias, e é, portanto candidata potencial à fonte imediata.

REFERÊNCIAS

- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. 2000. Minerais Constituintes das Rochas. Uma Introdução. 2ª edição. Fundação calauste Gulbenkian. P.7
- Hoskin, P.W.O., Black, L.P. 2000. Metamorphic zircon formation by solid -state recrystallization of

CARACTERIZAÇÃO DE MINERAIS PESADOS E AVALIAÇÃO DA RADIOATIVIDADE NATURAL EM SEDIMENTOS PRAIAIS DE ACAÚ, CARNE DE VACA E PONTA DE PEDRAS...

- protolith igneous zircon. *Journal of Metamorphic Geology*, 18: 423-439.
- Kretz, R. 1983. Symbols for rockforming minerals. *American Mineralogist*, 68: 277-279.
- Mabesoone, J. M. & Alheiros, M. M. 1988. Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. *Rev. Bras. Geoc.* 18 (4):476-482.
- Meijer, R. J. 1998. Heavy minerals: from 'Edelstein' to Einstein. *Journal of Geochemical Exploration*, 62: 81-103.
- Morton, A.C. & Hallsworth C. 1994. Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology* 90, 241 - 246.
- Pereira, R. M. Ávila, C. A. Lima, P. R. A. S. Minerais em Grãos : técnicas de coleta, preparação e identificação. 2005. São Paulo: Oficina de Textos. 112p.
- Suguio, K. 2003. *Geologia Sedimentar*. São Paulo : Edgard Blücher. 101p.
- Unsear, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation., United Nations, New York., 2000.
- Yardley, B. W. D. 1989. An introduction to metamorphic petrology. New York, 248p.