



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE GEOLOGIA

**CHARLES GOMES DE JESUS MEIRELES**

**MODELO DESCRITIVO DO DEPÓSITO DE ILMENITA  
DE PRATIGI E ESTUDOS PRELIMINARES DE  
PROVENIÊNCIA**

Salvador

2019

**CHARLES GOMES DE JESUS MEIRELES**

**MODELO DESCRITIVO DO DEPÓSITO DE ILMENITA  
DE PRATIGI E ESTUDOS PRELIMINARES DE  
PROVENIÊNCIA**

Monografia apresentada ao Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Orientador:** Prof. Dr. Reinaldo Santana  
Correia de Brito.

**Salvador**

**2019**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**CHARLES GOMES DE JESUS MEIRELES**

**MODELO DESCRITIVO DO DEPÓSITO DE ILMENITA  
DE PRATIGI E ESTUDOS PRELIMINARES DE  
PROVENIÊNCIA**

Trabalho final de graduação aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

1º Examinador – Prof. Dr. Reinaldo Santana Correia de Brito – Orientador.  
Universidade Federal da Bahia

2º Examinador – Geóloga Msc. Andreia Gonçalves de Araújo Nunes Rangel  
Universidade Federal da Bahia

3º Examinador – Msc PhD Marco Antonio Barsottelli Botelho  
Universidade Federal da Bahia – Depto. de Geofísica.

**Salvador, 22 de novembro de 2019.**

## RESUMO

A planície quaternária do Pratigi apresenta uma das mais significativas reservas de minerais pesados do Brasil, na qual os principais minerais encontrados são ilmenita, zircão e monazita. O presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo da proveniência da ilmenita do depósito de placer marinho de Pratigi, município de Ituberá, baixo sul da Bahia. A área de estudo está localizada na Zona Costeira do Estado da Bahia, onde se destaca a presença de depósitos de idade Terciária e Quaternária, em que estão presentes as principais ocorrências de minerais pesados. As unidades onde estão presentes as principais ocorrências de minerais pesados são os Terraços Marinheiros Pleistocênicos e Holocênicos, em retrabalhamento pelo evento de regressão atual. Com relação à origem dos minerais pesados, vários autores afirmam que são oriundos das rochas metamórficas do embasamento cristalino, que sofreram pré-concentração nos sedimentos que preenchem a Bacia de Camamu e foram posteriormente reconcentrados pela ação das ondas durante a deposição dos terraços marinhos. O diâmetro médio dos grãos de ilmenita evidenciam dimensões compatíveis com proveniência dos granulitos básicos que constituem o embasamento da região. Entretanto, não foi possível determinar se toda a ilmenita é realmente proveniente das rochas do embasamento, pois este mineral apresenta elevada tenacidade, sendo difícil definir a distância da área fonte a partir dos parâmetros morfométricos. As feições apresentadas nesse trabalho mostram que há forte influência da retrolavagem, contrapondo-se a processos eólicos. O potencial econômico é muito grande, visto que a atitude desses grupos de camadas possui uma declividade suave em direção ao mar, com possibilidade da existência de depósitos submersos em lâminas até a isóbata de 10m.

**Palavras-chave:** minerais pesados; terraços marinhos; Ituberá.

## ABSTRACT

The Pratigi's Quarternary plain shows one of the most significant heavy minerals reserves of Bahia state, in which the main minerals found are ilmenite, zircon and monazite. The present paper has as its main purpose realize the study of the ilmenite provenance of the marine placer deposit of Pratigi, in the city of Ituberá, located at the southern portion of Bahia. The study area is situated on the Coast Zone from Bahia State, on which we can highlight the presence of Tertiary and Quaternary where the main occurrences of heavy minerals are seen. About the origin of the heavy minerals, the data indicate that they are native of the metamorphic rocks from the crystalline basement that suffered pre-concentration on sediments that filled Camamu Basin, and posteriorly reconcentrated by the action of the waves during the deposition of the marine terraces. The average diameter of the ilmenite grains shows dimensions are compatible with the provenance from basic granulites that constitute the basement from the area. However, it wasn't possible determinate if all the ilmenite is indeed from the basement, because this mineral has a high tenacity, which makes it hard to determine the distance from the source area based on the morphometric parameters. The features presented in this paper show that it is strongly influenced by backwash, opposing of wind processes. The economic potential is very high, since the dipping of layers has a smooth declivity towards the sea, with possibility of existence of submerge deposits beneath the sea water up to the isobaths of 10m.

**Keywords:** heavy minerals; marine terraces; Ituberá.

## LISTA DE FIGURAS

Figura A. Mapa de localização da área de estudo.....	8
Figura B. Localização dos principais depósitos de plácer marinho do mundo (em vermelho), com destaque para o Brasil.....	10
Figura C. Mapa geológico regional da margem oriental do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá. Dominguez & Bittencourt (2012). ....	12
Figura D. Reexposição da superfície superior e formação da superfície inferior (LS) por incisão no rio após a elevação do Mioceno. Uma elevação menor no Quaternário levou à incisão abaixo da superfície inferior e à formação da planície costeira. ....	14
Figura E. Seção Geológica de sondagem dos terraços Pleistocênicos e Holocênicos de Bojuru, Rio Grande do Sul e acumulação dos depósitos de minerais pesados. Dillenburg et. al, (2004). ....	14
Figura F. 1) Modelo esquemático de acumulação de minerais pesados na planície do Pratigi. A – Progradação da linha de costa, com minerais pesados incorporados à laminação da face da praia. B – Episódio erosivo com concentração de minerais pesados e desenvolvimento de duna frontal mais alta. C – Retomada da progradação. ....	15
Figura G. Análise geofísica a partir do método GPR coletada perpendicular à costa, sobre o pacote sedimentar holocênico da planície Pratigi. Barsottelli-Botelho & Brito (em preparação).....	16
Figura H. Comparação entre arredondamento e esfericidade de grãos. Pettijohn <i>et al.</i> , (1977).....	17
Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. ....	20
Figura 2. Mapa geológico regional da margem oriental do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá. Dominguez & Bittencourt (2012). ....	21
Figura 3. Esquema com síntese dos materiais e métodos utilizados durante a pesquisa. ....	22
Figura 4. Mapa geológico da área de estudo com unidades cartografadas durante o campo.....	23
Figura 5. A) Vista frontal da Cachoeira Pancada Grande, onde afloram os granulitos básicos referentes ao embasamento da região. B) Vista dos granulitos básicos da Cachoeira Castro Alves .....	24
Figura 6. A) Afloramento de <i>redbeds</i> , pertencentes ao Grupo Brotas, na praça da prainha, em Ituberá. B) Conglomerados polimíticos, com seixos variados e desorganizados suportados pela matriz. Notam-se microcamadas com ocorrência de ilmenita. C) Afloramento de ritmitos compostos por microcamadas de arenito silteoso e argilito, com finas camadas de ilmenita com 2-5mm de espessura nos níveis areníticos. D) Destaque da coloração amarelada das rochas da Formação Sergi.....	25
Figura 7. A) Areias finas a médias com acumulação de ilmenita em Terraços Marinheiros Pleistocênicos. B) Poço raso com 1,6m de profundidade em Terraços Marinheiros Holocênicos. C) Arranjo de camadas de areia ilmenítica com estratificação rítmica planoparalela, granulo-decrescente e denotando topo estratigráfico. D) Sequência de camadas de areia ilmenítica exibindo estrato basal com até 18 cm de espessura, composta por até 80% de minerais pesados, com mergulho de 4° em direção a linha de costa. E, F) Efeito da degradação da estrutura estratificada das areias de praia apresentando menos de 5% de ilmenita, sugerindo início do processo de retrolavagem.....	26
Figura 8. Principais minerais pesados identificados observados em microscópio. A) ilmenita; B) monazita; C) rutilo; D) estauroлита.....	28
Figura 9. Imagens obtidas através de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) em granulitos básicos da Cachoeira Pancada Grande, com grãos euédricos a subédricos de ilmenita - diâmetro médio de 150µm. ....	29
Figura 10. Imagens eletrônicas obtidas através de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) no plácer holocênico do Pratigi, destacando grãos de ilmenita de 100 a 150µm, euédricos a subédricos e subangulosos. ....	29
Figura 11. Modelo empírico de deposição de minerais pesados em praias a partir do processo de retrolavagem. Cascalho & Tabora (2006). ....	31

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....	8
CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE.....	11
CAPÍTULO 3 - ARTIGO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA PESQUISA EM GEOCIÊNCIAS - UFRGS.....	36

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

A planície quaternária do Pratigi (Figura A) apresenta uma das mais significativas reservas de minerais pesados do Brasil, com 266 milhões de toneladas de minério e teor médio de 3,09% (Dominguez, 2010). Os principais minerais encontrados são a ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ), o zircão ( $\text{ZrSiO}_4$ ) e a monazita ( $\text{Ce,La,Nd,Th} \text{PO}_4$ ). Entretanto, este recurso encontra-se inacessível devido a restrições ambientais estabelecidas a partir do Zoneamento Ecológico-Econômico da APA do Pratigi. O presente trabalho tem como objetivo geral elaborar um modelo descritivo para o depósito de ilmenita de placer marinho e tem como objetivos específicos executar a caracterização morfométrica para fins de estudar preliminarmente a proveniência da ilmenita, no município de Ituberá, baixo sul da Bahia.

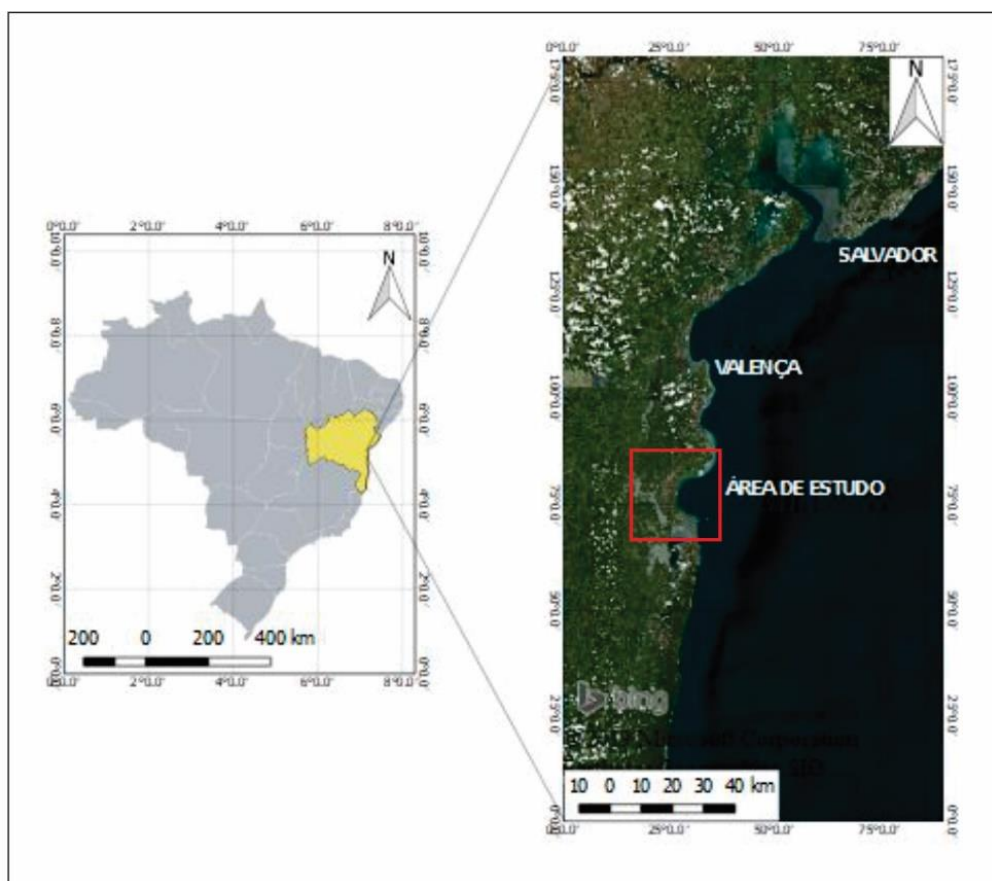


Figura A. Mapa de localização da área de estudo.  
*Figure A. Location map of study area.*

A ilmenita é um mineral composto de ferro e titânio que ocorre como mineral traço em rochas alcalinas, intrusões gabbroicas anortosíticas, maciços anortosíticos e placers fluviais e



marinhos (Dominguez, 2010). O principal motivo da exploração de ilmenita é a extração do metal titânio. O titânio apresenta ampla utilização na indústria aeronáutica, de equipamentos esportivos e na medicina. No entanto, a maior parte do titânio é utilizado sob a forma de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), um importante constituinte de tintas, devido a sua propriedade de conferir opacidade, brilho e cores vivas. É também utilizado na fabricação de papel, cosméticos, plásticos, filtro solares e como corante nas indústrias de alimentos.

A ilmenita é classificada como “mineral pesado” em função da sua alta densidade (entre 4,1 e 4,9  $\text{g/cm}^3$ ), superior a do quartzo (2,6  $\text{g/cm}^3$ ). Segundo Emercy & Noakes (1968), os placeres podem ser compostos por: i) minerais pesados “pesados” (densidade entre 5,3 e 6,8 $\text{g/cm}^3$ ) como ouro, platina e cassiterita, transportados por curtas distâncias (15 a 20 km); ii) minerais pesados “leves” (densidade entre 4,2 e 5,3 $\text{g/cm}^3$ ), que chegam mais comumente às zonas costeiras, concentrando-se em ambientes de deposição de alta energia, correspondendo as ilmenitas, zircão, rutilo, monazita e a magnetita.

Cerca de 80% da ilmenita explorada no mundo é oriunda de depósitos de plácer marinho, apresentando-se de forma detrítica (Figura B). A distribuição mundial dos depósitos coincide com regiões costeiras da Austrália, Nova Zelândia, Sudeste da Ásia, Índia, Sul e Noroeste da África. Nas Américas ocorre nas costas leste e oeste dos Estados Unidos e no Brasil, desde o litoral do Rio Grande do Norte até o litoral do Rio Grande do Sul.

Na região nordeste, destaca-se a mina de Guaju, em atividade de exploração de minerais pesados, localizada na região de Marataca - Paraíba. Na Bahia, os trabalhos realizados no litoral sul do Estado pela Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) realizou projetos de pesquisa resumidos nas edições 19 (Extremo Sul da Bahia: Geologia e seus Recursos Minerais) e 34 (A Ilmenita de Rio do Campo – APA de Pratigi) dos Arquivos Abertos CBPM. A área de ocorrência do depósito está situada na APA de Pratigi que representa as restrições ambientais que impossibilitam a exploração desse recurso, porém estudos recentes buscam sintetizar uma proposta que viabiliza a extração mineral integrada as exigências ambientais.

