

# Minerais pesados da plataforma continental interna adjacente à Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil

## *Heavy minerals of the inner continental shelf adjoining to Santa Catarina Island, Southern Brazil*

José Gustavo Abreu<sup>a,e</sup>, Rafael Ferreira Langella<sup>b,f</sup>, Norberto Olmiro Horn Filho<sup>c,g</sup>, Lauro Júlio Calliari<sup>d,h</sup>, Rodrigo Sant'Ana<sup>a,i</sup>

<sup>a</sup>Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, <sup>b</sup>Instituto Somos do Mar, <sup>c</sup>Departamento de Geologia, Universidade Federal de Santa Catarina, <sup>d</sup>Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande

<sup>e</sup>[gabreu@univali.br](mailto:gabreu@univali.br), <sup>f</sup>[langellaoceano@gmail.com](mailto:langellaoceano@gmail.com), <sup>g</sup>[norberto.horn@ufsc.br](mailto:norberto.horn@ufsc.br), <sup>h</sup>[llcalliari@log.furg.br](mailto:llcalliari@log.furg.br), <sup>i</sup>[rsantana@univali.br](mailto:rsantana@univali.br)

---

### Resumo

A plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina, litoral do estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil, foi estudada objetivando analisar a ocorrência de pláceres de minerais pesados nos sedimentos superficiais. Para isso foram coletadas 100 amostras entre 15 e 50m de profundidade usando um amostrador *van Veen* que foram analisadas quanto à granulometria com peneiras de malha entre 0,180-0,090mm e separação gravimétrica com uso de bromofórmio. Os minerais foram identificados com uso de lupa binocular e calculadas as porcentagens relativas de cada espécie de mineral pesado. Algumas amostras foram selecionadas para serem submetidas ao separador isodinâmico *Frantz* de forma a parametrizar a análise mineralógica de todo conjunto amostral. Uma análise multivariada (vetorial modo Q-R) foi aplicada para identificar possíveis relações entre a ocorrência dos minerais com a variável profundidade e distância da costa. Aplicou-se também o índice entre as porcentagens de zircão, turmalina e rutilo (índice ZTR) para avaliar a maturidade dos depósitos e especular sobre suas proveniências. As análises demonstraram que as concentrações mais significativas são de turmalina, ilmenita e epidoto, com ocorrência secundária de hornblenda e tremolita. Os resultados permitiram também um melhor entendimento sobre as distribuições das principais assembleias mineralógicas e forneceram informações para a gestão dos recursos minerais presentes na ZEE brasileira e orientar órgãos públicos em futuras tomadas de decisões, de forma a assegurar a exploração sustentada e a devida preservação da plataforma continental brasileira.

**Palavras-chave:** mineralogia; sedimentologia; plataforma continental; Santa Catarina.

### Abstract

The inner continental shelf adjacent to the island of *Santa Catarina*, in the coast of the state of *Santa Catarina*, in the southern region of Brazil, was studied with the aim of analyzing the occurrence of heavy mineral placers in surface sediments. For this, 100 samples were collected between 15 and 50m deep using a Van Veen sampler, which were analyzed for granulometry with mesh screens between 0.180-0.090mm and gravimetric separation using bromoform. The minerals were identified using a binocular magnifying glass and the relative percentages of each species of heavy mineral were calculated. Some samples were selected to be submitted to the Frantz isodynamic separator in order to parameterize the mineralogical analysis of the entire sample set. A multivariate analysis (vector Q-R mode) was applied to identify possible relationships between the occurrence of minerals with the variable depth and distance from the coast. The index between the percentages of zircon, tourmaline and rutile (ZTR index) was also applied to evaluate the maturity of the deposits and to speculate on their provenance. The analyzes showed that the most significant concentrations are tourmaline, ilmenite and epidote, with secondary occurrence of hornblende and tremolite. The results also allowed a better understanding of the distributions of the main mineralogical assemblies and provided information for the management of mineral resources present in the Brazilian EEZ and to guide public bodies in future decision making, in order to ensure the sustained exploitation and the proper preservation of the platform. Brazilian mainland.

**Keywords:** mineralogy; sedimentology; continental shelf; *Santa Catarina*.

---

## 1. Introdução

O Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (REMPLAC), implementado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) do Governo Brasileiro têm, entre outras metas, caracterizar os depósitos litoclásticos da margem continental brasileira visando futuros projetos de aproveitamento dos seus recursos minerais. Esse trabalho tem foco na identificação e distribuição dos minerais pesados presentes nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina e, assim, atender à um dos objetivos do programa de reconhecimento do potencial mineral da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Brasil. Além disso, preenche uma lacuna na pesquisa sobre minerais pesados na plataforma continental, aspecto pouco estudado da sedimentologia da margem continental sul-brasileira e da plataforma continental de Santa Catarina, em particular.

## 2. Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho é a plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina

situada no setor Central do estado de Santa Catarina, entre as latitudes 27°22'S e 27°50'S, no oceano Atlântico sul-sudoeste entre as isóbatas de 5 e 50m (figura 1).

Na área continental emersa adjacente à ilha de Santa Catarina destacam-se três grandes unidades morfoestruturais: i) um conjunto de serras de orientação aproximadamente SW-NE, conhecidas como Serras do Leste Catarinense, consideradas o arcabouço geológico-estrutural das regiões Central e Centro-oriental da Plataforma Sul-Americana (Almeida et al. 1976); ii) a bacia sedimentar paleozoica do Paraná e, iii) o Planalto da Serra Geral constituído por basaltos toleíticos de idade cretácea (Scheibe 1986). Essas rochas representam os terrenos mais elevados da província costeira, formando maciços rochosos, promontórios e ilhas. As planícies costeiras, as praias e a plataforma continental adjacente são sítios deposicionais de sedimentos provenientes destas regiões montanhosas.

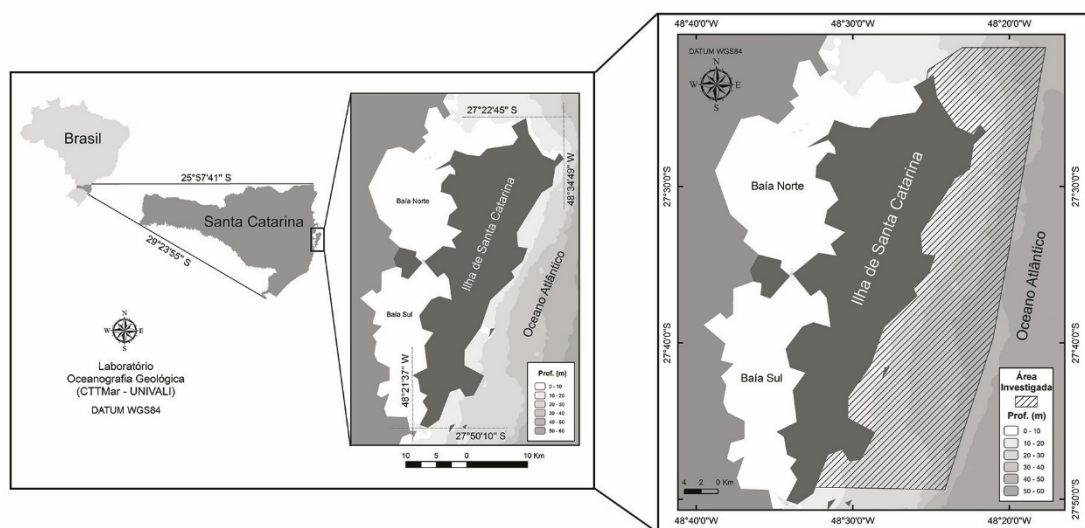


Figura 1. Localização da área de estudo.

Em Santa Catarina a província costeira é constituída de um embasamento cristalino/sedimentar e pelas bacias sedimentares marginais de Santos e Pelotas que têm, ambas, caráter tectônico passivo, assentadas no oceano Atlântico sul desde o início da deriva continental que terminou por fragmentar o continente *Gondwana* (Horn Filho 2003). O setor emerso da província costeira é representado pela planície costeira e o setor submerso, por sua vez, é representado pela plataforma continental.

As unidades geológicas da ilha de Santa Catarina compõem o Escudo Catarinense, representado por granitos, granitoides e riolitos, sendo todos intrudidos por enxames de diques de diabásio, e os sistemas

deposicionais continentais, litorâneos e antropogênicos modernos (Tomazzoli & Pellerin 2015). A plataforma continental do estado Santa Catarina é recoberta por sedimentos relíquia retrabalhados por processos atuais e pelas variações eustáticas do nível do mar Quaternário (Martins et al. 1972, Corrêa 1980, Gré 1983, Martins 1987, Corrêa et al. 1996, Abreu 1998, 2010). Sua superfície é recortada por vales de pequenas amplitudes (Zembruski 1979) e a declividade é em torno de 0,08°. A profundidade de quebra situa-se entre as isóbatas de 120 a 180m, transicionando suavemente para um talude de declive pouco acentuado, em torno de 1,0° (Abreu 2010). A fácies sedimentar predominante é a arenosa estando subordinadamente depositadas as fácies sílticas e argilosas

dependendo do maior ou menor contribuição fluvial (Corrêa et al. 1996).

### 3. Metodologia

Nesta pesquisa foi analisado um conjunto de 100 amostras de sedimentos superficiais coletados durante duas campanhas oceanográficas à bordo dos navios NPq. Soloncy Moura (CEPSUL/ICMBio) e NOc. Atlântico Sul (IO/FURG) para execução do projeto “Levantamento Geológico e Geofísico da Plataforma Continental Interna do Estado de Santa Catarina, Ilha de Santa Catarina, com Ênfase nos Depósitos Econômicos Granulados Siliciclásticos, Bioclásticos e Minerais Pesados”, no âmbito do Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (REMLAC).

As amostras foram coletadas com amostrador superficial “*van Veen*”, cujas análises granulométricas e a identificação dos minerais pesados foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina (CFH/UFSC) e no Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade do Vale do Itajaí (LOG/EMCT-UNIVALI). A separação das classes granulométricas se deu pelo método das peneiras com intervalo de  $\frac{1}{4}$  de  $\phi$  (Φ) (Suguio 1973) e classificadas segundo a escala de Wentworth (1922). Utilizou-se o software SYSGRAN 3.0 (Camargo 2006) para determinação dos parâmetros estatísticos mediana (Md), desvio padrão ou grau de seleção ( $\sigma$ ), assimetria (Ski) e curtose (Kg) de acordo com a classificação de Folk & Ward (1957). A figura 2 mostra a localização dos pontos de coleta.

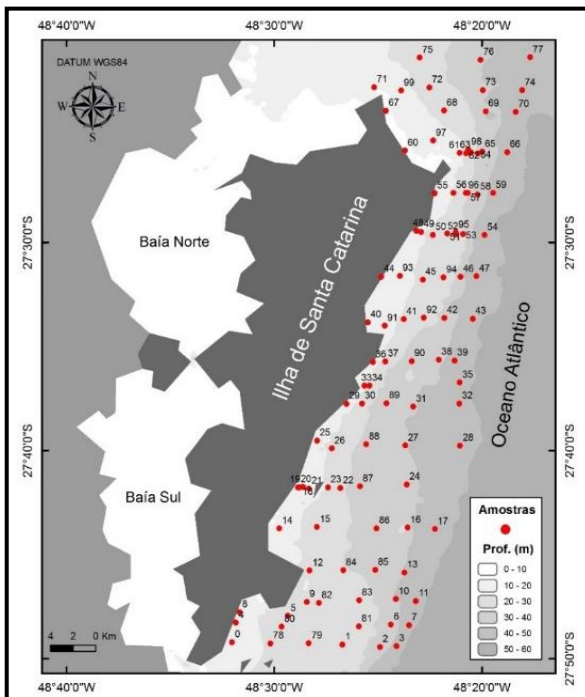


Figura 2. Localização das 100 amostras de sedimentos coletadas na plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina, setor Central de Santa Catarina.

O conteúdo retido em cada peneira foi pesado e, em seguida, submetido ao método densimétrico utilizando o bromofórmio ( $\text{CHBr}_3$ ,  $d=2,89\text{g/cm}^3$ ) para separação dos minerais leves dos pesados.

As análises quali-quantitativas das espécies minerais foram realizadas na fração granulométrica correspondente ao intervalo de abertura da malha 0,180- 0,125mm por possibilitar uma identificação mais segura (Carver 1971, Tomazelli 1978), considerando um “n” amostral de 300 grãos (Galehouse 1971). A análise morfológica dos grãos levou em consideração a classificação proposta por Powers (1953, In: Dias 2004).

Algumas amostras foram submetidas ao separador isodinâmico Frantz nas amperagens de 0,4; 0,6; 0,8; 1,2 e >1,2, de acordo com Martins (1964). As amostras selecionadas para essa análise foram aquelas coletadas nas profundidades de 5, 10, 20, 30, 40 e 50m. A identificação das espécies minerais separadas pelo método Frantz foi realizada com lupa binocular e comparadas com as tabelas de susceptibilidade magnética de Rosenblum (1958), Flinter (1959), Hess (1959) e Martins (1964).

Para o reconhecimento das principais propriedades dos minerais foram utilizados guias de fotos e tabelas de propriedades óticas e mineralógicas disponibilizadas por Devismes (1978), Addad (2001) e Pereira et al. (2005).

A Análise dos Componentes Principais (ACP) e vetoriais modo-QR foi aplicada para explicar a distribuição dos minerais pesados (Calliari & Fischeler 1990, Berquist 1990, Cascalho 2000, Ayup-Zouain et al. 2001, Correa et al. 2008). Os mapas de distribuição dos minerais foram construídos com o software ArcMap 10.2.2. (ArcGIS), (ESRI 2010) aplicando o interpolador “*Natural Neighbors*” e o Geoestatistical Analyst para criar tabelas com percentagens relativas dos minerais retidos na peneira de malha 0,125mm, escolhida por ser a fração mais representativa entre todas.

### 4. Resultados

Na plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina predomina sedimentos arenosos (78,5%), com diâmetro médio de 3,87Φ e, secundariamente, fácies lamosas (silte e argila) normalmente estendendo-se até a isóbata de 30m compondo 21,5% dos sedimentos amostrados (tabela 1). A distribuição das fácies, tanto arenosas quanto as lamosas, pode ser observada na figura 3.

Tabela 1. Percentagem relativa da cobertura sedimentar pelas principais fácies sedimentares presentes.

Fácies sedimentar	Percentagem da cobertura sedimentar	Diâmetro médio (Φ)
Areia fina	35,5	2,49
Areia muito fina	29,9	3,41
Silte grosso	12,1	4,38
Silte médio	9,3	5,22

Os minerais pesados constituem uma pequena parte da fração arenosa representando em média 2,61% do peso total da amostra. No intervalo 0,125- 0,090mm compõem cerca de 2,15% do peso da amostra enquanto que na fração 0,180-



0,125mm eles representam 0,46%, em média, do peso da amostra (tabela 2, figura 3).

Tabela 2. Percentuais mínimos, máximos e parâmetros estatísticos de média e mediana determinados nas frações 0,090mm e 0,125mm

	% mm	% mm	% Total
Mín.	0,1	0,1	0,2
Máx.	13,3	12,9	26,1
Méd.	2,15	0,46	2,61
Media	1,5	0,2	1,7

Entre os minerais pesados retidos na fração 0,180-0,125mm a turmalina é a de maior ocorrência estando presente em todas as amostras analisadas, com concentração variando entre 18 e 35% dos minerais. Seguem na ordem de ocorrência ilmenita, epidoto, cianita, hornblenda, leucóxeno, magnetita, zircão, apatita, tremolita, rutilo, estauroilita, granada, hiperstênio e augita conforme ilustra as figuras 4 e 5 e o apêndice 1.

O percentual de ocorrência dos minerais em ordem de abundância pode ser observado com mais detalhe na tabela 3.