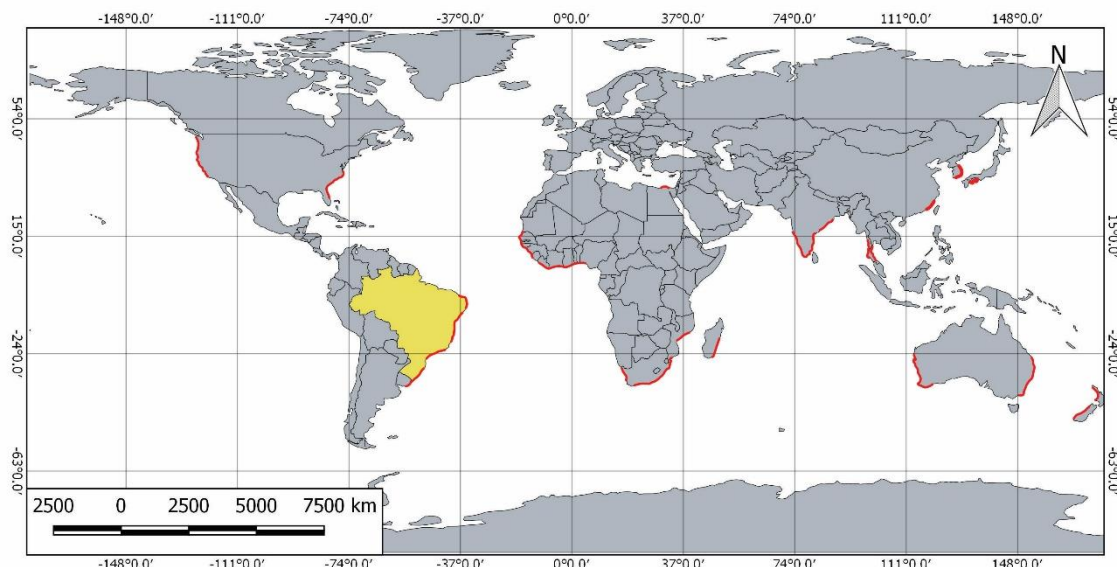


Figura B. Localização dos principais depósitos de plácer marinho do mundo (em vermelho), com destaque para o Brasil. Fonte: Modificado de Hamilton, 1995.

*Figure B. Location of main marine placer deposits in the world (in red).*

Para atender aos objetivos gerais e específicos dessa pesquisa foi desenhado uma sistemática metodológica baseada em pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo para descrição das ocorrências de ilmenita nos vários domínios hospedeiros desse mineral, descrição das seções estratigráficas e amostragem. As ocorrências de ilmenita foram verificadas desde o embasamento aos depósitos holocênicos, sendo realizada abertura de poços e trincheiras. Os estudos de laboratório foram realizados a partir da separação de minerais pesados por bromofórmio, petrografia de rochas do embasamento, morfometria de grãos de pesados e estudos de microscopia eletrônica de varredura em grãos de ilmenita das rochas do embasamento.

Com o cumprimento dos objetivos e apresentação deste Trabalho Final de Graduação, pretende-se publicar o artigo na Revista Pesquisa em Geociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), qualis B2, em cumprimento às normas da Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), como pré-requisito para obtenção do diploma de bacharel em Geologia.

## CAPÍTULO 2

### ESTADO DA ARTE

---

O interesse em bens minerais situados no litoral sul do Estado da Bahia iniciou-se em 1982 a partir da CBPM (Companhia Baiana de Pesquisa Mineral), quando as primeiras áreas para pesquisa de turfa e ilmenita foram solicitadas ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Os estudos de avaliação econômica realizados pela CBPM entre 1984 a 1986 revelaram que o trecho era mais promissor para pesquisa de minerais pesados e potenciais matérias-primas para obtenção de óxido de titânio e zirconita refratária. Nessa época, o Brasil importava cerca de 38% do seu consumo total de  $TiO_2$ .

Na década de 90, um consórcio formado pelas empresas Multiquartz Mineração Ltda., Kawatetsu Mining Co. Ltd. e Sumitomo Corporation do Brasil elaborou um projeto global para exploração na região, que incluía outros direitos minerários de sua titularidade no litoral sul da Bahia. A CBPM continuou desenvolvendo sua pesquisa para minerais pesados na região, com destaque para o projeto Ilmenita de Rio do Campo, de 2002, no qual está inserida a região de Pratigi.

O Consórcio MKS, porém, não conseguiu desenvolver o projeto conforme planejado, por motivos como: i) limitações impostas pela constituição de 1988 para atuação das empresas estrangeiras no Brasil; ii) queda do preço do titânio; iii) questões ambientais, como a criação das APAs de Maraú e Pratigi, com proibições específicas para as atividades de mineração. Recentemente, devido à importância estratégica dessa jazida para o Estado da Bahia, a CBPM buscou no Cepam (Conselho Estadual de Meio Ambiente) viabilizar a extração mineral na área da APA de Pratigi, buscando harmonizar a extração mineral com as questões ambientais, propondo um novo zoneamento ambiental.

#### **Geologia Regional**

A área de estudo está localizada geologicamente no contexto da margem oriental do orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, na Bacia sedimentar de Camamu e nos Terraços Marinhos Pleistocênicos e Holocênico do Baixo Sul (Figura C), onde se destaca a presença de depósitos de idade Terciária e Quaternária. Nesse sentido, o litoral sul baiano, no qual estão inseridas as ocorrências de minerais pesados apresenta três compartimentos geológicos principais: i) embasamento cristalino, constituído essencialmente por tonalitos/dacitos, riolitos e gabros

granulitizados de idade arqueana a paleoproterozoica; ii) Bacia Sedimentar de Camamu, que compreende sedimentos mesozoicos do Grupo Brotas e do Grupo Camamu formado pelas formações Taipu-Mirim e Algodões; e iii) Planície Costeira, constituída por depósito quaternários (holocênicos e pleistocênicos), que se acumularam como resultado da variação do nível do mar.

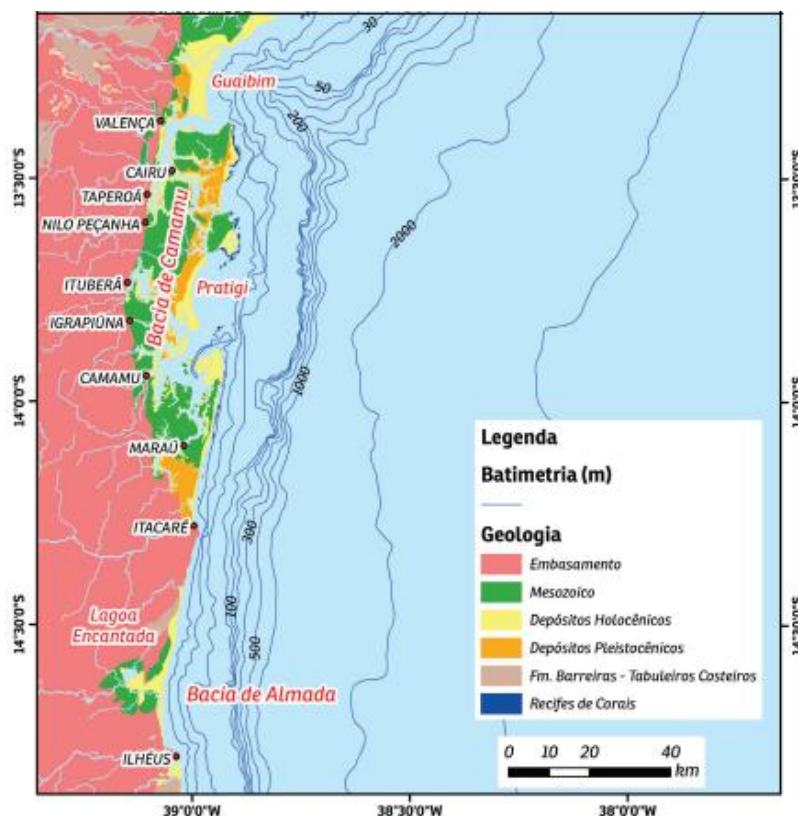


Figura C. Mapa geológico regional da margem oriental do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá. Dominguez & Bittencourt (2012).

*Figure C. Regional geological map of oriental marge of Itabuna-Salvador-Curaçá Orogen. Dominguez & Bittencourt (2012).*

As áreas onde estão presentes as principais ocorrências de minerais pesados são os Terraços Marinheiros Pleistocênicos e Holocênicos, marcadas pela presença de areias litorâneas regressivas (Dominguez, 2010). Os Terraços Marinheiros Pleistocênicos ocupam uma posição mais interna da planície costeira e sua origem está relacionada à progradação da linha de costa após o Máximo da Penúltima Transgressão (120.000 anos A.P.), quando o nível do mar se posicionou cerca de 8 metros acima do nível atual (Martin *et al.*, 1980). É constituído em superfície por areias brancas finas a médias, bem selecionadas, que passam em subsuperfície para lamas plásticas de cor acizentada (Rebouças, 2006). Uma característica marcante dessa unidade é a presença de uma rede de drenagem com padrão treliça.

Os Terraços Marinheiros Holocênicos ocorrem em posição mais externa que os Terraços Marinheiros Pleistocênicos e se formaram associados à progradação da linha de costa após o máximo da Última Transgressão (cerca de 5.100 anos A.P.), quando o nível do mar se posicionou cerca de 5 metros acima do nível atual (Martin *et al.*, 1980). Apresentam uma superfície plana com cristas praias bem marcadas e sem rede de drenagem (Bittencourt, 1996). Na superfície, estes terraços também são constituídos por areias finas a médias, bem selecionadas, que também passam em profundidade para lamas cinza, plásticas, de origem marinha.

Além dos terraços marinhos ocorrem na área de estudo outros tipos de acumulações quaternárias, que incluem depósitos de mangue e terras úmidas que ocupam as áreas mais baixas e inundáveis da planície (Martin *et al.*, 1980). São constituídos por materiais argilo-siltosos ricos em matéria orgânica.

### **Distribuição das concentrações de minerais pesados**

Os depósitos de areias de minerais pesados são produtos da erosão e transporte de minerais resistentes químicos e físicos oriundos das rochas do embasamento cristalino do continente e depositados em ambiente costeiros de estuário marinho, barras e praias.

Essa evolução pode ser observada utilizando o perfil elaborado por Japsen *et al.* (2012) o qual mostra o produto da denudação e retrabalhamento das vertentes desde o planalto de Maracás até a depressão Atlântica onde foi formada a Bacia de Camamu. Nesse sentido acredita-se que os minerais pesados, inclusive a ilmenita, poderiam ter proveniência nas vertentes desde Jaguaquara, sendo transportados durante vários ciclos desde a exumação do embasamento e depositados no litoral (Figura D).

Os estudos realizados por Dominguez (2010) constata que as principais ocorrências de minerais pesados encontram-se nos terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, restritos aos 4 metros superiores das seções de sondagem realizadas pela CBPM. Dominguez (2010) compara a estratigrafia da parte costeira de Bojoru no Rio Grande do Sul com a seção estratigráfica do recente em Pratigi (Figura E). Nesse local está representado um substrato Pleistocênico, subjacente a campos de dunas com minerais pesados Holocênicos sobrejacentes depósitos de lama e turfa de mesma idade. Na parte da zona de praia é mostrada a ocorrência de depósitos de praia formados por retrolavagem.

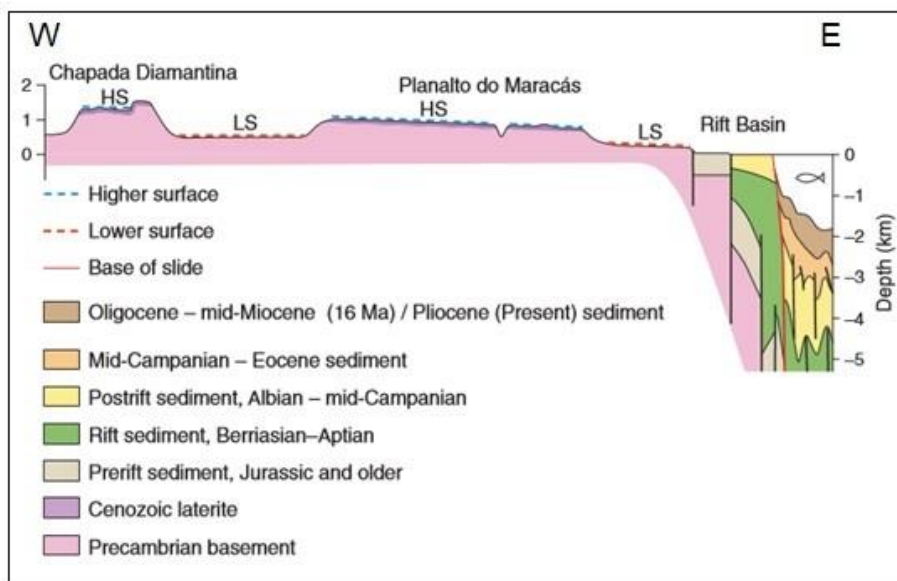


Figura D. Reexposição da superfície superior e formação da superfície inferior (LS) por incisão no rio após a elevação do Mioceno. Uma elevação menor no Quaternário levou à incisão abaixo da superfície inferior e à formação da planície costeira.

*Figure D. re-exposure of the higher surface and formation of the lower surface (LS) by river incision after Miocene uplift. Minor uplift in the Quaternary led to incision below the lower surface and to formation of the coastal plain.*

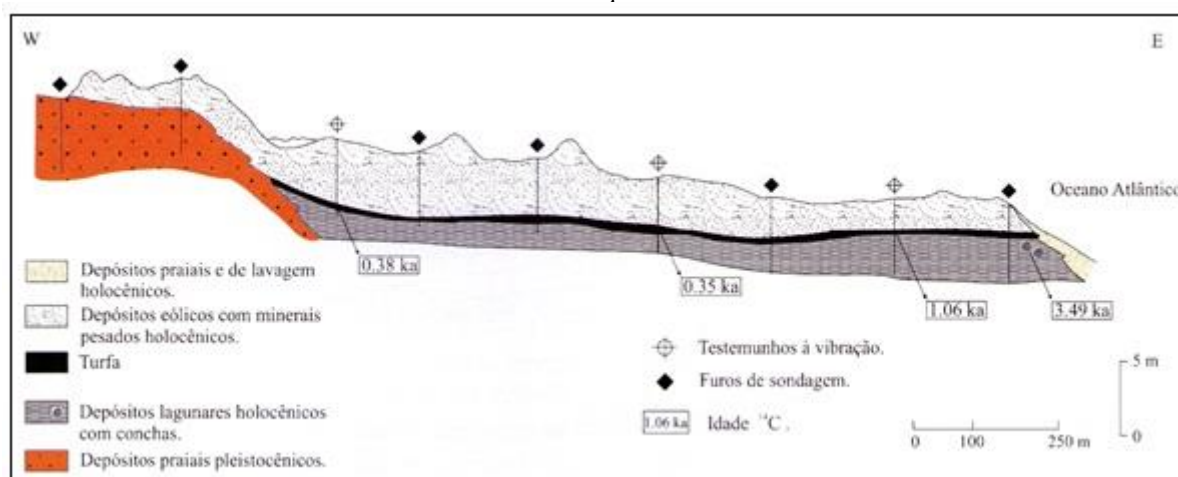


Figura E. Seção Geológica de sondagem dos terraços Pleistocênicos e Holocênicos de Bojuru, Rio Grande do Sul e acumulação dos depósitos de minerais pesados. Dillenburger et. al, (2004).