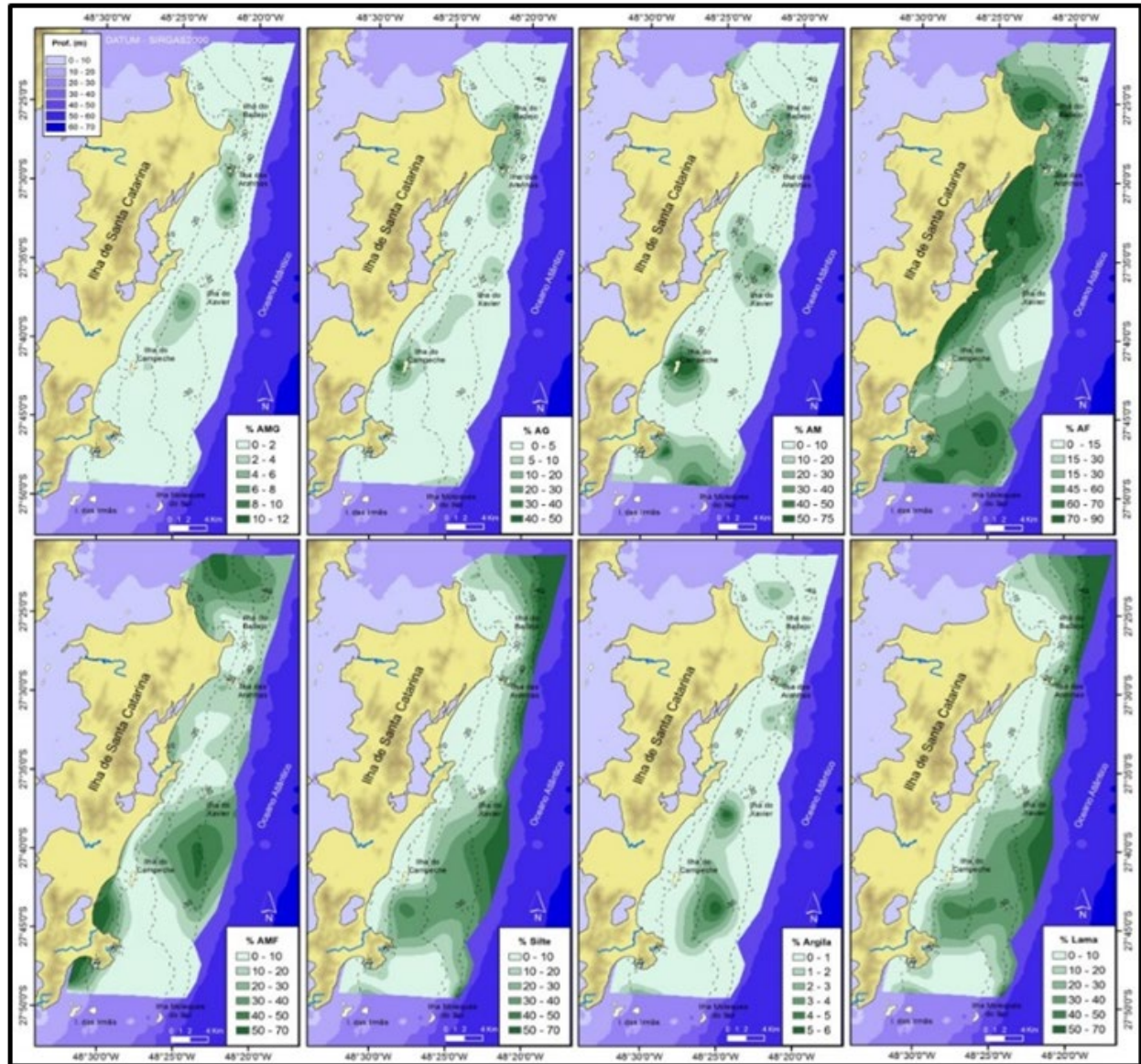


Figura 3. Distribuição espacial das porcentagens das fácies sedimentares presentes sobre a superfície da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

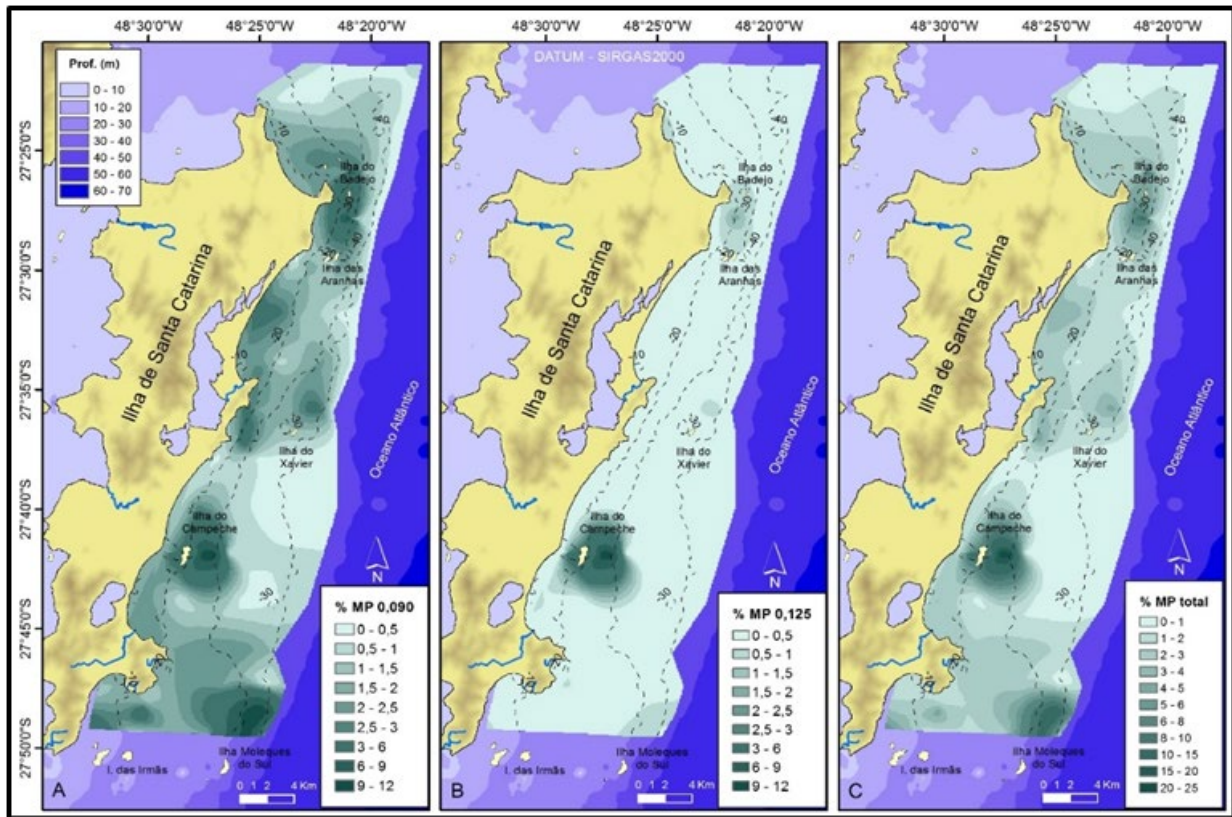


Figura 4. Mapa da concentração de minerais pesados nas diferentes classes granulométricas.

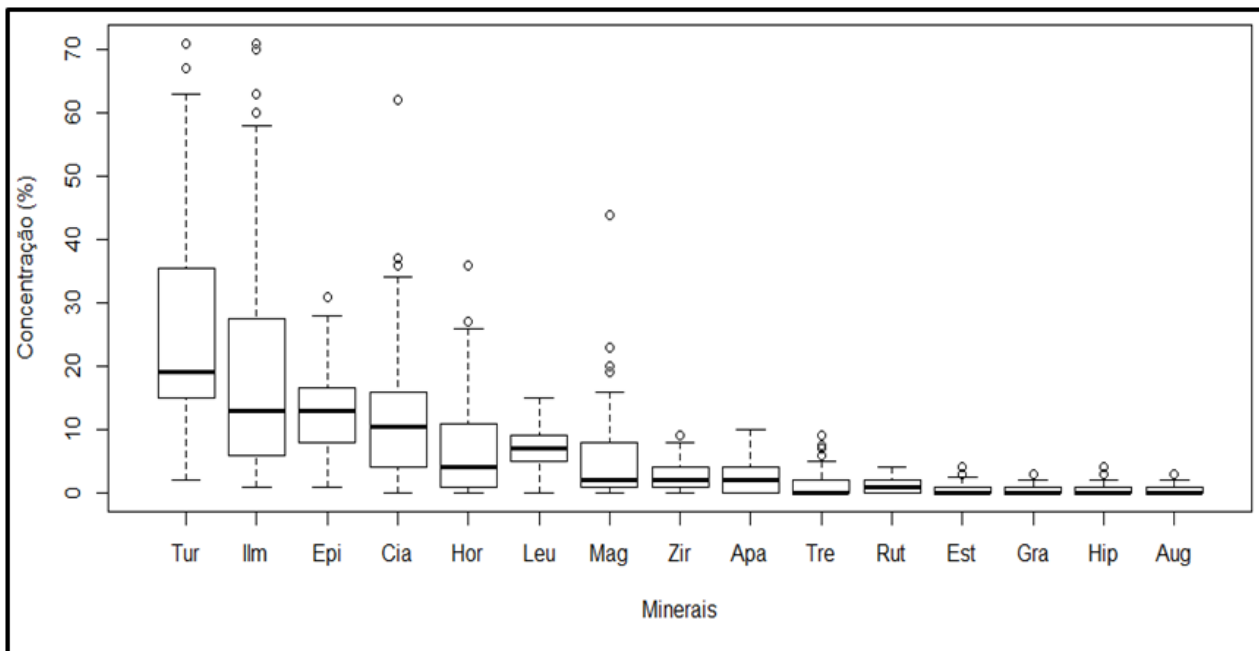


Figura 5. Gráfico representativo dos percentuais de medianas, quartis superiores e inferiores, valores máximos e mínimos e outliers dos minerais pesados dos sedimentos superficiais da plataforma continental adjacente à ilha de Santa Catarina. Legenda: (Tur)=turmalina; (Ilm)=ilmenita; (Epi)=epidoto; (Cia)=cianita; (Hor)=homblenda; (Leu)=leucoxeno; (Mag)=magnetita; (Zir)=zircão; (Apa)=apatita; (Tre)=tremolita; (Rut)=rutilo; (Est)=eustauroлита; (Gra)=granada; (Hip)=hiperstênio; (Aug)=augita.

A distribuição dos minerais pesados identificados na plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina é descrita a seguir, acompanhada dos mapas que indicam a localização das maiores ocorrências de cada espécie mineral. Fotos e descrição morfoscópica e

percentuais médios de ocorrência de distribuição no fundo submarino são apresentadas nos apêndices 1 e 2.

De modo geral os minerais translúcidos correspondem a 68,8% e os opacos compõem 31,19% de todas as espécies minerais identificadas. Além dos minerais relacionados acima foi também observada a ocorrência de minerais



considerados como traços, com destaque para: alanita, anatásio, andaluzita, enstatita, esfero, espinélio, monazita, silimanita, titanita e zoisita, relacionados em ordem alfabética no apêndice 1.

Tabela 3: Porcentagem média da ocorrência das espécies minerais nos sedimentos superficiais da plataforma continental adjacente à Ilha de Santa Catarina.

Mineral	Percentual médio na amostra
Turmalina	26,1
Ilmenita	19,1
Epidoto	13,3
Cianita	12,4
Hornblenda	7,3
Leucóxênio	6,9
Magnetita	5,1
Zircão	2,8
Apatita	2,5
Tremolita	1,3
Rutilo	1,0
Estaurolita	0,7
Granada	0,5
Hiperstênio	0,5
Augita	0,4

#### 4.1. Distribuição dos minerais pesados na área de estudo

A distribuição dos minerais pesados identificados na plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina é descrita a seguir, acompanhada dos mapas que indicam a localização das maiores ocorrências de cada espécie mineral. Fotos e descrição morfológica e percentuais médios de ocorrência de distribuição no fundo submarino são apresentadas nos apêndices 1 e 2.

##### Turmalina

A turmalina ocorre em maior concentração entre 10 e 30m de profundidade com mais abundância no extremo Sul da área de estudo e em menor escala no setor Centro-norte, ao sul da ilha das Aranhas (figura 6). O percentual médio da presença turmalina na amostra é de 26,1% (apêndice 1 e foto 1, apêndice 2).

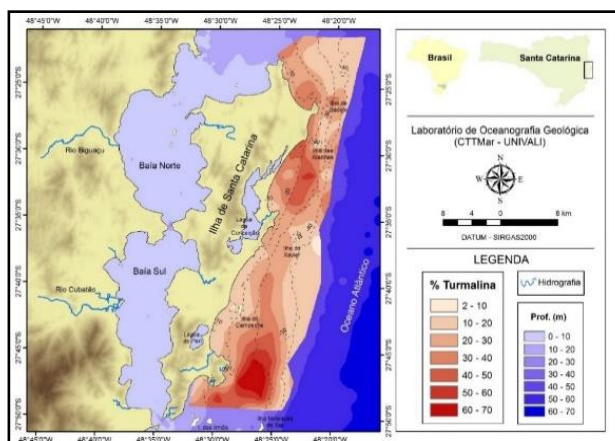


Figura 6. Distribuição espacial das concentrações de turmalina nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

##### Ilmenita

A ilmenita se distribui de maneira heterogênea em relação à profundidade. Os maiores acúmulos são nas proximidades dos promontórios rochosos e ilhas adjacentes Badejo, Aranhas, Xavier, Campeche e Moleques do Sul (figura 7). A ilmenita está presente num percentual médio de 19,1% em todas as amostras analisadas (apêndice 1 e foto 2, apêndice 2).

##### Epidoto

As maiores concentrações do epidoto encontram-se tanto mais próximas à costa nos setores Norte e extremo Sul, quanto nas isóbatas mais profundas, principalmente ao sul da ilha do Xavier (figura 8). O percentual médio do epidoto em cada amostra é de 13,3% (apêndice 1 e foto 3, apêndice 2).

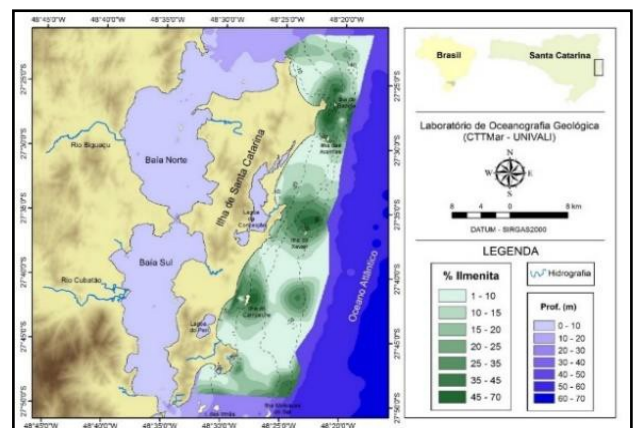


Figura 7. Distribuição espacial das concentrações de ilmenita nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

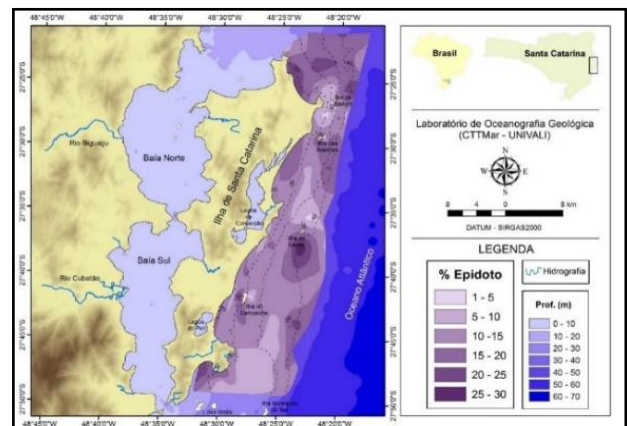


Figura 8. Distribuição espacial das concentrações de epidoto nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

##### Cianita

Esse mineral se distribui de maneira homogênea (figura 9) com as maiores concentrações nas zonas mais profundas da área investigada, entre as isóbatas de 40 e 50m de profundidade. A presença da cianita representa 12,4% dos minerais pesados em cada amostra analisada (apêndice 1 e foto 4, apêndice 2).

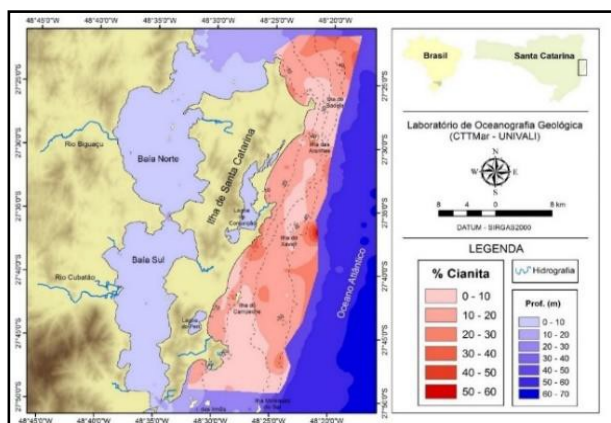


Figura 9. Distribuição espacial das concentrações de cianita nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

### Hornblenda

A hornblenda está presente em 85% das amostras com máximo de 36% dos minerais em uma amostra. Distribuiu-se de maneira semelhante à cianita, com maiores concentrações ocorrendo nas isóbatas de maior profundidade (figura 10). A hornblenda está presente em cada amostra num percentual médio de 7,3% (apêndice 1 e foto 5, apêndice 2).

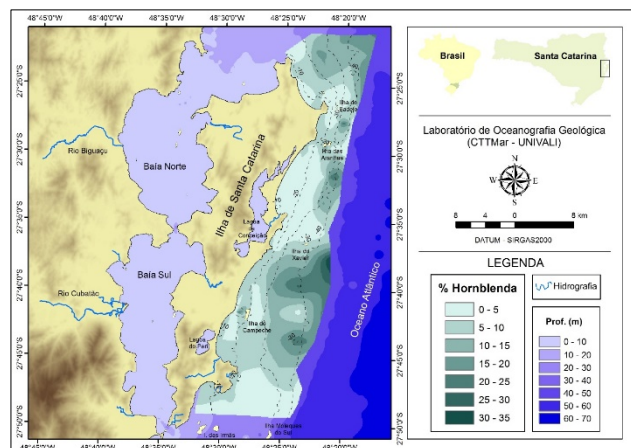


Figura 10. Distribuição espacial das concentrações de hornblenda nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

### Leucoxeno

Está presente em 99% das amostras, porém em concentrações relativamente baixas, ocorrendo em média 6,9% da concentração de minerais pesados. Se distribui nas regiões de menor profundidade, principalmente nas proximidades dos promontórios rochosos e ilhas adjacentes (figura 11) (apêndice 1 e foto 6, apêndice 2).

### Magnetita

A magnetita está presente em 91% das amostras sendo que em média caracteriza 5,1% das concentrações de minerais pesados nas amostras (apêndice 1). As maiores concentrações estão nas áreas mais rasas, próximos da atual linha de costa. Destacam-se na porção central da área, nas adjacências da laguna da Conceição e na porção sul,

próximo ao promontório rochoso (figura 12, apêndice 1 e foto 7, apêndice 2).