*Figure E. Surveying geological section of the Pleistocene and Holocene terraces of Bojuru, Rio Grande do Sul and accumulation of heavy mineral deposits. Dillenburger et. al, (2004)*

As acumulações de minerais pesados ocorrem usualmente em ambientes costeiros expostos ao retrabalhamento ativo de ondas, correntes e marés. A alta densidade e o tamanho menor dos grãos dos minerais pesados são fatores fundamentais para seu transporte seletivo, pois os tornam mais difíceis de serem mobilizados pela água ou pelo vento (Force, 1991). Deste modo, linhas de costa em erosão são caracterizadas por concentrações de minerais pesados na face da praia e os cordões litorâneos apresentam as maiores concentrações, indicando que as ondas tiveram tempo para segregar a fração pesada da fração leve do sedimento (Dominguez & Bittencourt, 2012). Estas condições ocorrem durante períodos de



estabilização da linha de costa ou até mesmo períodos de recuo erosivo da mesma, após o que a progradação é de novo retomada deixando para trás uma faixa de areia alongada com elevados teores de minerais pesados (Figura F).

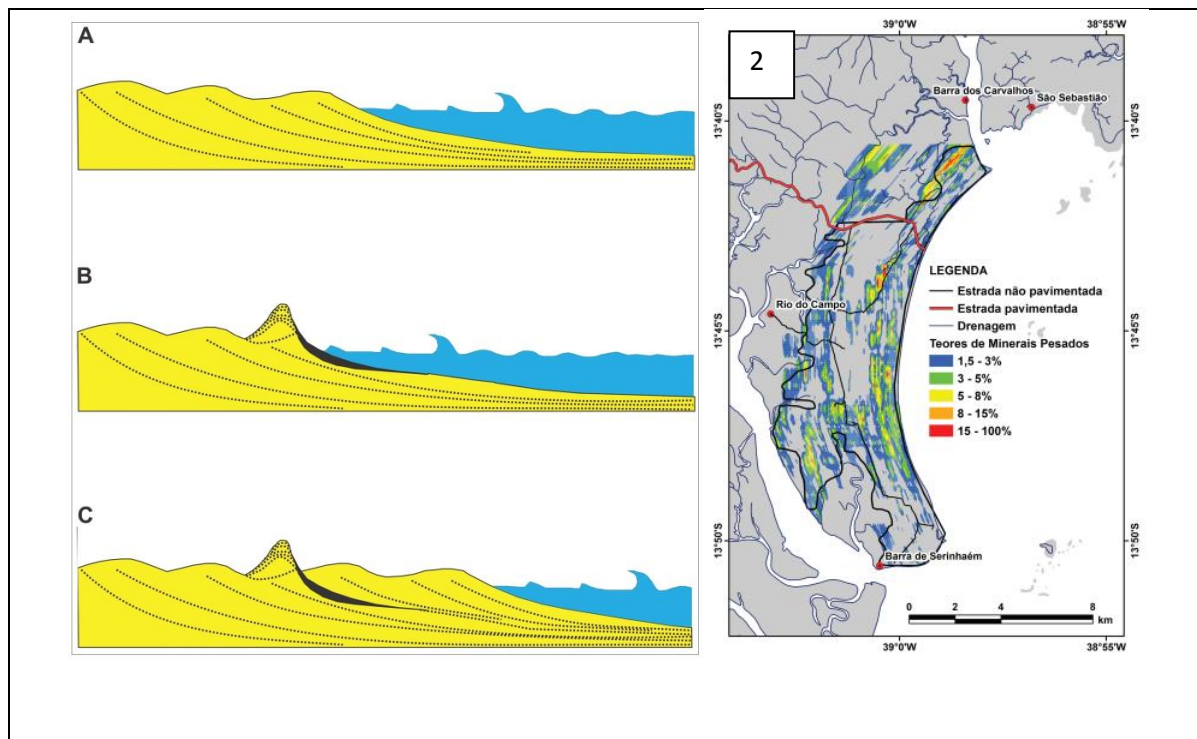


Figura F. 1) Modelo esquemático de acumulação de minerais pesados na planície do Pratigi. A – Progradação da linha de costa, com minerais pesados incorporados à laminação da face da praia. B – Episódio erosivo com concentração de minerais pesados e desenvolvimento de duna frontal mais alta. C – Retomada da progradação.

2) Mapa de distribuição de isotores de ilmenita nos terraços Pleistocênicos e Holocênicos. Dominguez & Bittencourt (2012).

Figure F. 1) Schematic model of heavy mineral accumulation in the Pratigi plain. A - Shoreline progradation with heavy minerals incorporated into the beach face lamination. B - Erosive episode with heavy mineral concentration and development of the highest frontal dune. C - Resumption of progradation.

2) Map of distribution of ilmenite isotopes on Pleistocene and Holocene terrains. Dominguez & Bittencourt (2012).

## Morfologia do Depósito

Estudos geofísicos realizados por Barsottelli-Botelho & Brito (em preparação) nos pacotes sedimentares holocênicos através do método GPR (*Ground Penetrating Radar*) permitiram a identificação de estratos nos quais ocorrem concentrações de minerais pesados (Figura G). Os resultados parciais obtidos da aplicação do método geofísico GPR apontam para o modelo geométrico preliminar dos corpos mineralizados como refletores de mergulhos suaves no sentido do mar. Os dados revelam truncamento de ângulos variáveis (desconformidades) que foram modificados por uma deposição subsequente.

De acordo com Barsottelli-Botelho & Brito (em preparação), o GPR dá uma visão clara da distribuição de minerais pesados no pacote sedimentar, sendo possível ver as estruturas sedimentares e também os locais onde ocorre a concentração dos minerais pesados.

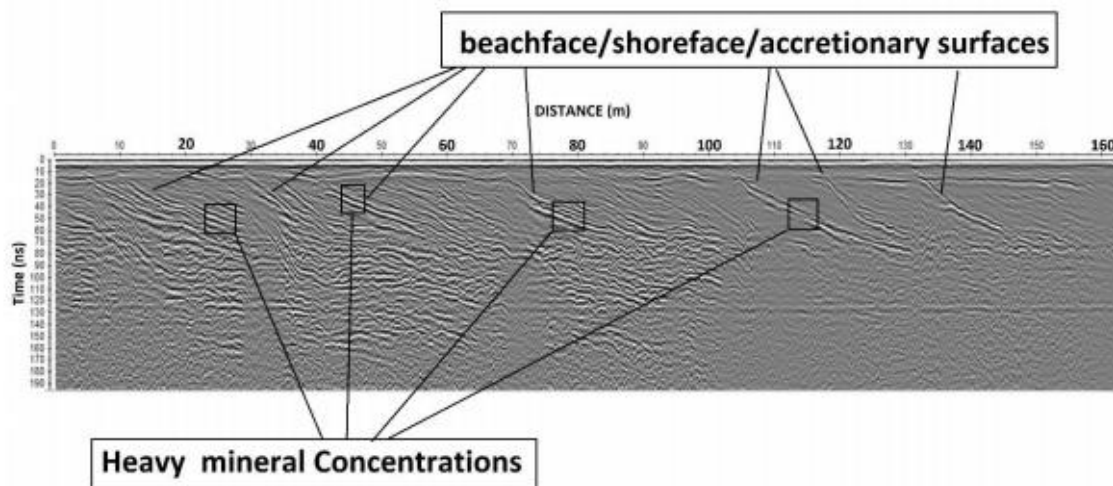


Figura G. Análise geofísica a partir do método GPR coletada perpendicular à costa, sobre o pacote sedimentar holocênico da planície Pratigi. Barsottelli-Botelho & Brito (em preparação)

Figure G. Geophysical analysis from the GPR method collected perpendicular to the coast, on the Pratigi plain holocene sedimentary package. Barsottelli-Botelho & Brito (em preparação)

## Estudos de proveniência

O objetivo do estudo de proveniência sedimentar é reconstruir a história do sedimento desde a erosão inicial da rocha fonte até o local final de deposição e soterramento, sendo possível a partir dessa interpretação deduzir características das áreas fontes, com base nas propriedades texturais e composicionais do sedimento (Weltje & Eynatten, 2004).

Os estudos de proveniência tiveram início no século XIX, a partir da investigação microscópica de minerais acessórios em areias recentes. O objetivo era determinar a rocha fonte a partir de um ou mais minerais, comparando com assembleias mineralógicas de rochas ígneas ou metamórficas. Estudos pioneiros realizados por Pettijohn & Ridge (1932, 1933) permitiram observar o declínio no tamanho médio dos grãos no sentido do transporte longitudinal, devido à ação seletiva das ondas e das correntes litorâneas, selecionando os grãos por densidade, tamanho e morfologia.

A composição dos sedimentos de uma praia reflete as várias fontes e sua importância relativa. Sua composição, textura, selecionamento e grau de arredondamento são controlados



por diversos fatores, começando com a composição da rocha fonte e incluem ainda os vários processos que modificam o sedimento ao longo do caminho entre a sua área fonte e o sítio final de deposição. Os processos mais significativos na alteração das características texturais e composicionais dos sedimentos são o intemperismo e a erosão na área fonte, a abrasão, o seccionamento hidrodinâmico e a mistura durante o transporte e a deposição (Weltje & Eynatten, 2004).

A análise morfométrica das partículas sedimentares permite, a partir da forma final do grão, inferir diversas características relacionadas ao ambiente, energia e comportamento hidrodinâmico nos quais os sedimentos foram submetidos. A forma do grão depende de diversos fatores, nos quais se destacam: i) forma inicial da partícula; ii) dureza e tenacidade do mineral ou agregado; iii) agentes de transporte que carregou a partícula desde a fonte até o local de deposição. Os parâmetros de maior importância são a forma, arredondamento e esfericidade da partícula (Blott & Pye 2008) (Figura H).

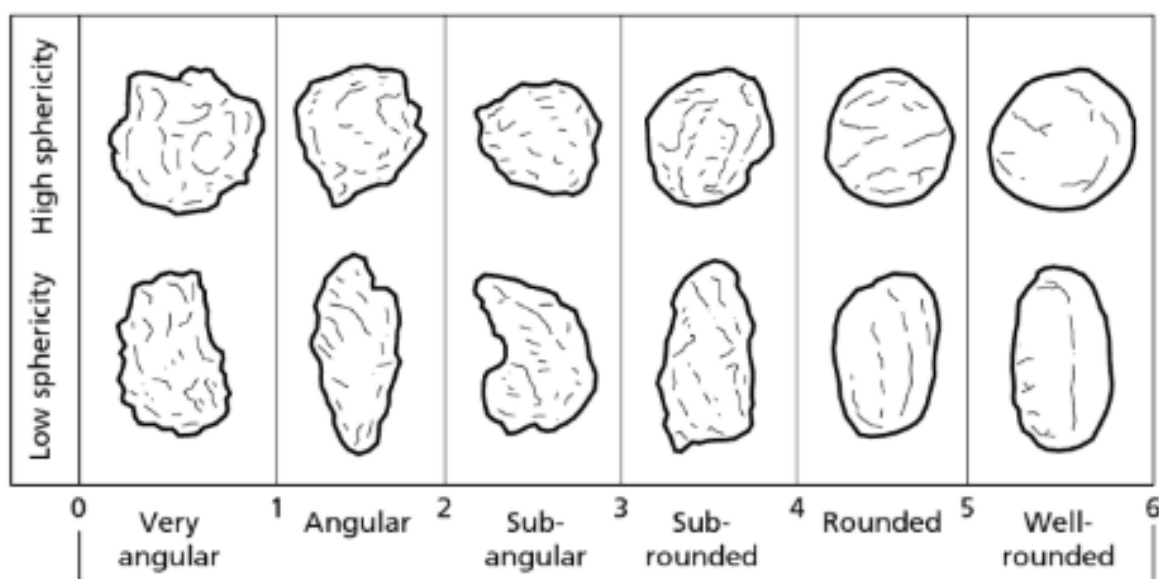


Figura H. Comparação entre arredondamento e esfericidade de grãos. Pettijohn *et al.*, (1987).  
 Figure H. Comparison between grain roundness and sphericity. Pettijohn *et al.*, (1987).

## CAPÍTULO 3

## ARTIGO

---

1 **Modelo descritivo do Depósito de Ilmenita de Pratigi e estudos preliminares**  
2 **de proveniência**

3 *Descriptive model of the Ilmenite Deposit of Pratigi and preliminary studies of provenance*

4 Charles Gomes de Jesus MEIRELES<sup>1</sup> & Reinaldo Santana Correia de BRITO<sup>1</sup>

5 <sup>(1)</sup> Programa de Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo,  
6 s/n, CEP 40.170-290, Salvador, Brasil. E-mail: [igeosec@ufba.br](mailto:igeosec@ufba.br).

7 **Resumo.** A planície quaternária do Pratigi apresenta uma das mais significativas reservas  
8 de minerais pesados do Estado da Bahia, na qual os principais minerais encontrados são  
9 ilmenita, zircão e monazita. O presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo da  
10 proveniência da ilmenita do depósito de placer marinho de Pratigi, município de Ituberá,  
11 baixo sul da Bahia. A área de estudo está localizada na Zona Costeira do Estado da Bahia,  
12 onde se destaca a presença de depósitos de idade Terciária e Quaternária onde estão  
13 presentes as principais ocorrências de minerais pesados. As unidades onde estão presentes  
14 as principais ocorrências de minerais pesados são os Terraços Marinheiros Pleistocênicos e  
15 Holocênicos, marcadas pela presença de areias litorâneas regressivas. Com relação à  
16 origem dos minerais pesados, os dados indicam que são oriundos das rochas  
17 metamórficas do embasamento cristalino, que sofreram pré-concentração nos sedimentos  
18 que preenchem a Bacia de Camamu e foram posteriormente reconcentrados pela ação das  
19 ondas durante a deposição dos terraços marinhos. O diâmetro médio dos grãos de  
20 ilmenita evidenciam dimensões compatíveis com proveniência dos granulitos básicos que  
21 constituem o embasamento da região. Entretanto, não foi possível determinar se toda a  
22 ilmenita é realmente proveniente das rochas do embasamento, pois este mineral apresenta  
23 elevada tenacidade, sendo difícil definir a distância da área fonte a partir dos parâmetros  
24 morfológicos. As feições apresentadas nesse trabalho mostram que há forte influência  
25 da retrolavagem, contrapondo-se a processos eólicos. O potencial econômico é muito  
26 grande, visto que a atitude desses grupos de camadas possui uma declividade suave em  
27 direção ao mar, com possibilidade da existência de depósitos submersos em lâminas até a  
28 isóbata de 10m.

29 **Palavras-chave:** minerais pesados; terraços marinhos; Ituberá.