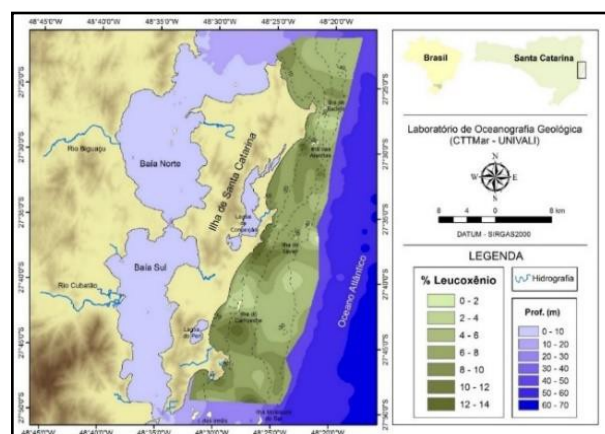


Figura 11. Distribuição espacial das concentrações de leucoxeno nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

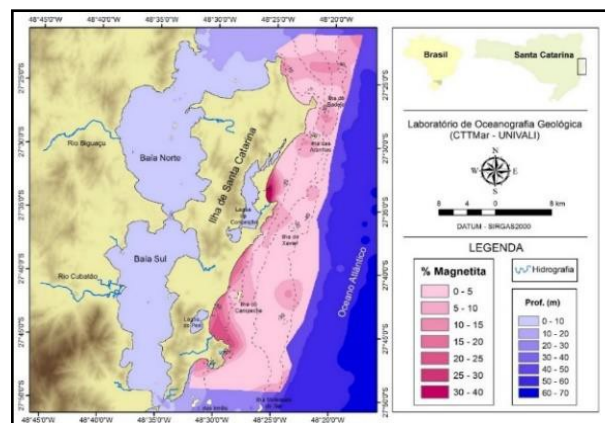


Figura 12. Distribuição espacial das concentrações de magnetita nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

### Zircão

O zircão está presente em 76% das amostras, contudo em percentuais relativamente baixos com média de 2,8% (apêndice 1). Sua distribuição é heterogênea com maiores concentrações próximo dos promontórios e ilhas. Também ocorrem nas isóbatas de maior profundidade nas porções Norte e Sul da área de estudo (figura 13 e foto 8, apêndice 2).

### Apatita

A apatita está presente em 72% das amostras, porém em baixas concentrações, em média 2,5% (apêndice 1). Sua distribuição não é homogênea pois se concentra ao redor das ilhas e promontórios rochosos, bem como nas áreas mais profundas (figura 14, foto 9, apêndice 2).

### Tremolita

A tremolita não é um mineral comum na área de estudo visto que ocorre em 48% das amostras analisadas, com concentração média de 1,3%. Sua distribuição (figura 15) segue os padrões da hornblenda e cianita onde as maiores concentrações estão nas isóbatas de maior profundidade, normalmente entre 30 e 50m (foto 10 apêndice 2).



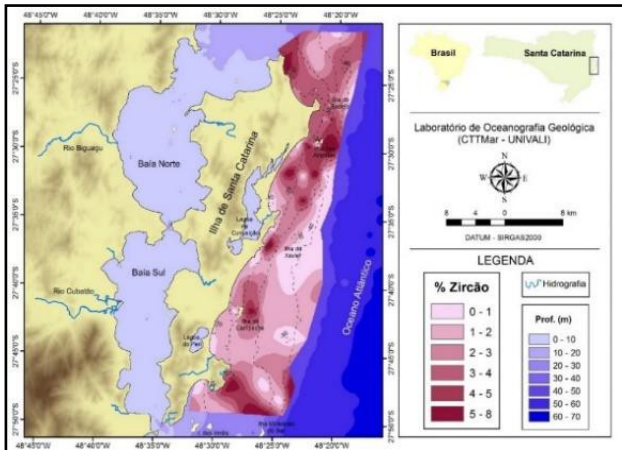


Figura 13. Distribuição espacial das concentrações de zircão nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

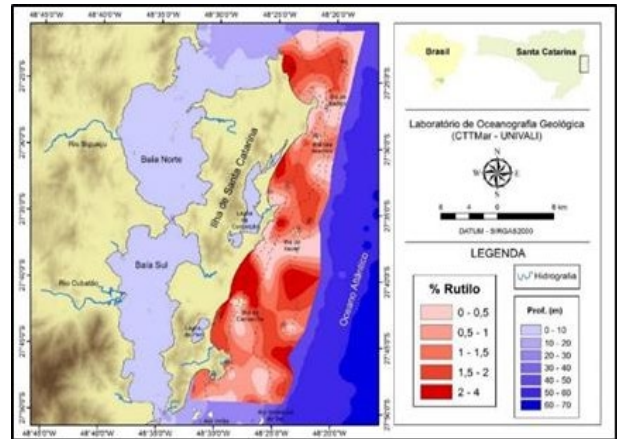


Figura 16. Distribuição espacial das concentrações de rutilo nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

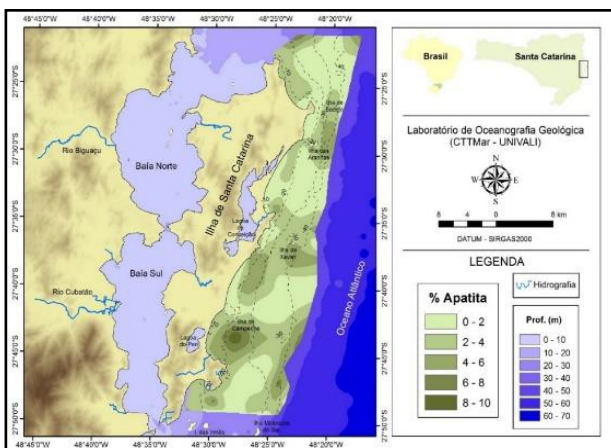


Figura 14. Distribuição espacial das concentrações de apatita nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

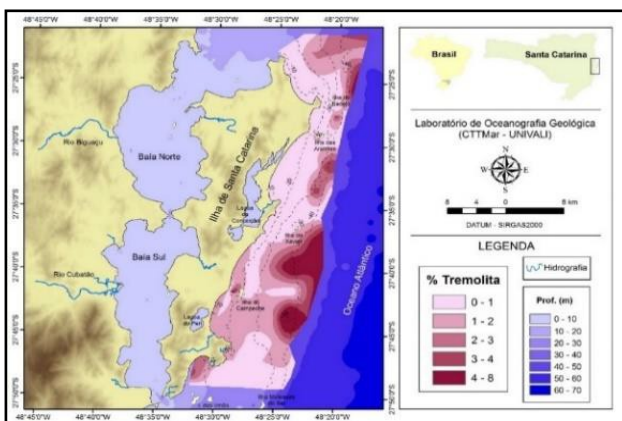


Figura 15. Distribuição espacial das concentrações de tremolita nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

## Rutilo

Apesar do rutilo apresentar uma concentração média de 1% dentre os minerais pesados nas amostras, este se mostra presente em 61% das amostras analisadas (apêndice 1). Se encontra bem distribuído na área de estudo, sendo que as maiores concentrações estão ao norte da ilha do Campeche (figura 16, foto 11 apêndice 2).

## Estaurolita

A estaurolita ocorre em 46% das amostras, com uma representatividade média de 0,7% (apêndice 1). As maiores concentrações são pontuais em diferentes profundidades, destacando-se ao norte da ilha do Xavier e Campeche, bem como no extremo Sul próximo ao promontório rochoso (figura 17 e apêndice 2, foto 12).

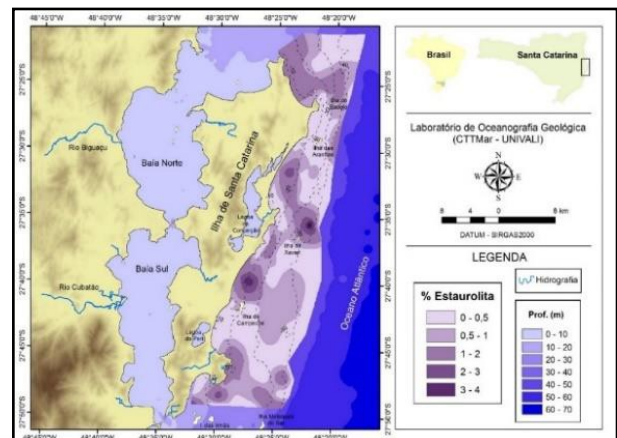


Figura 17. Distribuição espacial das concentrações de estaurolita nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

## 13. Granada

A granada está presente em 45% das amostras analisadas representando, em média, 0,5% da concentração dos minerais pesados (apêndice 1). A maior ocorrência está ao norte da ilha do Xavier e na porção Sul da área de estudo (figura 18, foto 13, apêndice 2).



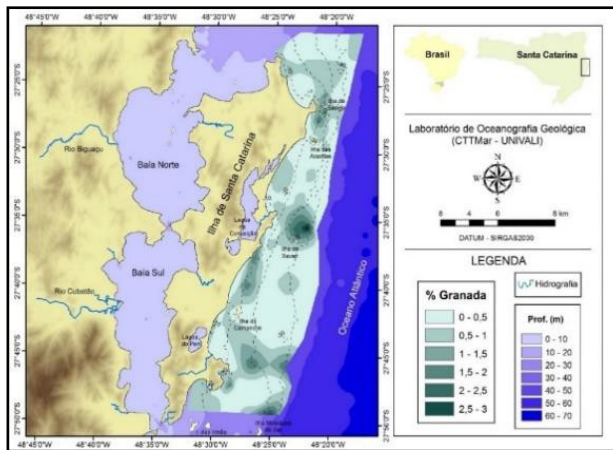


Figura 18. Distribuição espacial das concentrações de granada nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

### Hiperstênio

O hiperstênio é o mineral de menor ocorrência entre as amostras analisadas (29%), representando em média 0,5% (apêndice 1). Seu padrão de distribuição é similar ao da hornblenda, tremolita e cianita, porém, quase não há evidências deste mineral nas áreas mais rasas concentrando-se mais nas isóbatas de maior profundidade (figura 19, apêndice 2, foto 14).