30 **Abstract.** The Pratigi's Quaternary plain shows one of the most significant heavy  
31 minerals reserves of Bahia state, in which the main minerals found are ilmenite, zircon  
32 and monazite. The present paper has as its main purpose realize the study of the ilmenite  
33 provenance of the marine placer deposit of Pratigi, in the city of Ituberá, located at the  
34 southern portion of Bahia. The study area is situated on the Coast Zone from Bahia State,  
35 on which we can highlight the presence of Tertiary and Quaternary where the main  
36 occurrences of heavy minerals are seen. About the origin of the heavy minerals, the data  
37 indicate that they are native of the metamorphic rocks from the crystalline basement that  
38 suffered pre-concentration on sediments that filled Camamu Basin, and posteriorly  
39 reconcentrated by the action of the waves during the deposition of the marine terraces.  
40 The average diameter of the ilmenite grains shows dimensions are compatible with the  
41 provenance from basic granulites that constitute the basement from the area. However, it

42 wasn't possible determinate if all the ilmenite is indeed from the basement, because this  
43 mineral has a high tenacity, which makes it hard to determine the distance from the  
44 source area based on the morphometric parameters. The features presented in this paper  
45 show that it is strongly influenced by backwash, opposing of wind processes. The  
46 economic potential is very high, since the dipping of layers has a smooth declivity  
47 towards the sea, with possibility of existence of submerge deposits beneath the sea water  
48 up to the isobaths of 10m.

49 **Keywords:** heavy minerals; marine terraces; Ituberá.

## 50 1. Introdução

51 A planície quaternária do Pratigi apresenta uma das mais significativas reservas de  
52 minerais pesados do Estado da Bahia, com 266 milhões de toneladas de minério e teor médio  
53 de 3,09% (Dominguez, 2010). Os principais minerais encontrados são a ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ), o  
54 zircão ( $\text{ZrSiO}_4$ ) e a monazita ( $\text{Ce,La,Nd,Th} \text{PO}_4$ ). Entretanto, este recurso encontra-se  
55 inacessível devido a restrições ambientais estabelecidas a partir do Zoneamento Ecológico-  
56 Econômico da APA do Pratigi. Diante deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo  
57 realizar a caracterização morfométrica e o estudo da proveniência da ilmenita do depósito de  
58 plácer marinho de Pratigi, município de Ituberá, baixo sul da Bahia.

59 A ilmenita é um mineral composto de ferro e titânio que ocorre como mineral traço em  
60 rochas alcalinas, intrusões gabroicas anortosíticas, maciços anortosíticos e placeres fluviais e  
61 marinhos (Dominguez, 2010). É classificada como “mineral pesado” em função da sua alta  
62 densidade (entre 4,1 e 4,9  $\text{g/cm}^3$ ), bastante superior a do quartzo (2,6  $\text{g/cm}^3$ ). Cerca de 80%  
63 das ilmenitas exploradas no mundo são oriundas de depósito de placer marinhos,  
64 apresentando-se de forma detrítica.

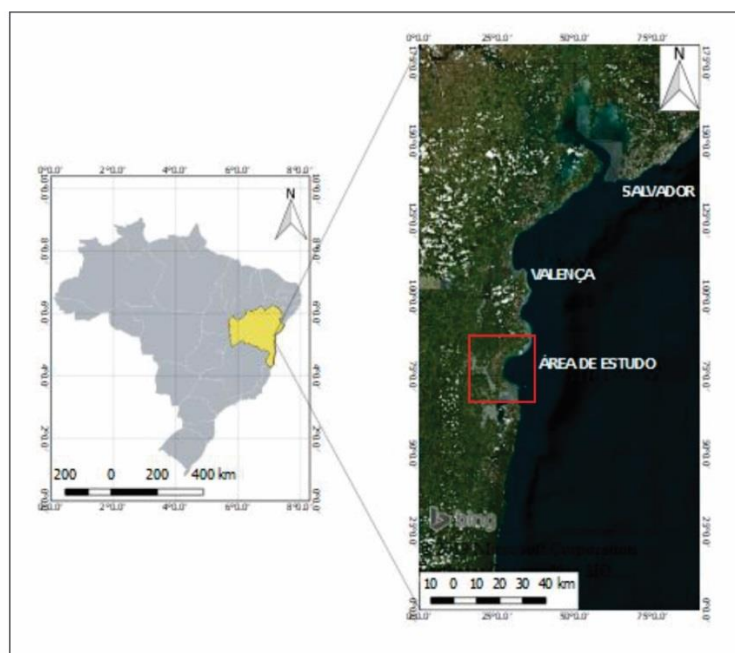
65 No continente americano, há registro de depósitos de placer marinho nas costas leste e  
66 oeste dos Estados Unidos e em quase todo litoral do Brasil. Na região nordeste, destaca-se a  
67 mina de Guaju, em atividade de exploração de minerais pesados, localizada na região de  
68 Marataca - Paraíba. Na Bahia, destacam-se os trabalhos realizados no litoral sul do Estado,  
69 onde a CBPM (Companhia Baiana de Pesquisa Mineral) realizou projetos de pesquisa  
70 resumidos nas edições 19 e 34 dos Arquivos Abertos CBPM. Restrições ambientais  
71 impossibilitam a exploração desse recurso, porém estudos recentes buscam sintetizar uma  
72 proposta que viabiliza a extração mineral integrada as exigências ambientais.

73

## 74 2. Área, materiais e métodos

### 75 2.1. Localização da área

76 A área de estudo está localizada no litoral do baixo Sul do Estado da Bahia, no  
 77 município de Ituberá, próximo ao povoado de Rio do Campo (Figura 1). O acesso a partir de  
 78 Salvador é feito através das BR-324 e BR-101 até o município de Santo Antônio de Jesus e  
 79 posteriormente por rodovias estaduais até o município de Ituberá e a Praia do Pratigi. Outra  
 80 possibilidade é a utilização do *ferry boat* para travessia Salvador – Bom Despacho, seguindo  
 81 o itinerário Bom Despacho – Valença – Ituberá.



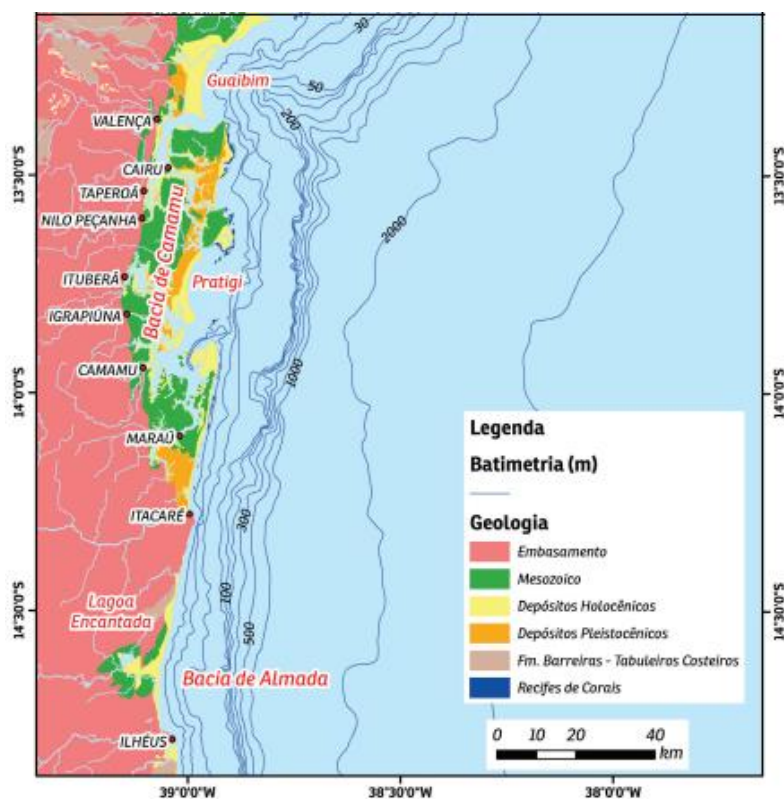
82  
 83 Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

84 *Figure 1. Location map of study area.*

### 85 2.2. Geologia Regional

86 A área de estudo está localizada geologicamente no contexto da margem oriental do  
 87 orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, na Bacia sedimentar de Camamu e nos Terraços Marinhos  
 88 Pleistocênicos e Holocênico do Baixo Sul (Figura 2), onde se destaca a presença de depósitos  
 89 de idade Terciária e Quaternária. Nesse sentido do litoral sul baiano no qual estão inseridas as  
 90 ocorrências de minerais pesados apresenta três compartimentos geológicos principais: i)  
 91 embasamento cristalino, constituído essencialmente por tonalitos/dacitos, riolitos e gabros  
 92 granulitizados de idade arqueana a paleoproterozoica; ii) Bacia Sedimentar de Camamu, que  
 93 compreende sedimentos mesozoicos do Grupo Brotas e do Grupo Camamu formado pelas  
 94 formações Taipu-Mirim e Algodões; e iii) Planície Costeira, constituída por depósito

95 quaternários (holocênicos e pleistocênicos), que se acumularam como resultado da variação  
 96 do nível do mar.



97  
 98 Figura 2. Mapa geológico regional da margem oriental do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá. Dominguez &  
 99 Bittencourt (2012).

100 *Figure 2. Regional geological map of Itabuna-Salvador-Curaçá Orogen. Dominguez & Bittencourt (2012).*

101 Mapa geológico da planície de Pratigi. Modificado de Rebouças (2006).

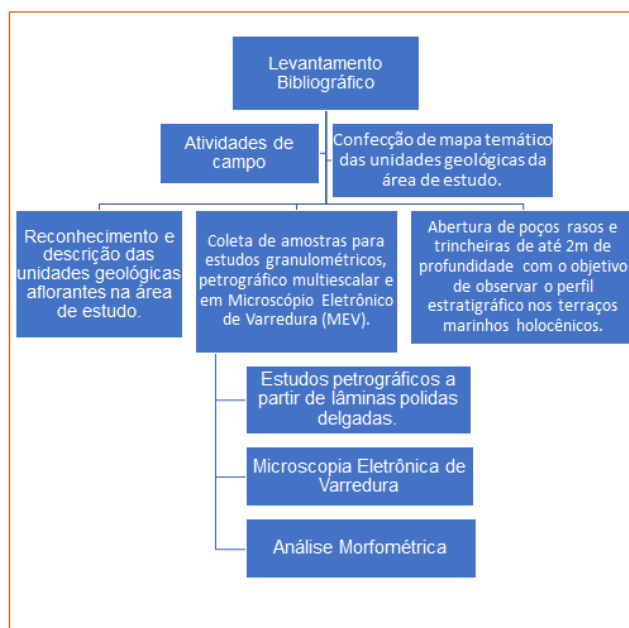
102 As áreas onde estão presentes as principais ocorrências de minerais pesados são os  
 103 Terraços Marinhos Pleistocênicos e Holocênicos, marcadas pela presença de areias litorâneas  
 104 regressivas (Dominguez, 2010). Os Terraços Marinhos Pleistocênicos são constituídos em  
 105 superfície por areias brancas finas a médias, bem selecionadas, que passam em subsuperfície  
 106 para lamas plásticas de cor acizentada (Rebouças, 2006). Uma característica marcante dessa  
 107 unidade é a presença de uma rede de drenagem com padrão treliça. Os Terraços Marinhos  
 108 Holocênicos ocorrem em posição mais externa que os Terraços Marinhos Pleistocênicos e  
 109 apresentam uma superfície plana com cristas praias bem marcadas e sem rede de drenagem  
 110 (Bittencourt, 1996). Na superfície, estes terraços também são constituídos por areias finas a  
 111 médias, bem selecionadas, que também passam em profundidade para lamas cinza, plásticas,  
 112 de origem marinha.

113 Além dos terraços marinhos ocorrem na área de estudo outros tipos de acumulações  
 114 quaternárias, que incluem depósitos de mangue e terras úmidas que ocupam as áreas mais

115 baixas e inundáveis da planície (Martin *et al.*, 1980). São constituídos por materiais argilo-  
116 siltosos ricos em matéria orgânica.

### 117 2.3. Materiais e métodos

118 Para atingir os objetivos propostos foram desenvolvidas as seguintes atividades,  
119 sintetizadas na Figura 3.



120  
121  
122

Figura 3. Esquema com síntese dos materiais e métodos utilizados durante a pesquisa.  
*Figure 3. Scheme with synthesis of materials and methods used during research.*

123 a) Estudo bibliográfico: pesquisa em artigos, teses, dissertações e resumos científicos  
124 relacionados à área de estudo, a depósitos de plácer, e a evolução da Bacia de Camamu e  
125 adjacências.

126 b) Trabalho de campo: foram realizadas quatro campanhas de campo nos quais foram  
127 realizados: i) reconhecimento e descrição das unidades geológicas aflorantes na área de  
128 estudo, sendo construído um mapa geológico da região; ii) coleta de amostras para estudos  
129 granulométricos, petrográficos multi-escalar e em Microscópio Eletrônico de Varredura  
130 (MEV); iii) abertura de poços rasos e trincheiras de até 2m de profundidade, com objetivo de  
131 observar o perfil estratigráfico nos depósitos holocênicos;

132 c) Estudos microquímicos em amostras selecionadas utilizando Microscopia  
133 Eletrônica de Varredura (MEV) em lâminas delgadas polidas para determinar as  
134 características microscópicas e texturais dos minerais pesados que constituem o embasamento

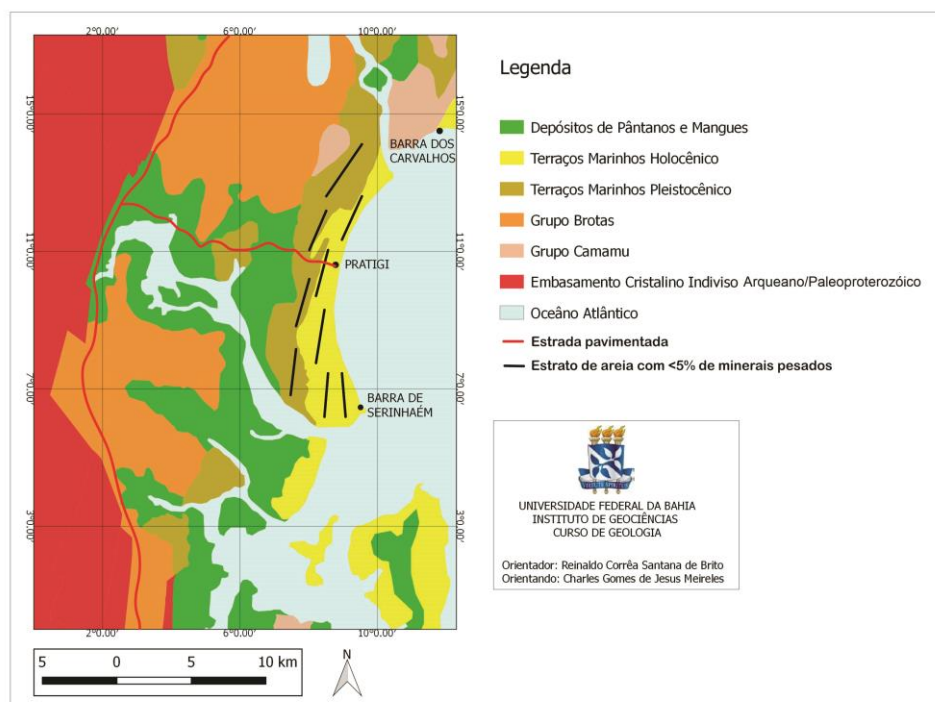
135 cristalino e o depósito holocênico. O equipamento utilizado foi um microscópio Jeol, com  
 136 *software Aztec da Oxford* com potência de 20kV. Os minerais foram selecionados em campos  
 137 circulares e fotografados em luz plana polarizada com nicóis cruzados para facilitar a  
 138 localização durante análise. Esses estudos foram realizados no Laboratório de Física Nuclear  
 139 da Universidade Federal da Bahia.

140 d) Análise morfométrica: inicialmente foi realizada a separação dos minerais pesados  
 141 através do uso de bromofórmio líquido (densidade superior a 2,9 g/cm<sup>3</sup>) e ácido clorídrico  
 142 para dissolução de carbonatos. Em seguida, foi feita a análise morfométrica através de  
 143 lâminas impregnadas de minerais pesados.

### 144 3. Resultados

#### 145 3.1. Geologia Local

146 A partir dos trabalhos de campo foi confeccionado um mapa geológico (Figura 4), no  
 147 qual são identificadas seis unidades geológicas: Embasamento indiviso, Grupo Camamu,  
 148 Grupo Brotas, Terraços Marinheiros Pleistocênicos, Terraços Marinheiros Holocênicos e Depósitos  
 149 de Pântanos e Mangues. Essas unidades foram reagrupadas em Embasamento Cristalino,  
 150 Bacia Sedimentar de Camamu e Planície Costeira.



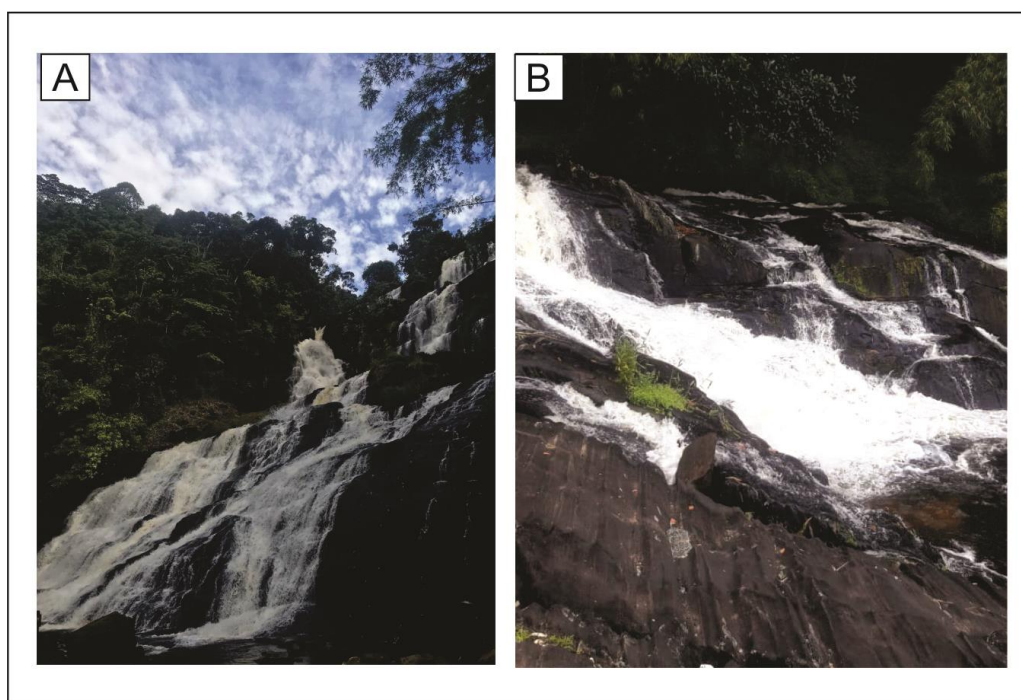
151  
 152  
 153

151  
 152  
 153  
 154  
 155  
 156  
 157  
 158  
 159  
 160  
 161  
 162  
 163  
 164  
 165  
 166  
 167  
 168  
 169  
 170  
 171  
 172  
 173  
 174  
 175  
 176  
 177  
 178  
 179  
 180  
 181  
 182  
 183  
 184  
 185  
 186  
 187  
 188  
 189  
 190  
 191  
 192  
 193  
 194  
 195  
 196  
 197  
 198  
 199  
 200  
 201  
 202  
 203  
 204  
 205  
 206  
 207  
 208  
 209  
 210  
 211  
 212  
 213  
 214  
 215  
 216  
 217  
 218  
 219  
 220  
 221  
 222  
 223  
 224  
 225  
 226  
 227  
 228  
 229  
 230  
 231  
 232  
 233  
 234  
 235  
 236  
 237  
 238  
 239  
 240  
 241  
 242  
 243  
 244  
 245  
 246  
 247  
 248  
 249  
 250  
 251  
 252  
 253  
 254  
 255  
 256  
 257  
 258  
 259  
 260  
 261  
 262  
 263  
 264  
 265  
 266  
 267  
 268  
 269  
 270  
 271  
 272  
 273  
 274  
 275  
 276  
 277  
 278  
 279  
 280  
 281  
 282  
 283  
 284  
 285  
 286  
 287  
 288  
 289  
 290  
 291  
 292  
 293  
 294  
 295  
 296  
 297  
 298  
 299  
 300  
 301  
 302  
 303  
 304  
 305  
 306  
 307  
 308  
 309  
 310  
 311  
 312  
 313  
 314  
 315  
 316  
 317  
 318  
 319  
 320  
 321  
 322  
 323  
 324  
 325  
 326  
 327  
 328  
 329  
 330  
 331  
 332  
 333  
 334  
 335  
 336  
 337  
 338  
 339  
 340  
 341  
 342  
 343  
 344  
 345  
 346  
 347  
 348  
 349  
 350  
 351  
 352  
 353  
 354  
 355  
 356  
 357  
 358  
 359  
 360  
 361  
 362  
 363  
 364  
 365  
 366  
 367  
 368  
 369  
 370  
 371  
 372  
 373  
 374  
 375  
 376  
 377  
 378  
 379  
 380  
 381  
 382  
 383  
 384  
 385  
 386  
 387  
 388  
 389  
 390  
 391  
 392  
 393  
 394  
 395  
 396  
 397  
 398  
 399  
 400  
 401  
 402  
 403  
 404  
 405  
 406  
 407  
 408  
 409  
 410  
 411  
 412  
 413  
 414  
 415  
 416  
 417  
 418  
 419  
 420  
 421  
 422  
 423  
 424  
 425  
 426  
 427  
 428  
 429  
 430  
 431  
 432  
 433  
 434  
 435  
 436  
 437  
 438  
 439  
 440  
 441  
 442  
 443  
 444  
 445  
 446  
 447  
 448  
 449  
 450  
 451  
 452  
 453  
 454  
 455  
 456  
 457  
 458  
 459  
 460  
 461  
 462  
 463  
 464  
 465  
 466  
 467  
 468  
 469  
 470  
 471  
 472  
 473  
 474  
 475  
 476  
 477  
 478  
 479  
 480  
 481  
 482  
 483  
 484  
 485  
 486  
 487  
 488  
 489  
 490  
 491  
 492  
 493  
 494  
 495  
 496  
 497  
 498  
 499  
 500



154 - *Embasamento Cristalino*

155 O embasamento da região é composto por rochas do Orógeno Itabuna-Salvador-  
 156 Curaçá, sendo predominantemente granulitos básicos com granada (Figura 5), variando de  
 157 charnockitos a tonalitos/trondhjemitos granulíticos. Essas rochas estão agrupadas  
 158 principalmente no Complexo Ibicarai e Ibirapitanga. São constituídos por plagioclásio,  
 159 ortopiroxênio e clinopiroxênio, apresentando monazita, ilmenita, zircão e rutilo como  
 160 minerais acessórios. Exibem coloração cinza a cinza-escura e granulação fina a média.



161  
 162 Figura 5. A) Vista frontal da Cachoeira Pancada Grande, onde afloram os granulitos básicos referentes ao  
 163 embasamento da região. B) Vista dos granulitos básicos da Cachoeira Castro Alves  
 164 Figure 5. A) Front view of the Pancada Grande Waterfall, where the basic granulites related to the basement of  
 165 the region emerge. B) View of basic granulites from Castro Alves Waterfall.

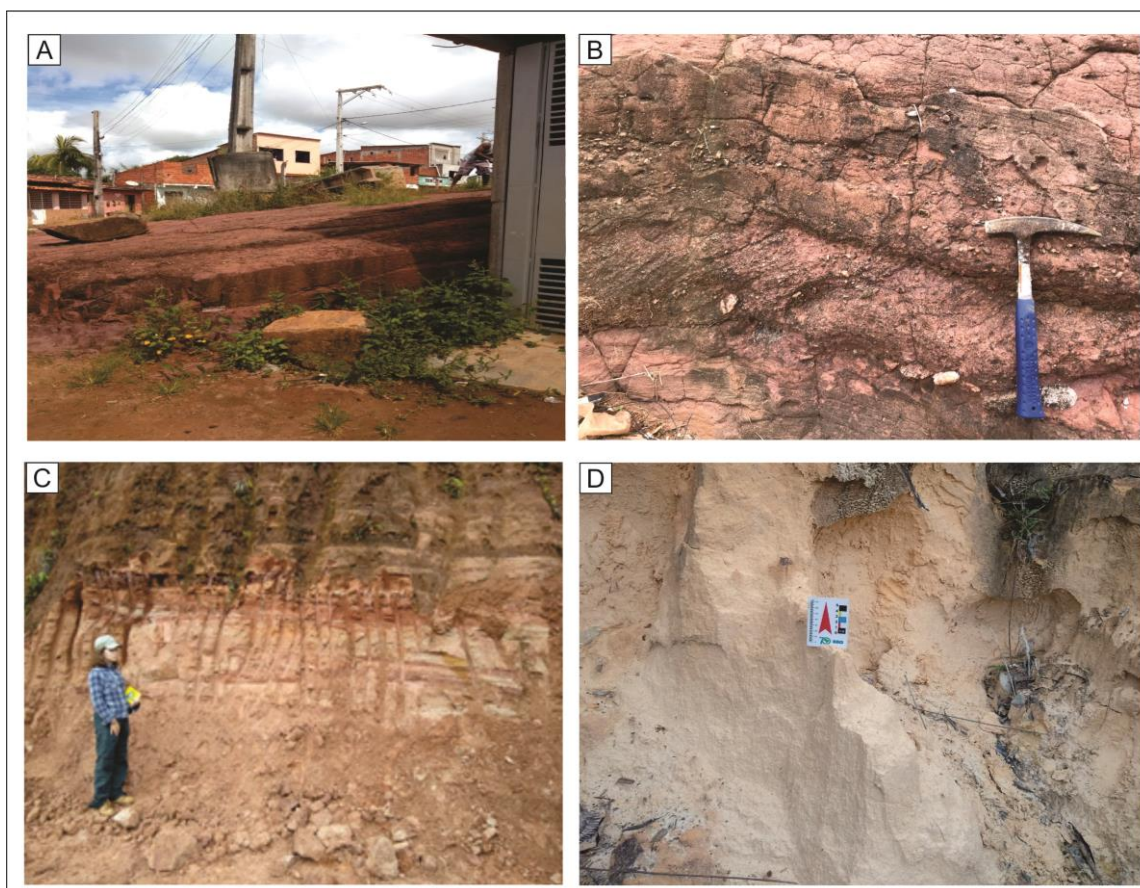
166 - *Bacia Sedimentar de Camamu*

167 Compreende os sedimentos de idade mesozoica dos grupos Brotas pré-rift (formações  
 168 Sergi e Aliança) e Camamu sin-rift (formações Taipus-Mirim e Algodões), acumulados  
 169 durante o processo de fragmentação da América do Sul e África.

170 Na área de trabalho o Grupo Brotas é constituído estratigraficamente de Formação  
 171 Aliança por conglomerados polimíticos e arenitos conglomeráticos com folhelhos  
 172 subordinados, apresentando coloração vermelha. Esta característica faz com que sejam  
 173 denominados como *red beds*. Afloramentos na praça da prainha, cortes de estrada na BA001



174 próximo ao hotel paraíso das águas e no km 4 da rodovia estadual que liga a BA001 a Pratigi  
 175 (Figura 6A). Notam-se microcamadas com ocorrência de ilmenita (Figura 6B). A Formação  
 176 Sergi é marcada pela presença de arenitos finos a conglomeráticos, constituindo ritmitos  
 177 (Figura 6C), de coloração geralmente amarelada a creme (Figura 6D). Concentrações de  
 178 ilmenita em estratos milimétricos a centimétricos foram detectados em todos os pontos  
 179 visitados.



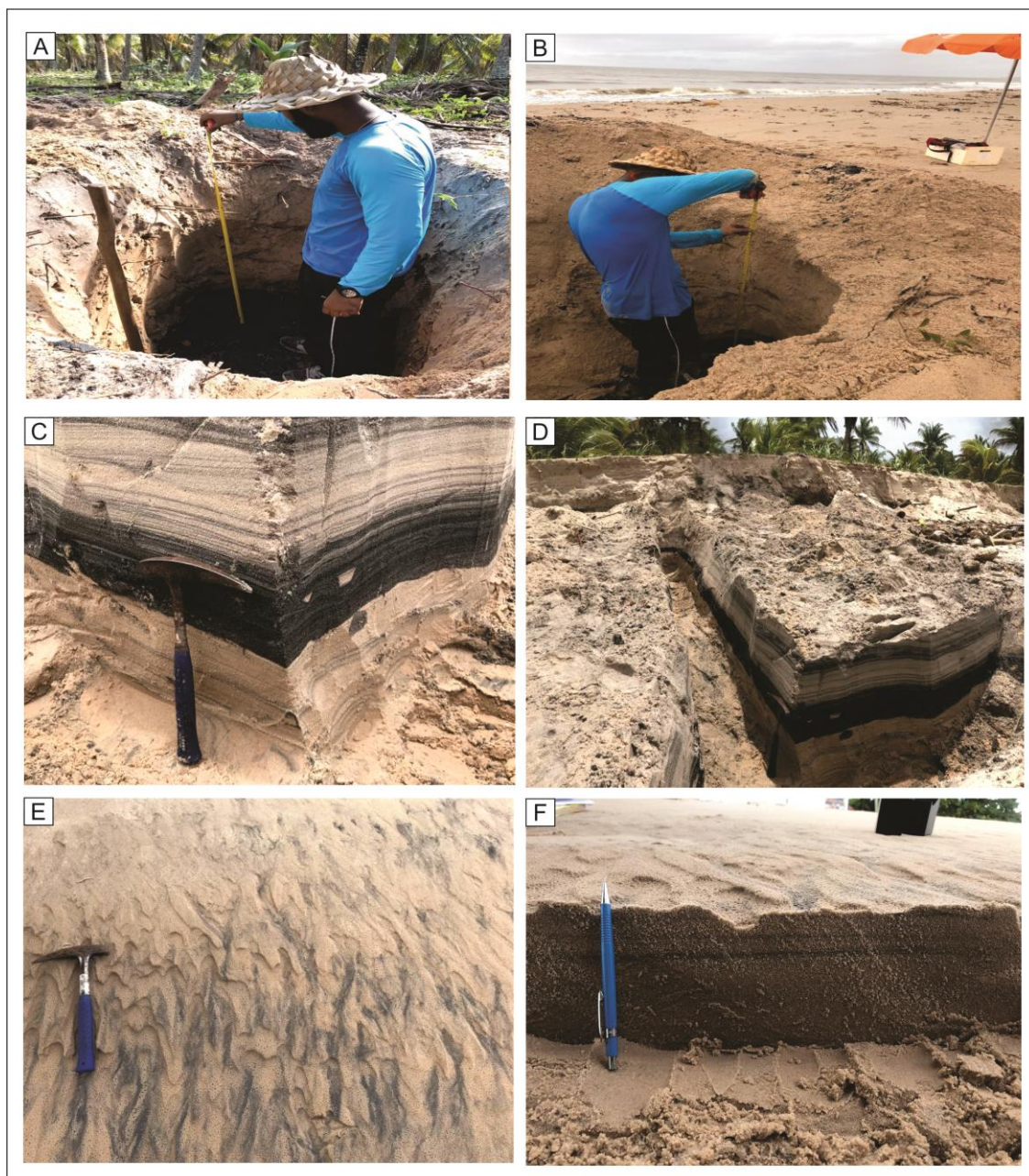
180  
 181 Figura 6. A) Afloramento de *redbeds*, pertencentes ao Grupo Brotas, na praça da prainha, em Ituberá. B)  
 182 Conglomerados polimíticos, com seixos variados e desorganizados suportados pela matriz. Notam-se  
 183 microcamadas com ocorrência de ilmenita. C) Afloramento de ritmitos compostos por microcamadas de arenito  
 184 siltooso e argilito, com finas camadas de ilmenita com 2-5mm de espessura nos níveis areníticos. D) Destaque da  
 185 coloração amarelada das rochas da Formação Sergi.  
 186 *Figure 6. A) Outcrop of redbeds, belonging to the Brotas Group, in the municipality of Ituberá. B) Polymitic*  
 187 *conglomerates, with varied and disorganized clasts supported by the matrix. Note layers with ilmenite occur. C)*  
 188 *Outcrop of rhythmites composed of silty sandstone and clay, with layers of ilmenite of 2-5mm thick at sandstone*  
 189 *levels. D) Yellowish coloration of rocks of the Sergi Formation.*