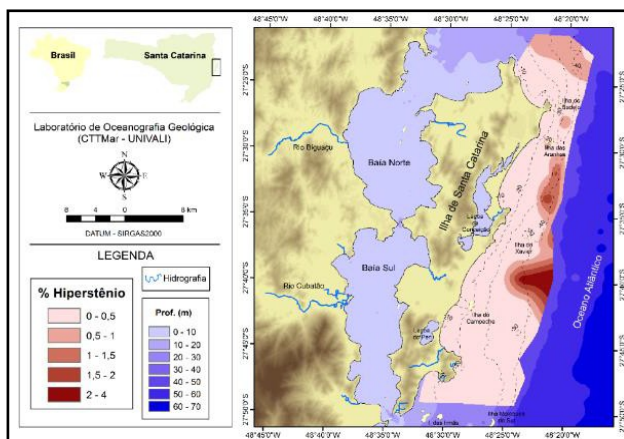


Figura 19. Distribuição espacial das concentrações de hiperstênio nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

### Augita

A augita está presente em 38% das amostras sendo, assim, o mineral menos abundante na área de estudo apresentando concentração média de 0,4% (apêndice 1).

As maiores concentrações encontram-se em baixa profundidade, mais precisamente ao sul da laguna da Conceição, bem como na enseada do Pântano do Sul (figura 20 e foto 15, apêndice 2).

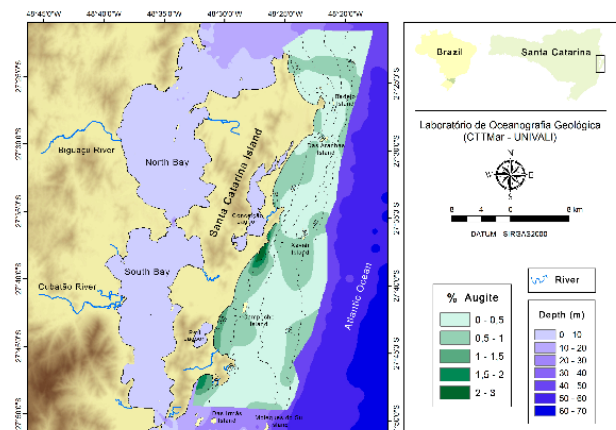


Figura 20. Distribuição espacial das concentrações de augita nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

### 4.2. Análises estatísticas

As correlações entre as diferentes espécies de minerais pesados e a variável ambiental profundidade que se relaciona indiretamente com a distância da costa e com a hidrodinâmica (ondas e correntes), foram analisadas por métodos estatísticos, mais exatamente quanto à Análise de Componentes Principais (ACP) e quanto ao índice zircão/turmalina/rutilo (Índice ZTR)

Com relação a ACP foi observado que três componentes (ou fatores) explicam cerca de 72% da variância total das amostras, sendo que o primeiro fator explica 43%; o segundo fator 15% e o terceiro fator 12% da variância (tabela 4).

Tabela 4. Percentual do total da variância explicada por cada componente.

Compon. 1	Compon. 2	Compon.3
43,79	15,97	12,35

O primeiro componente (fator 1) mostra que os minerais tremolita e hornblenda são fortemente correlacionados, positivamente e a cianita e o epidoto mostram uma correlação moderada com este mesmo fator. O zircão e a turmalina também se correlacionam com o fator 1, com correlação moderada, porém, no sentido oposto. O segundo componente (fator 2) é fortemente influenciado pela apatita. Já para a componente 3, o zircão é moderadamente correlacionado, sendo esta inversamente proporcional ao eixo. Estes resultados podem ser observados na tabela 5 e na figura 21.

Tabela 5. Distribuição dos componentes principais em relação aos minerais analisados.

Mineral	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
Turmalina	-0,573	-0,356	0,535
Epidoto	0,640	0,310	0,055
Hornblenda	0,871	-0,088	0,001
Tremolita	0,879	-0,063	-0,052
Cianita	0,693	-0,138	-0,051
Zircão	-0,558	0,328	-0,623
Apatita	0,010	0,869	0,423

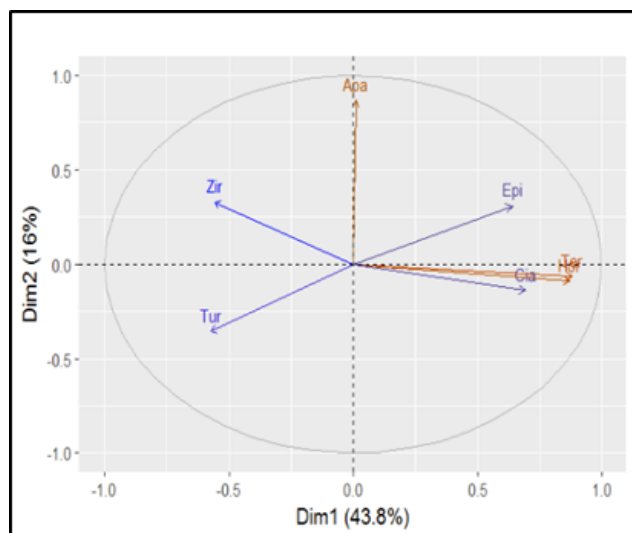


Figura 21. Plano fatorial da Análise de Componentes Principais.

Quanto ao índice zircão/turmalina/rutilo (ZTR) observa-se que os maiores valores são encontrados entre as isóbatas de 20 e 30m de profundidade, mais notadamente na porção sul da área de estudo (figura 22).

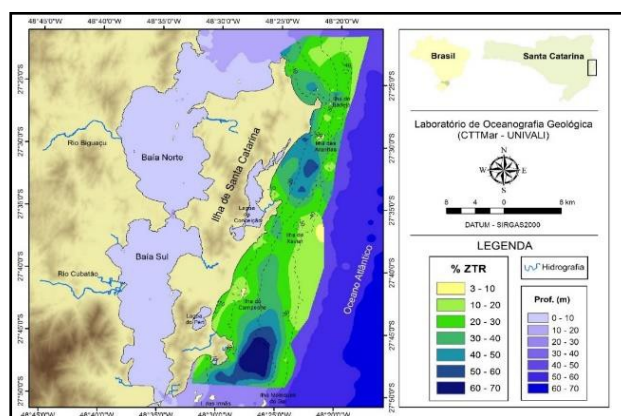


Figura 22. Distribuição espacial do índice ZTR nos sedimentos superficiais da plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina.

## 5. Discussão

A importância dos minerais pesados no estudo de depósitos sedimentares marinhos é amplamente reconhecida pois fornece informações sobre a proveniência e sobre a intensidade dos processos hidrodinâmicos.

Neste estudo, verificou-se que as frações arenosas predominam nas proximidades da linha de costa dando lugar aos sedimentos siltsos à medida que aumenta a profundidade. Souza (2007) já havia observado esse padrão deposicional num trabalho realizado na plataforma continental interna situada mais ao sul da área do presente estudo, na enseada do Pântano do Sul.

Esta distribuição das fácies sedimentares parece influenciar na ocorrência dos diferentes minerais pesados presentes na área. Observa-se que as maiores concentrações estão associadas aos depósitos arenosos de granulometria média à grossa depositados junto a locais de alta energia, próximos aos promontórios rochosos e ilhas do Badejo e Campeche. Contudo, é com a fração areia

muito fina depositada nestes locais que estão predominantemente relacionadas às assembleias dos minerais pesados. Esta circunstância pode ser explicada por uma razão hidráulica que associa os minerais de maior peso específico, com os minerais mais leves quando mobilizados juntamente com partículas de granulometria superior (Rubey 1933). A relação das maiores concentrações de minerais pesados com os depósitos de areia fina à muito fina (0,180-0,125mm e 0,125-0,090mm) já havia sido observado por Tomazelli (1978) na plataforma continental rio-grandense e por Souza & Abreu (2005) na plataforma continental interna no trecho imediatamente ao norte, entre o canal do Linguado e a ilha do Arvoredo.

Essa pesquisa aponta que os minerais pesados de maior ocorrência na plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina são turmalina, ilmenita, epidoto e cianita, concordando com os resultados de Souza & Abreu (2005). Os autores registraram a predominância dos mesmos minerais em concentrações em torno de 6% nas amostras analisadas. Os autores relacionaram essa ocorrência à contribuição da desembocadura do rio Itajaí-Açu para a cobertura sedimentar moderna da plataforma continental. A contribuição das redes de drenagem continental para região ao largo da ilha de Santa Catarina não é significativa, pelo menos no período recente, contudo, deve se levar em conta as oscilações do nível do mar ocorridas na margem continental de toda a região Sul do Brasil. Almeida (1953), Vicalvi et al. (1977), Corrêa et al. (1979), Zembrusky (1979), Caruso Jr. & Araújo (1997) e Abreu (2010) discutiram as drenagens fluviais pretéritas e que podem ser as responsáveis pelo aporte mais efetivo de sedimentos para a plataforma continental com posterior retrabalhamento. Silva (2000) levantou a questão da presença de minerais pesados em toda a plataforma continental do Brasil associada às drenagens pretérita e atuais e Morton & Johnsson (1993) comentou da possibilidade de explorar por meio de sísmica rasa os paleocanais que, segundo os autores são áreas potencialmente mineralizadas.