190 - *Planície Costeira*

191 Corresponde aos locais de menor altitude da região, sendo constituída por depósitos  
 192 pleistocênicos e holocênicos que se acumularam como resultado das variações do nível do  
 193 mar durante o Quaternário. Nessas áreas localizam-se as principais ocorrências de ilmenita,



194 em areias litorâneas regressivas que formam as unidades de Terraços Marinheiros Pleistocênicos  
 195 e Terraços Marinheiros Holocênicos.



196  
 197  
 198  
 199  
 200  
 201  
 202  
 203  
 204  
 205  
 206  
 207  
 208  
 209

Figura 7. A) Areias finas a médias com acumulação de ilmenita em Terraços Marinheiros Pleistocênicos. B) Poço raso com 1,6m de profundidade em Terraços Marinheiros Holocênicos. C) Arranjo de camadas de areia ilmenítica com estratificação rítmica planoparalela, granulo-decrescente e denotando topo estratigráfico. D) Sequência de camadas de areia ilmenítica exibindo estrato basal com até 18 cm de espessura, composta por até 80% de minerais pesados, com mergulho de 4° em direção a linha de costa. E, F) Efeito da degradação da estrutura estratificada das areias de praia apresentando menos de 5% de ilmenita, sugerindo início do processo de retrolavagem.

Figure 7. A) Fine to medium sand with ilmenite accumulation in Pleistocene Marine Terraces. B) Shallow well 1.6m deep in Holocene Marine Terraces. C) Arrangement of layers of ilmenitic sand with planoparalel rhythmic stratification, granular descending and denoting stratigraphic top. D) Sequence of layers of ilmenitic sand exhibiting basal stratum up to 18 cm thick, composed of up to 80% of heavy minerals, with a 4° dip towards the shoreline. E, F) Degradation effect of stratified structure of beach beaches with less than 5% ilmenite, suggesting the beginning of the backwash process.

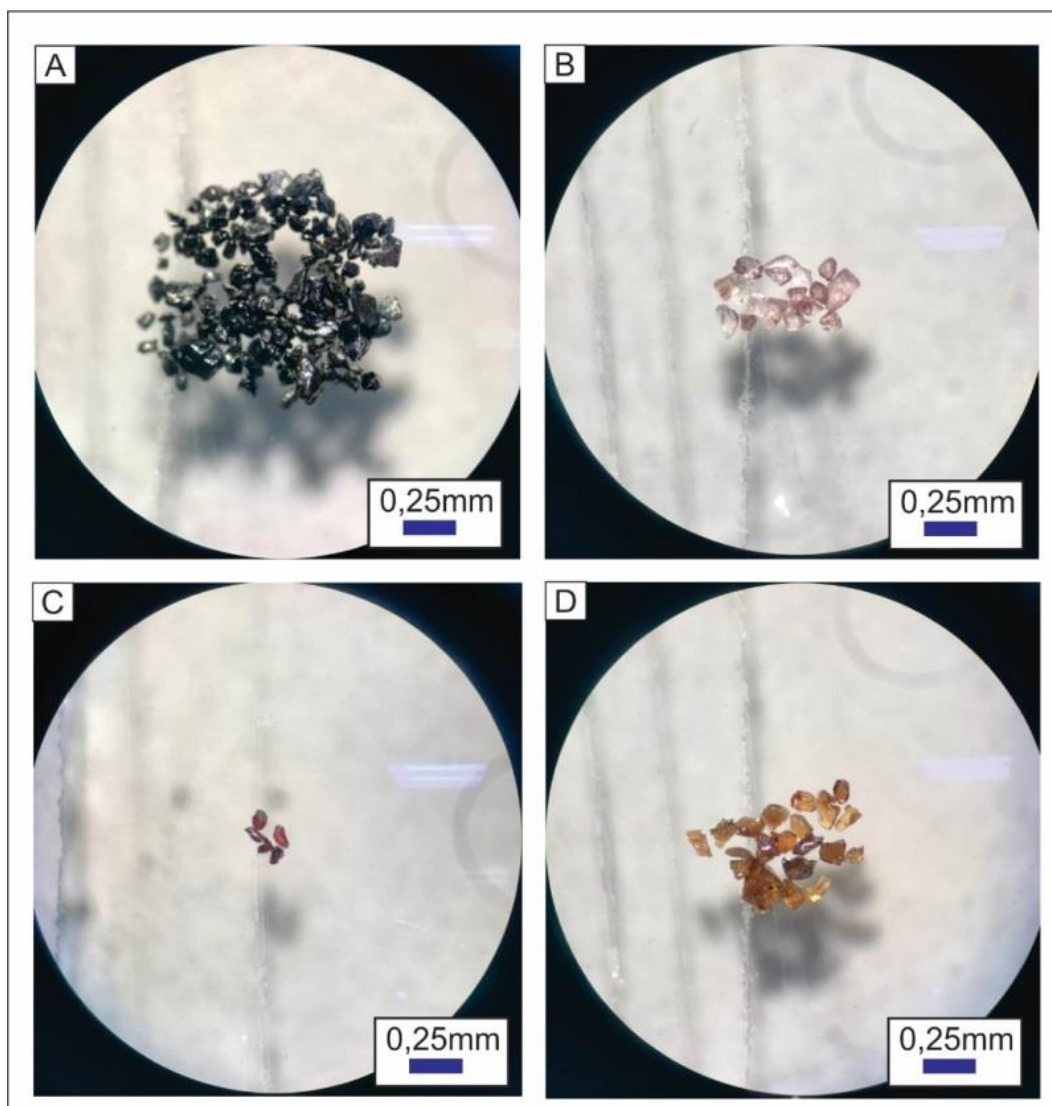
210 Os Terraços Marinheiros Pleistocênicos apresentam altitudes médias de 10 m e ocupam  
211 uma posição mais interna da planície costeira. Estão associados a solos do tipo espodossolo  
212 de coloração café com camadas argilosas sotopostas. São constituídos por areias bem  
213 selecionadas, finas a médias (Figura 7A), que gradam para lamias plásticas de coloração cinza  
214 em subsuperfície. Acumulações importantes de ilmenita são observadas, com os maiores  
215 teores se distribuindo paralelamente aos cordões litorâneos.

216 Os Terraços Marinheiros Holocênicos ocorrem em posição mais externa em relação aos  
217 Terraços Marinheiros Pleistocênicos, apresentando uma superfície plana sem rede de drenagem  
218 associada. Assim como os Terraços Marinheiros Pleistocênicos, são constituídos em superfície  
219 por areias finas a médias que gradam para lamias plásticas de origem marinha em  
220 profundidade (Figura 7C). Nessa unidade ocorrem as principais acumulações de ilmenita  
221 (Figura 7D), em faixas alongadas paralelas à linha de costa, acompanhando o alinhamento dos  
222 cordões litorâneos. A intercalação entre camadas quartzosas claras e camadas escuras ricas em  
223 minerais pesados observada no placer holocênico do Pratigi está associada à origem de  
224 lâminas superficiais, onde o processo de retrolavagem opera como fator seletivo. Foram  
225 observados efeitos da degradação da estrutura estratificada das areias de praia (Figuras 7E e  
226 7F), sugerindo a fase inicial do processo de retrolavagem.

### 227 3.2. Estudos de proveniência

228 Os principais minerais pesados identificados a partir da análise morfométrica foram:  
229 ilmenita 70%, estaurolita 12%, granada 10% e rutilo 3% (Figura 8). Os grãos apresentam-se  
230 subangulosos e com pouca esfericidade, indicando proximidade da área fonte, o que pode ser  
231 confirmado pela presença de minerais “leves” como cianita, actinolita no concentrado. A  
232 granulometria foi classificada como areia fina a muito fina (0,25 a 0,125mm), onde o tamanho  
233 das partículas seguem ordem decrescente de acordo com o aumento da densidade.

234 A partir de imagens eletrônicas retroespalhadas obtidas através de Microscópio  
235 Eletrônico de Varredura (MEV), foi realizada a comparação das ilmenitas presentes nos  
236 granulitos básicos observados na Cachoeira Pancada Grande com as ilmenitas encontradas no  
237 placer holocênico de Pratigi.



238  
239  
240  
241  
242

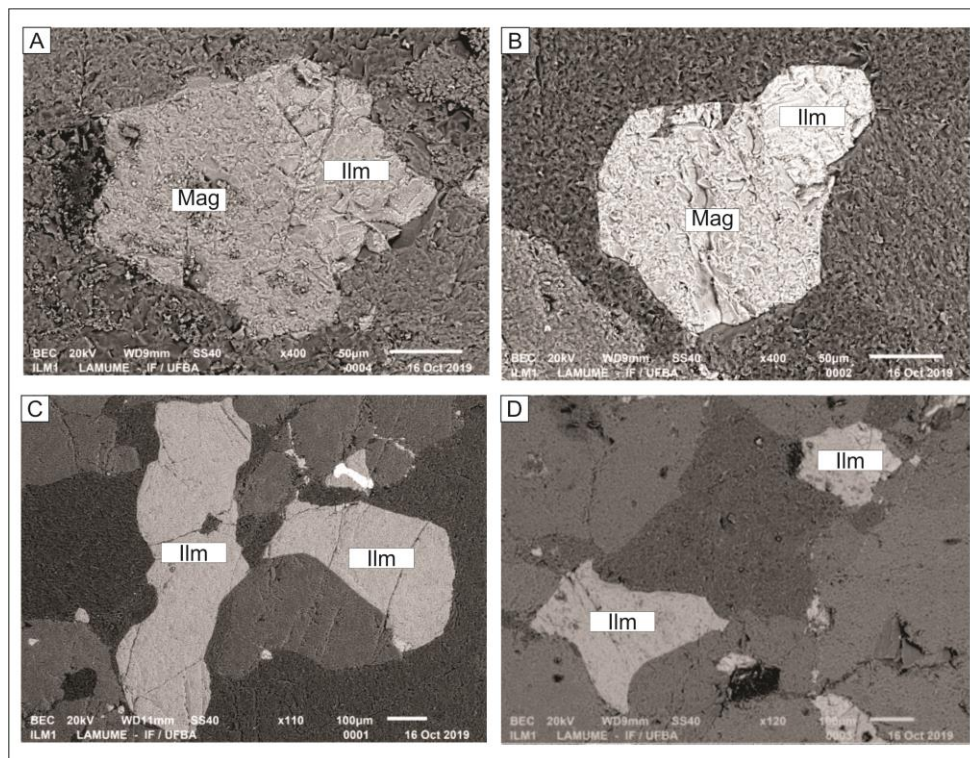
Figura 8. Principais minerais pesados identificados observados em microscópio. A) ilmenita; B) monazita; C) rutilo; D) estaurolita.

*Figure 8. Major heavy minerals observed under the microscope. A) ilmenite; B) monazite; C) rutile; D) staurolite.*

243 Foi observado que nos granulitos básicos a ilmenita ocorre como grãos idioblástico a  
244 subdioblástico (Figura 9), com faces bem formadas e contatos predominantemente retos. O  
245 diâmetro médio é de 150 $\mu$ m.

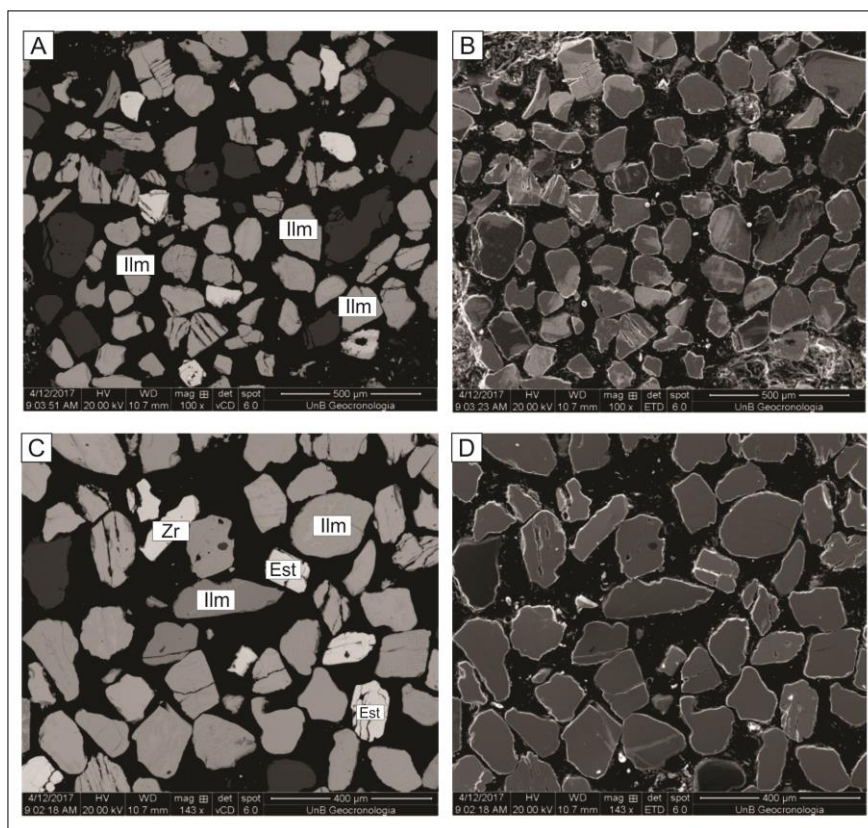
246 No placer holocênico os grãos de ilmenita observados apresentam diâmetro médio de  
247 100 a 150 $\mu$ m, são euédricos a subédricos e subangulosos (Figura 10), evidenciando pouco  
248 retrabalhamento e proximidade da área fonte.





249  
250  
251  
252  
253  
254

Figura 9. Imagens obtidas através de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) em granulitos básicos da Cachoeira Pancada Grande, com grãos euédricos a subédricos de ilmenita - diâmetro médio de 150 $\mu$ m.  
Figure 9. Electronic images performed through the Scanning Electron Microscope (SEM) in basic granulites of Pancada Grande Waterfall, highlighting euhedric and subhedric ilmenite grains with an average size of 150 $\mu$ m.



255  
256  
257  
258  
259

Figura 10. Imagens eletrônicas obtidas através de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) no placer holocênico do Pratiği, destacando grãos de ilmenita de 100 a 150 $\mu$ m, euédricos a subédricos e subangulosos.  
Figure 10. Electronic images obtained by Scanning Electron Microscope on the Pratiği holocene placer, highlighting euhedric to subhedric angular grains of ilmenite with 100 to 150 $\mu$ m.

#### 260 4. Discussão

261 Foram reconhecidos dois tipos principais de ocorrências de minerais pesados na  
262 planície do Pratigi: i) em terraços marinhos holocênicos, onde ocorrem as principais  
263 acumulações de minerais pesados, cujos teores estão concentrados em faixas alongadas  
264 subparalelas à linha de costa, acompanhando o alinhamento dos cordões litorâneos presentes  
265 na superfície do terraço; ii) nos terraços marinhos pleistocênicos, onde apresenta teores  
266 menores que também se distribuem paralelamente ao alinhamento dos cordões litorâneos  
267 (Dominguez, 2010).

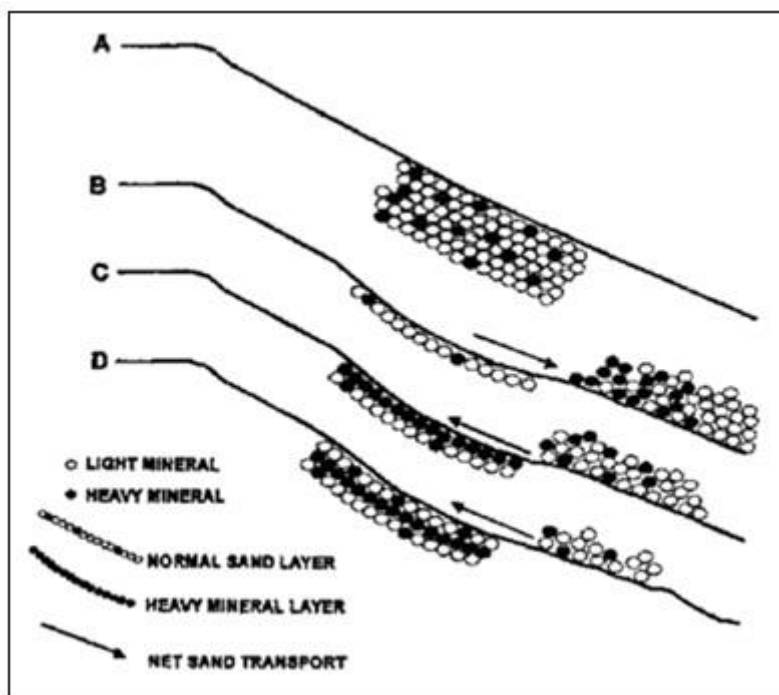
268 Com relação à gênese, os minerais pesados ocorrem originalmente como componentes  
269 traços (> 0,1%) em rochas do embasamento. Rochas metamórficas de alto grau, como os  
270 granulitos básicos que formam o embasamento da região, constituem as melhores rochas  
271 fonte para minerais pesados contendo titânio.

272 O diâmetro médio entre 100-150 $\mu$ m das ilmenitas do placer holocênico do Pratigi  
273 evidencia compatibilidade com proveniência dos granulitos básicos observados na Cachoeira  
274 Pancada Grande. Os grãos subangulosos sugerem pouco retrabalhamento e proximidade da  
275 fonte. Apesar disso, não foi possível determinar se toda a ilmenita é realmente proveniente  
276 das rochas do embasamento, pois este mineral apresenta elevada tenacidade, sendo difícil  
277 determinar de fato a distância da área fonte a partir dos parâmetros morfométricos.

278 Além do embasamento, a ilmenita encontra-se também nos sedimentos mesozoicos da  
279 Bacia de Camamu. Esse material está sendo retrabalhado atualmente na praia pelo processo  
280 de retrolavagem, definindo um depósito holocênico de 2m de espessura, que exhibe estruturas  
281 primárias tipo estratificação planoparalelas granulodecrescentes.

282 As feições apresentadas nesse trabalho mostram que há forte influência da  
283 retrolavagem, contrapondo-se a processos eólicos. A Figura 11 demonstra um modelo  
284 empírico de deposição de minerais pesados em praias, associado à variação no regime de  
285 ondas formulado por Cascalho & Taborda (2006). Segundo este modelo, a fase inicial (Figura  
286 11A), representa uma praia com areias claras e escuras. Durante um período de erosão do  
287 depósito, promovido pela significativa ação do refluxo das ondas, há transporte sedimentar da  
288 porção subaérea da praia para a porção subaquosa (Figura 11B). Após o máximo estágio de  
289 remoção de areias, o perfil começa a recuperar seu estoque sedimentar, também pela ação do

290 refluxo das ondas. Nessa fase a praia apresenta, em sua porção superficial, uma maior  
 291 concentração de minerais pesados, com grande selecionamento dos grãos (Figura 11C). Com  
 292 a diminuição da energia de onda, a praia continua a recuperar seu estoque de sedimentos  
 293 formados por grãos de diferentes composições (Figura 11D).



294  
 295 Figura 11. Modelo empírico de deposição de minerais pesados em praias a partir do processo de retrolavagem.  
 296 Cascalho & Taborda (2006).

297 *Figure 11. Empirical model of deposition of heavy minerals in beaches from the backwash process*  
 298 *Cascalho and Taborda (2006).*

299 Apesar do pequeno número de análises, os métodos aplicados apresentaram sucesso na  
 300 identificação da rocha-fonte dos grãos de areia ilmenítica. O potencial econômico da área de  
 301 estudo é muito grande, visto que a atitude desses grupos de camadas possui uma declividade  
 302 suave em direção ao mar, mostrando a possibilidade da existência de depósitos submersos em  
 303 lâminas até a isóbata de 10m.

### 304 Referências Bibliográficas

305 Barsottelli-Botelho, M.; Brito, R. C. S. Near Surface Geoscience Conference & Exhibition, The  
 306 Hague, Netherlands, 2019.

307 Blott, S. J.; Pye, K. **Particle shape: a review and new methods of characterization and**  
 308 **classification.** *Sedimentology* 55.1 31-63, 2008.

- 309 Bittencourt, A. C. S. P. **As coberturas Terciárias e Quaternárias do interior e da zona costeira.** In:  
310 J.F.Barbosa, J.M.L. Dominguez (eds.). Texto básico para o mapa geológico da Bahia ao milionésimo.  
311 Governo da Bahia, Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, Cap. VIII, p.165 – 181, 1996.
- 312 Cascalho J. P. V. & Taborda R. P. M. **Heavy mineral placer formation - An example from Algarve,**  
313 **Portugal.** Journal of Coastal Research, Proceedings of the 8 International Coastal Symposium, Itajaí,  
314 SC, Brazil. SI 39: 246-249, 2006.
- 315 Dillenburg, S. R. ; Tomazelli, L. J., Martins L. R. e E. G. Barboza. **Modificações de Longo Período**  
316 **da Linha de Costa das Barreiras Costeiras do Rio Grande do Sul.** GRAVEL, 3: 4-9 ISSN 1678 -  
317 2005
- 318 Dominguez, J. M. L. **Ilmenita do Rio de Campo: texto e mapas.** Salvador: CBPM, 2009.
- 319 Dominguez, J. M. L. **Ilmenita do Rio de Campo: APA do Pratigi.** Salvador: CBPM, 2010. 45p.
- 320 Dominguez, J. M. L.; Bittencourt, A. C. S. P. **Zona Costeira.** In: BARBOSA J. S. F. (Coordenação  
321 Geral). Geologia da Bahia, Pesquisa e Atualização, Capítulo XVII, Volume 2. Salvador, 2012.
- 322 Force, E. R. **Geology of titanium mineral deposits.** Colorado: Geological Society America, 1991.  
323 112 p. (Special Paper, 259).
- 324 Japsen, P; Bonow, J; Pgreen, Pf; Cobbold, Pr; Chiossi, Lilletveit, R, Magnavita, Lp , And Pedreira, Aj.  
325 **Episodic Burial And Exhumation In Ne Brazil After Opening Of The South Atlantic.** Gsa  
326 Bulletin; V. 124, 2012.
- 327 Martin, L. et al. **Mapa geológico do quaternário costeiro do Estado da Bahia: texto explicativo.**  
328 Salvador: CPM, 1980. 57 p.
- 329 Pettijohn, F. J.; Ridge, J. D. **A textural variation series of beach sands from Cedar Point,**  
330 **Ohio.** Journal of Sedimentary Research, v. 2, n. 2, p. 76-88, 1932.
- 331 Pettijohn, F. J.; Ridge, J. D. **A mineral variation series of beach sands from Cedar Point,**  
332 **Ohio.** Journal of Sedimentary Research, v. 3, n. 2, p. 92-94, 1933.
- 333 Rebouças, R. C. **Biografia das areias da Costa do Dendê: um estudo da composição das areias de**  
334 **praia entre o rios Jequiriçá e Tijuípe.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia,  
335 Salvador, 2006.



336 Tomazzoli, E. R.; Oliveira, U. R.; Horn Filho, N. O. **Proveniência dos minerais de óxidos de Fe-Ti**  
337 **nas areias da praia do Pântano do Sul, ilha de Santa Catarina (SC), sul do Brasil.** Revista  
338 Brasileira de Geofísica, v. 25, p. 49-64, 2007.

339 Weltje, G. J.; Eynatten, H. **Quantitative provenance analysis of sediments: review and**  
340 **outlook.** Sedimentary Geology, 171(1-4), 1-11, 2004.

341

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

BARSHOTTELLI-BOTELHO, M.; BRITO, R. C. S. Near Surface Geoscience Conference & Exhibition, The Hague, Netherlands, 2019.

BLOTT, S. J.; PYE, K. **Particle shape: a review and new methods of characterization and classification.** *Sedimentology* 55.1 31-63, 2008.

BITTENCOURT, A. C. S. P. **As coberturas Terciárias e Quaternárias do interior e da zona costeira.** In: J.F.Barbosa, J.M.L. Dominguez (eds.). Texto básico para o mapa geológico da Bahia ao milionésimo. Governo da Bahia, Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, Cap. VIII, p.165 – 181, 1996.

CASCALHO J. P. V. & TABORDA R. P. M. **Heavy mineral placer formation - An example from Algarve, Portugal.** Journal of Coastal Research, Proceedings of the 8 International Coastal Symposium, Itajaí, SC, Brazil. SI 39: 246-249, 2006.

DOMINGUEZ, J. M. L. **Ilmenita do Rio de Campo: texto e mapas.** Salvador: CBPM, 2009.

DOMINGUEZ, J. M. L. **Ilmenita do Rio de Campo: APA do Pratigi.** Salvador: CBPM, 2010. 45p.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. **Zona Costeira.** In: BARBOSA J. S. F. (Coordenação Geral). Geologia da Bahia, Pesquisa e Atualização, Capítulo XVII, Volume 2. Salvador, 2012.

EMERY, K.O.& NOAKES, L.C., 1968. **Economic placer deposits of the continental shelf.** **Technical Bull.** Economic Commission for Asia and Far East, U.N., 1: 95-110.

FORCE, E. R. **Geology of titanium mineral deposits.** Colorado: Geological Society America, 1991. 112 p. (Special Paper, 259).

Hamilton, N.T.M., 1995, **Controls on the global distribution of coastal titanium-zirconium placers: International Geology Review**, v. 37, p. 755–779.

JAPSEN, P; BONOW, J; PGREEN, PF; COBBOLD, PR; CHIOSSI, LILLETVEIT, R, MAGNAVITA, LP , AND PEDREIRA, AJ. **Episodic Burial And Exhumation In Ne Brazil After Opening Of The South Atlantic**. Gsa Bulletin; V. 124, 2012.

MARTIN, L. et al. **Mapa geológico do quaternário costeiro do Estado da Bahia: texto explicativo**. Salvador: CPM, 1980. 57 p.

PETTIJOHN, F. J.; RIDGE, J. D. **A textural variation series of beach sands from Cedar Point, Ohio**. Journal of Sedimentary Research, v. 2, n. 2, p. 76-88, 1932.

PETTIJOHN, F. J.; RIDGE, J. D. **A mineral variation series of beach sands from Cedar Point, Ohio**. Journal of Sedimentary Research, v. 3, n. 2, p. 92-94, 1933.

REBOUÇAS, R. C. **Biografia das areias da Costa do Dendê: um estudo da composição das areias de praia entre o rios Jequiçá e Tijuípe**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

TOMAZZOLI, E. R.; OLIVEIRA, U. R.; HORN FILHO, N. O. **Proveniência dos minerais de óxidos de Fe-Ti nas areias da praia do Pântano do Sul, ilha de Santa Catarina (SC), sul do Brasil**. Revista Brasileira de Geofísica, v. 25, p. 49-64, 2007.

WELTJE, G. J.; EYNATTEN, H. **Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook**. Sedimentary Geology, 171(1-4), 1-11, 2004.

## ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA PESQUISA EM GEOCIÊNCIAS - UFRGS

---

### Diretrizes para Autores – Pesquisa em Geociências - UFRGS

#### Instruções aos Autores

Os manuscritos devem ser cuidadosamente preparados pelos autores observando as instruções aqui apresentadas.

A partir de 2018, as submissões são pelo Sistema Eletrônico de Editoração Eletrônica (SEER) disponibilizadas pela *Open Journal System*na base de dados da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Na etapa de submissão, os autores devem preparar um arquivo com extensão pdf, incluindo o texto e todas as ilustrações. A fim de facilitar a preparação do arquivo a ser submetido pelos autores, a revista disponibiliza um modelo de documento para acesso e utilização como padrão na confecção do arquivo de texto. As instruções gerais e o detalhamento sobre a formatação são apresentados a seguir.