A forma dos grãos minerais pode determinar seu padrão de distribuição. A descrição morfológica dos grãos minerais pode ser vista no apêndice 1. Grãos mais alongados tendem a se distribuir mais amplamente e é por essa razão que a cianita, hornblenda, tremolita e hiperstênio, mesmo que em concentrações diferentes, estão presentes em todas as amostras analisadas neste estudo. Os grãos destes minerais têm maior superfície de contato o que reduz a velocidade de deposição permitindo o transporte até maiores distâncias e profundidades mais elevadas (Rittenhouse 1943, Hand 1967). Ainda com relação à forma do grão, Suguio (1973) comenta o efeito da relação superfície x volume da partícula durante o transporte sedimentar tanto aérea como aquoso. Já a magnetita, ilmenita e leucoxeno, que são minerais esféricos, com maior peso específico, tendem a se depositar em menores profundidades e nas proximidades dos promontórios rochosos e ilhas, junto aos sedimentos mais grossos, corroborando com Rubey (1933), Tomazelli (1978) e Souza & Abreu (2005).

A forma do grão, como fator controlador da distribuição das assembleias minerais sobre a plataforma continental, também é observada através da análise estatística multivariada. A ACP mostra que os minerais hornblenda e tremolita estão intimamente associados, possivelmente pelo fato que os grãos possuem formato alongado e, por essa razão, estão sujeitos às mesmas condicionantes de transporte sedimentar, possibilitando sua deposição até as maiores profundidades. Além disso, na componente 1, os minerais cianita e epidoto também apresentam correlação, porém moderada. Provavelmente a relação se deve a cianita se deve a forma similar à da hornblenda e tremolita. Já epidoto não possui aspecto alongado, contudo, por ser um mineral relativamente instável (Dana 1984), tende a se ausentar nas regiões de maior energia hidrodinâmica e, consequentemente, enriquecendo os depósitos nas regiões mais profundas. Este padrão de concentração do epidoto, bem como a relação com a hornblenda, também foi encontrado por Souza (2007) na plataforma continental interna adjacente ao litoral Centro-norte de Santa Catarina.

Já a componente 2 é fortemente influenciada pela apatita e a componente 3 pelo zircão. Estes minerais não apresentam concentração expressiva, contudo, se mostram presentes em boa parte das amostras.

Possivelmente, esta circunstância se deve à abundância destes minerais nas rochas fontes no entorno da ilha de Santa Catarina (Caruso Jr. 1993, Almeida 2004, GERCO 2010, Tomazzoli et al. 2006, Tomazzoli & Pellerin 2015). A ACP mostra as semelhanças mineralógicas das amostras representando a tendência composicional das assembleias.

Os minerais mais abundantes da área investigada, turmalina, ilmenita e epidoto são minerais comuns nos granitos e granitoides e outros terrenos cristalinos que formam o arcabouço litológico da ilha de Santa Catarina e o continente próximo. A presença do epidoto nos sedimentos de algumas praias da região, assim como outros minerais de óxidos de Fe-Ti (ilmenita e magnetita), também presentes na composição mineralógica do embasamento cristalino insular, sugerem que os tipos litológicos da ilha de Santa Catarina sejam as rochas fontes dos minerais pesados depositados na plataforma continental adjacente.

Já os minerais cianita, rutilo, estaurolita, hiperstênio e augita não ocorrem nos litotipos da ilha de Santa Catarina, entretanto, são comuns na suíte de minerais pesados da área investigada. A presença destes minerais pode estar associada ao transporte por correntes provenientes do sul do país (Tomazelli 1978, Corrêa et al. 2008) e até mesmo do rio da Prata, cuja pluma de sedimentos alcança o litoral catarinense conforme os trabalhos de Soares & Möller (2001), Pereira et al. (2005) e Freitas et al. (2012) e exercem influência na sedimentação da região mais ao norte (Mahiques et al. 2010).

Em relação ao índice ZTR (Hubert 1962) verifica-se que os maiores valores estão restritos aos locais onde se encontram os depósitos de areia mais extensos, caracterizando duas regiões de elevada energia, uma situada ao sul da área de estudo e outra ao sul da ilha das

Aranhas. Possivelmente, estas regiões estão sujeitas à maior abrasão e/ou intemperismo químico, o que resulta na seleção dos minerais mais resistentes (Suguio 2003).

O índice ZTR apresenta valores mais baixos nas proximidades de pequenas desembocaduras fluviais que transportam sedimentos constantemente em direção ao mar. Esses sedimentos têm baixo grau de maturidade o que é confirmado pelo referido índice.

## 6. Conclusão

Entre as diversas espécies de minerais pesados identificados na plataforma continental interna adjacente à ilha de Santa Catarina as mais abundantes são: turmalina (26,1%), ilmenita (19,1%), epidoto (13,3%), cianita (12,3%), hornblenda (7,3%), leucóxênio (6,9%), magnetita (5,1%), zircão (2,8%), apatita (2,5%), tremolita (1,3%), rutilo (1,0%), estaurolita (0,7%), granada (0,5%), hiperstênio (0,5%) e augita (0,4%) e entre eles, predominam ainda os opacos.

As rochas fonte desses minerais são os granitos e granitoides que afloram na ilha de Santa Catarina e região continental próxima que compõem o Escudo Catarinense. No entanto, alguns minerais que ocorrem na plataforma continental mas não fazem parte da composição mineralógica dos litotipos da região, devem ter sido transportados para ela por correntes de fundo que fluem de sul para norte transportando sedimentos, provenientes de sistemas de drenagem como o rio Itajaí-Açu, ou até mesmo o rio da Prata, entre o Uruguai e Argentina.

A forma dos grãos minerais é uma condicionante para a sua distribuição conforme os resultados da Análise dos Componentes Principais (ACP). Minerais com formas esféricas e de maior peso específico concentram-se mais próximo da costa em área de maior energia de ondas. Já os de formato mais alongado e até laminar, tendem a se dispersar mais amplamente chegando a se depositar em maiores profundidades.

O índice de ZTR caracteriza duas regiões ocupadas por sedimentos com alta maturidade mineralógica associados às maiores concentrações de areia e de maior atuação dos agentes dinâmicos, ondas e correntes, uma ao sul da área de estudo e outra ao sul da ilha das Aranhas.

Os resultados alcançados nesta pesquisa vêm ao encontro dos objetivos do Programa de Avaliação do Potencial Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (REMPLAC), ao realizar o mapeamento da ocorrência de minerais pesados na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira, dado a importância econômica e a viabilidade de exploração mineral (Cavalcante 2011). As ocorrências de minerais pesados na plataforma continental interna ao largo da ilha de Santa Catarina, atende aos interesses do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e do REMPLAC porque aponta ocorrências de espécies minerais, o que ainda não havia sido realizado nesta área até o momento. Embora os plácemes mapeados nesta pesquisa não apresentem concentrações que indiquem viabilidade econômica para exploração mineral, podem suscitar novas pesquisas que visem o mapeamento de depósitos subsuperficiais, em



paleocanais que possam conter concentrações maiores. Antigos canais fluviais soterrados pela sedimentação transgressiva pós-glacial foram descritos por **Jerônimo & Abreu (no prelo)** nesta mesma área. Um mapeamento geofísico com sísmica rasa e amostragem com testemunhos poderia apontar a presença de minerais pesados em concentrações passíveis de exploração no futuro.