#### Arquivo modelo para preparação dos manuscritos

#### Considerações gerais

1. Os manuscritos devem ser originais, com temática relacionada com a área de Geociências, conforme tabelas de áreas de conhecimento do CNPq e da CAPES.
2. Os manuscritos devem elaborados observando rigorosamente as normas de redação da língua mãe.
3. Na submissão, o autor correspondente deverá declarar que (i) o trabalho não foi publicado anteriormente (exceto na forma de um resumo ou como parte de uma palestra ou de um trabalho de conclusão de curso, tese ou dissertação); (ii) o trabalho não está sendo avaliado para publicação em outro meio de divulgação; (iii) todas as informações apresentadas no manuscrito são de responsabilidade do autor correspondente, bem como dos demais coautores, quando houver; e, (iv) se aceito, não será publicado na mesma forma por outro meio.

#### Língua

4. Línguas aceitas para submissão e publicação: português, espanhol ou inglês.
5. Manuscritos redigidos em português: além do resumo, devem conter *abstract*.
- 6 Manuscritos redigidos em espanhol: além do *resumen*, devem conter *abstract*.
7. Manuscritos redigidos em inglês: além do *abstract*, devem conter resumo. Conservar a homogeneização da língua inglesa no formato americano ou britânico.
8. Termos não traduzidos de outra língua, distinta daquela do manuscrito, devem constar em itálico.

#### Formatação do manuscrito para submissão

9. Cada manuscrito pode conter um total de até 40 páginas, incluindo referências e ilustrações no formato de submissão. Páginas excedentes poderão ser publicadas mediante consulta prévia.

10. Materiais suplementares vinculados ao manuscrito (tais como figuras em formatos distintos, listas, tabelas com dados detalhados) poderão ser publicados, sob consulta, somente na forma *online*, sendo os autores responsáveis pela formatação final.

11. Utilizar o *software* Microsoft Word para produção do texto, com todas as margens ajustadas em 2,5 cm, espaço 1,5 entre linhas, fonte *Times New Roman*. Manter a formatação do texto o mais simples possível.

12. Todas as páginas do texto devem ser sequencialmente numeradas na margem superior direita.

13. As linhas devem estar numeradas de modo contínuo do início ao fim do texto.

14. Título do trabalho: alinhado à esquerda, em negrito, fonte tamanho 14. Manuscritos redigidos em português ou espanhol deverão ter o título vertido para língua inglesa e posicionados logo abaixo do título original em uma nova linha. Manuscritos em inglês deverão ter o título vertido para a língua portuguesa, também posicionado abaixo do título original.

15. Nome dos autores: tamanho 12, com a margem alinhada à esquerda, escritos em sequência, separados por vírgulas (e "&" antes do último); o último sobrenome de cada autor deverá ser escrito em caixa alta; exemplo: Carla Amaral RITTER, Pedro Luiz MENDONÇA & Adam SMITH (incluir números sobrescritos referentes aos vínculos institucionais explicitados a seguir).

16. Vínculo institucional dos autores: fonte 11, alinhado à esquerda, espaço simples (1), adaptar estritamente conforme os exemplos que seguem; não utilizar abreviações nos nomes das instituições.

1 Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9.500, CEP 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil (email@xxx).

2 Centro de Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Av. dos Astronautas, 1.758, CEP 12.227-010, São José dos Campos, SP, Brasil (email@zzz.zz, email@yyyy.yy).

17. Resumo, *resumen* e *abstract*. devem abordar de forma clara e concisa a problemática, os objetivos, os métodos, os resultados e as conclusões, nesta ordem; comportar até 20 linhas, em fonte 11, parágrafo único (reco de 1 cm à direita e à esquerda), espaço entre linhas simples, sem citações bibliográficas.

18. Palavras-chave (para manuscritos em português e inglês), *Palabras clave* (manuscritos em espanhol) e *Keywords* (manuscritos em português, espanhol e inglês): lista de até seis termos, separados por vírgula, fonte 11, espaço entre linhas simples, reco de 1 cm à direita e à esquerda; evitar utilizar termos já descritos no título.

19. Organizar o texto nas seguintes seções: 1 Introdução; 2 Área; material e métodos (inserir nesta seção informações sobre o estado de arte: p. ex. caracterização geológica, estratigráfica, fundamentação teórica); 3 Resultados; 4 Discussão dos resultados; 5 Conclusões; Agradecimentos (opcional); e Referências bibliográficas. Em manuscritos com características particulares, formas distintas de divisão poderão ser aceitas: neste caso, elaborar e submeter para análise.

20. Todo o texto, a partir da seção 1 Introdução (excetuando-se os agradecimentos), deve ser confeccionado em fonte 12, justificado, com primeira linha de cada parágrafo com reco do lado esquerdo de 1,25 cm.

21. Os títulos das seções deverão constar ordenadamente com algarismos arábicos, em negrito, alinhados à esquerda, sem reco, fonte 12.

22. Os subtítulos devem ser ordenados com algarismos arábicos, alinhados à esquerda, sem reco, em itálico (p. ex.: 2.1 *Localização da área*, 2.2 *Estratigrafia*, 2.3 *Métodos*), assim sucessivamente, até a terceira ordem (p. ex.: 3.2.1), fonte 12.

23. Agradecimentos: sem numeração, fonte 11, espaço simples entre linhas, alinhado à esquerda, sem recuo, incluindo, quando cabíveis, números de projetos/processos, agências de fomento, esclarecimento sobre a relação do manuscrito como parte constituinte de dissertações ou teses de doutoramento etc. Os autores não devem fazer agradecimentos às suas próprias instituições.

24. As ilustrações devem ser inseridas no arquivo Microsoft Word, na posição desejada, centralizadas, com a respectiva legenda na posição superior (no caso de tabelas e quadros) ou inferior (figuras). A primeira citação de uma ilustração no texto deve ser feita antes de sua inserção. Ordenar as ilustrações de modo fluido, de modo a facilitar a leitura do texto e sua posterior e imediata visualização.

25. Recomendações gerais sobre a formatação: (i) não usar hifenização no processador de texto; (ii) usar negrito, itálico, subscrito, sobrescrito etc., somente quando pertinente; (iii) não importar tabelas e equações de programas gráficos (use o processador de texto para criá-las); (iv) não utilizar notas de rodapé; (v) utilizar sempre os símbolos internacionais de medidas ao invés dos nomes completos (p. ex.: 7 m ao invés de 7 metros).

### Ilustrações

26. Figuras, tabelas e quadros são consideradas ilustrações.

27. Figuras: são ilustrações gráficas, imagens fotográficas ou fotomicrográficas, com extensão jpg, ou jpeg, ou tiff; em resolução compatível para publicação (mínima de 300 dpi).

28. Tabelas: compreendem ilustrações que armazenam informações numéricas, construídas com bordas laterais abertas; não devem ultrapassar uma página em extensão; editadas em *Word* ou *Excel*.

29. Quadros: são ilustrações contendo elementos textuais, construídos com bordas fechadas; não devem ultrapassar uma página em extensão; editados em *Word* ou *Excel*.

30. Em casos excepcionais, apêndices poderão compor o manuscrito, alocados após as referências.

31. Numeração das ilustrações: o número das figuras, tabelas e quadros é independente (p. ex.: figura 1, figura 2, quadro 1, quadro 2, tabela 1), constituindo numeração e ordenamento próprios para cada tipo de ilustração, de forma sequencial.

32. Figuras compostas: trata-se de ilustração com mais de uma parte interna (vide exemplos na lista abaixo). Nestes casos, cada parte deve conter uma letra maiúscula no canto superior esquerdo, em tamanho não maior que 14, conforme exemplos que seguem. A legenda deve ser iniciada por um título geral para a figura como um todo, seguida de suas respectivas partes.

Exemplo: Hadlich et al. (2017, v. 44, n. 3, p. 403)

Figura 1. Contexto geológico regional. A) Localização do Cinturão Dom Feliciano no sul do Brasil (adaptada de Chemale Jr., 2007); B) Domínios interno, central e externo do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Catarinense e falhas que os delimitam (adaptado de Basei et al., 2011a); C) Geologia da região de Gaspar (a partir de Wildner et al., 2014).

Recomendação: atentar para as normas de pontuação, que devem ser seguidas, estritamente conforme exemplos.

33. No texto, as ilustrações deverão ser citadas conforme os exemplos apresentados: “A coluna estratigráfica do intervalo estudado é apresentada na figura 5.” “Dos táxons registrados, somente *G. occidentalis* (Fig. 7A) e *G. obovata* (Fig. 7B e C) correspondem....” “As características pluviométricas da área estão listadas, por município, no quadro 2, enquanto os valores das temperaturas médias e precipitação são apresentados separadamente (Tab. 3 e 4).”

34. Todas as ilustrações devem ser preparadas e inseridas no texto de modo a não necessitar ampliações ou reduções, com legibilidade e dimensões compatíveis a uma largura máxima de 8 ou

16,5 cm (para uma coluna ou para a largura da página, respectivamente) e altura máxima de 24 cm, considerando o uso econômico dos espaços disponíveis. Evitar espaços internos em branco.

35. Ilustrações confeccionadas com gradientes de cor (ex. tons de cinza), os autores devem garantir que os tons escolhidos sejam discerníveis no formato eletrônico e impresso.

36. Legendas dos manuscritos redigidos em português: todas as legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua inglesa.

37. Legendas dos manuscritos redigidos em espanhol: todas as respectivas legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua inglesa.

38. Legendas dos manuscritos redigidos em inglês: todas as respectivas legendas das ilustrações devem vir acompanhadas de sua versão integral na língua portuguesa.

39. Nos casos de figuras compostas, dar nome geral à figura e, logo após, às suas partes, tal como exemplificado a seguir: Figura 1. Mapa de localização. A) Bacia de Campos; B) Localização da área de mapeamento (polígono azul). *Figure 1. Location map. A) Campos Basin; B) Location of mapping area (blue polygon).*

40. Recomendações adicionais: (i) não usar qualquer tipo de arquivo otimizado para tela (tais como GIF, BMP, PICT, WPG); (ii) molduras das figuras devem ter espessura compatível com os caracteres internos; (iii) escalas gráficas devem ser expressas nas áreas das ilustrações; (iv) todos os símbolos devem ser explicados convenientemente nas legendas gráficas (dentro da figura) ou na legenda textual; (v) os menores símbolos ou letras devem ter uma altura mínima de 1 mm); (vi) sugere-se o uso da fonte Arial narrow para as ilustrações; (vii) no modelo de documento disponível no sítio da revista é apresentada uma tabela e um quadro, rigorosamente preparados conforme o padrão da revista.

41. Cada mapa ou imagem de localização deve comportar: seta Norte; escala de barra em quilômetros (km) ou metros (m); grade/malha e informação do sistema de coordenadas; fuso; datum.

### Referências bibliográficas

42. Ao longo do texto e nas legendas, as citações devem seguir os formatos dos seguintes exemplos: Santos (1970), Smith & McGregor (1956), Lange (1947a, 1947b), e para três ou mais autores: Lange *et al.* (1951). Quando entre parênteses, referenciar os vários artigos primeiramente em ordem cronológica e, como segundo critério, em ordem alfabética, conforme os seguintes exemplos: (Lange, 1947a, 1947b; Lange *et al.*, 1951; Smith & McGregor, 1956; Axel, 1970; Smith, 1970).

43. O emprego do termo *apud* como recurso à citação de obras não consultadas diretamente pelo autor é desencorajado, salvo em casos excepcionais.

44. As referências devem ser listadas ao final do texto, ordenadas alfabeticamente pelo sobrenome do primeiro autor, seguido dos demais autores, conforme, criteriosamente, os exemplos fornecidos.

### Livros:

Passchier, C.W., Myers, J.S. & Kroner, A. 1990. *Field geology of high-grade gneiss terrains*. Berlin, Springer-Verlag, 150p.

### Capítulos de livro:

Brown, G.C. 1982. Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution and relation to volcanic arcs. *In*: Thorpe, R.S. (Ed.). *Andesites: orogenic andesites and related rocks*. London, John Wiley, p. 437-460.

### Artigos em periódicos:

Andrés, M.F. 2008. Modelización del flujo em acuífero confinado sin discretización temporal. *Boletín Geológico y Minero*, 119(2): 273-282.

Russo, R.W. 1997. Facies and facies models. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 256(3/4): 7-34.

Russo, R.W. & Caldas, P.K. 2015. Anfíbolites and granulites. *Lithosphere*, 14(2): 7-21.

Russo, R.W. & Silver, P.J. 1996. Cordillera formation, mantle dynamics, and the Wilson cycle. *Geology*, 24(1): 5-35.

Russo, R.W., Oliveira, S.S. & Ramos, V. 1994. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, 33(supl.): 4-27.

Sommer, F.W. 1959. Introdução ao estudo sistemático dos gêneros paleozóicos de esporos dispersos. II - Pollenites. *Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia*, 197: 5-91.

#### **Trabalhos publicados em anais de eventos:**

Schneider, R.L., Mühlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F. & Nogueira, A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 41-66.

#### **Trabalhos acadêmicos:**

Macedo, F.P. 1982. *Petrologia do complexo granítico de São Gabriel, RS*. Porto Alegre, 193p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Massoli, M. 1991. *Relação entre o embasamento cristalino e os sedimentos basais do Subgrupo Itararé na região de Salto de Pirapora, SP*. São Paulo, 94p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Silva, W.G. 2008. *Bioestratigrafia e variações relativas do nível do mar na Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estudo da seção neogênica/quadernária do poço 2-CA-1-RS com base em registros palinológicos*. Porto Alegre, 84p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

#### **Relatórios internos e outras produções institucionais:**

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. *Vocabulário básico de recursos minerais e meio ambiente*. 2a. ed., Rio de Janeiro, IBGE, 332p.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2002. *Diagnóstico das condições das encostas marginais dos reservatórios dos rios Tietê e Paranapanema*. São Paulo, IPT, 440p. (Relatório 23.302).

Malcom, H.J. 1979. *Report on biostratigraphical results of samples from Colorado Basin*. Houston, EXXON/SIEXF, 152p. (Internal Report).

#### **Mapas:**

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1981. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 2 v., escala 1:1.000.000.

#### **Documentos em meio eletrônico:**

Camargo, K.C. & Spoladore, A. 2009. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre a distribuição de cavernas carbonáticas ao primeiro planalto paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009, Montes Claros. *Anais...* Montes Claros. p. 1-17. Disponível em: < [http://www.sbe.com.br/anais30cbe/30cbe\\_011-017.pdf](http://www.sbe.com.br/anais30cbe/30cbe_011-017.pdf) >. Acesso em: 30 set. 2009.



Frater, H. 1998. *Landforms of the Earth*. Berlin, Springer, 1 CD-ROM.

Hinrichs, R. & Soares, A.P.P. 2001. Análise de metais pesados em pilhas e baterias. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 8., 2001, Curitiba. *Anais...* Curitiba, SBGq. 1 CD-ROM.

Micheels, A., Bruch, A. & Mosbrugger, V. 2009. Miocene climate modeling sensitivity experiments for different CO<sub>2</sub> concentrations. *Palaeontologia Electronica*, 12(2): 1-19. Disponível em: <[http://palaeo-electronica.org/2009\\_2/172/index.html](http://palaeo-electronica.org/2009_2/172/index.html)>. Acesso em: 05 out. 2009.