## Referências

- Abreu J.G.N. 1998. Contribuição sedimentológica da plataforma continental interna de Santa Catarina entre a foz do rio Tijucas e a foz do rio Itapocu. Rio de Janeiro. 63p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geologia Marinha. Universidade Federal Fluminense.
- Abreu J.G.N. 2010. Sedimentologia, sismoestratigrafia e evolução da plataforma continental interna na área sob influência dos rios Itajaí-Açu e Camboriú, litoral Centro-Norte de Santa Catarina. Porto Alegre. 140p. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Addad J. 2001 Minerais pesados: uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental. 1. Ed. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 2001. v.1. 72p.
- Almeida E.S. 2004. Geologia da ilha - SC. In: BASTOS, M. D. A. (Coord.). Atlas do município de Florianópolis. Florianópolis: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. p.18-23.
- Almeida F.F.M. 1953. Contribuição à geologia da região Oriental de Santa Catarina. Associação dos Geólogos Brasileiros. São Paulo, v.3, p.10-37. Tomo 1.
- Almeida F.F.M. de; Hasui Y.; Neves B.B. de B. 1976. The upper Precambrian of South America. Boletim do Instituto de Geociências, 7:45-80.
- Ayup-Zouain R.N.; Corrêa I.C.S.; Tomazelli L.J.; Dillenburg S.R. 2001. Dispersão e proveniência dos minerais pesados nos sedimentos de fundo da plataforma continental sul-brasileira, uruguaia e norte-Argentina. In: VIII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, ABEQUA. Boletim de Resumos. Imbé, RS, p.126-127.
- Berquist Jr., C.R. 1990. Chemical analysis of offshore heavy-mineral samples. In: Heavy Mineral Studies (BERQUIST JR., C.R., editor), Virginia Division of Mineral Resources. Publication 103-109, Charlottesville, Virginia, USA.
- Calliari L.J.; Fischeler C. 1990. Heavy mineral variability and provenance of the Virginia inner shelf and lower Chesapeake bay. Special publication. Virginia Division of Mineral Resources, Reston, Virginia. EUA. V. 103 p.95-107.
- Camargo M.G. 2006. SysGran: um sistema de código aberto para fazer análises granulométricas do sedimento, Rev. Bras. de Geoc. 36(2): 371-378.
- Caruso Jr., F. 1993. Mapa geológico da ilha de Santa Catarina, escala 1:100.00: texto explicativo e mapa. Notas Técnicas, 6:1-28.
- Caruso Jr. F. & Araújo S.A. 1997. A planície de *chenniers* da baía de Tijucas, litoral de Santa Catarina. In: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 10, Itajaí, 1997. Anais.... Itajaí: UNIVALI, p.40-43.
- Carver R.E. 1971. Settling analysis. In: Procedures in Sedimentary Petrology. New York: Wiley-Interscience. 427-452p.
- Cascalho J.P.V.R. 2000. Mineralogia dos sedimentos arenosos da margem continental setentrional portuguesa. Lisboa. 400p. Tese de doutorado. Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa.
- Cavalcanti, V.M.M. 2011. Plataforma continental: a última fronteira da mineração brasileira. Brasília: DNPM, 104 p.
- Corrêa I.C.S. 1979. Paleolinhas de costa na plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA. 2. Rio Claro. Atas. Rio Claro: p.269-278.
- Corrêa I.C.S. 1980. Distribuição dos sedimentos modernos da plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina. Pesquisas, 13:109-141.
- Corrêa I.C.S.; Ayup-Zouain R. N.; Weschenfelder J.; Tomazelli L. J. 2008. Áreas fontes dos minerais pesados e sua distribuição sobre a plataforma continental sul-brasileira, uruguaia e norte-Argentina. Revista Pesquisas em Geociências, 35(1):137- 150.
- Corrêa I.C.S.; Martins L.R.S.; Ketzer J.M.M.; Elias A.R.D.; Martins R. 1996. Evolução sedimentológica e paleogeográfica da plataforma continental sul e sudeste do Brasil. Notas Técnicas, 9:51-56.
- Dana J.D. 1984. Manual de Mineralogia. Revisto por HURLBUT JR. C. S. Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A. Rio de Janeiro, 642p.
- Devismes P. 1978. Atlas Photographique des Mineraux D'Alluvions. Editions du B.R.G.M., 1978. Series. Mémoire du Bureau de recherches géologiques et minières. 203p. Paris: 203 p.: ill. (chiefly col.).
- ESRI 2010. ArcGIS Desktop: Release ArcMap 10.2.2. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. FLINTER B.H. 1959. The alteration of Malayan ilmenite grains and the question of "arizonite". Economic Geology, 54(4):720-729.
- Folk R.L. & Ward W.O. 1957. Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameters. J. Sediment. Petrol., 27:3-27.
- Freitas R.A.P.; Souza R.B.; Santini M.F.; Santos D.C. 2012. Efeito do vento sobre a corrente costeira do Brasil estimado através de dados de reanálise e do deslocamento de um derivador de superfície. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17. Anais... (CEMET).
- Galehouse J.S. 1971. Point counting. Procedures in Sedimentary Petrology, 653:385-407.
- GERCO 2010. Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Santa Catarina - SPG/SC.
- Gré J.C.R. 1983. Aspectos sedimentares da plataforma continental de Santa Catarina. Porto Alegre. 91p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Hand B.M. 1967. Differentiation of beach and dune sands using settling velocities of light and heavy minerals. Journal Sedimentary Petrology, 37:514- 520.
- Hess H.H. 1959. Notes on operation of Frantz isodynamic magnetic separator: SG Frantz Co. Instrument Instruction Booklet, p.1-6.
- Horn Filho N.O. 2003. Setorização da província costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos. Geosul, 18(35):71-98.
- Hubert J.F. 1962. A zircon-tourmaline-rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. Journal of Sedimentary Petrology, 32: 440-450.
- Jerônimo M.G.; Abreu J.G.N. (no prelo) Reconhecimento e mapeamento sísmico de paleocanais ao largo da Plataforma Continental Interna da ilha de Santa Catarina. Geosul, Florianópolis, SC.
- Mahiques M.M.; Mello E.; Sousa S.H. Furtado V.V.; Tessler M.G.; Toledo F.A.L.; Burone L.; Figueira R.C.L.; Klein D.A.; Martins C. C.; Alves D.P.V. 2010. The southern Brazilian shelf: general characteristics. Quaternary evolution and sediment distribution. Brazilian Journal of Oceanography, 58:25-34.
- Mahiques M.M.; Figueira R.C.L.; Sousa S.H.M.; Santos R.F.; Ferreira P.A.L.; Kim B.S.M.; Goya S.C.; Matos M.C.S.N.; Bicego M.C. 2020. Sedimentation on the southern Brazilian shelf mud depocenters: insights on potential source areas. Journ. of South American Earth Sciences. journal homepage: www.elsevier.com/locate/james.
- Martins L.R. 1964. Uso do separador magnético no estudo dos minerais pesados. Bol. Paranaense de Geografia, 10-15.
- Martins L.R. 1987. Sedimentos quaternários da plataforma continental brasileira. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. 1. Porto Alegre. 1987, Anais... Porto Alegre: ABEQUA, p.11-21.
- Martins L.R.; Villwock J.A.; Martins I.R. 1972. Estudo preliminar sobre a distribuição faciológica da plataforma continental brasileira. Pesquisas, 1:51-56.
- Morton A.C. & Smale D. 1990. The effects of transport and weathering on heavy minerals from the Cascade river, New Zealand. Sedimentary Geology, 68:117-123.
- Morton A.C. & Hallsworth C.R. 1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. Sedimentary Geology, 124: 3-29.
- Morton A.C. & Hallsworth C.R. 1994. Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. Sedimentary Geology, 90: 241-256.
- Morton A.C. & Johnsson M.J. 1993. Factors influencing the composition of detrital heavy mineral suites in Holocene sands of the Apure river drainage basin, Venezuela. Geological Society of America, 171-185.
- Pereira R.M.; Ávila C.A.; Lima P.R.A.S. 2005. Minerais em grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação. São Paulo: Oficina de Textos. 112p.
- Powers, M.C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. Journal of Sedimentary Petrology, 23:117-119 RITTENHOUSE

- G.A. 1943. Visual method of estimating two-dimensional sphericity. *Journal of Sedimentary Petrology*, 13(2):79-81.
- Rosenblum S. 1958. Magnetic susceptibilities of minerals in the Frantz isodynamic magnetic separator. *American Mineralogist*, 43(1-2):170-173.
- Rubey W.W. 1993. The size-distribution of heavy minerals within a water laid sandstone. *Journal of Sedimentary Petrology*, 3-29.
- Scheibe L.F. 1986. Geologia de Santa Catarina - sinopse provisória. *Geosul*, 1(1):7-38.
- Silva C.G. 2000. Pláceres marinhos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 18(3):327-336.
- Soares I. & Möller Jr., O. 2001. Low-frequency currents and water mass spatial distribution on the southern Brazilian shelf. *Continental Shelf Research*, 21(16):1785-1814.
- Souza D.R. 2007. Distribuição dos minerais pesados ao longo do curso inferior do rio Itajaí-Açu/SC e sua correlação sedimentar com a planície costeira, praia e plataforma continental interna adjacente. Florianópolis. 199p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Souza D.R. & Abreu J.G.N. 2005. Minerais pesados na plataforma continental interna adjacente ao litoral Centro-norte de Santa Catarina. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 9(1):1-5.
- Suguio K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 317p.
- Suguio K. 1980. *Rochas sedimentares*. São Paulo: Editora Blücher, 500p.
- Tomazelli L.J. 1978. Minerais pesados da plataforma continental do Rio Grande do Sul. *Acta geológica Leopoldensia*, 5(II), 159p.
- Tomazzoli, E.R.; Pellerin J.M. 2015. Unidades do mapa geológico da ilha de Santa Catarina: as rochas. *Geosul*, 30(60):225-247.
- Tomazzoli E.R.; Oliveira U.R.; Horn Filho N.O. 2007. Proveniência dos minerais de óxidos de Fe-Ti nas areias da praia do Pântano do Sul, ilha de Santa Catarina (SC), sul do Brasil. *Braz J Geof.* [online]. 2007, vol. 25, suppl.1, pp.49-64.
- Vicalvi M.A., Kotzian S.C.B.; Forti-Esteves I.R. 1977. Ocorrência da microfauna estuarina no Quaternário da plataforma continental de São Paulo. In: *Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e do talude do sul do Brasil*. Rio de Janeiro. CENPES/DINTEP. PROJETO REMAC p.77-96.
- Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30:377-392.
- Zembruski S.G. 1979. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias adjacentes. In: CHAVES, H.A.F. (eds.). *Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas adjacentes (Relatório Final)*. (Série Projeto REMAC). Rio de Janeiro: PETROBRÁS. CENPES. DINTEP. V.7. p.129-177.

## APÊNDICE 1

Descrição e percentagem dos minerais pesados por amostra, na fração granulométrica 0,180-0,125mm, identificados na plataforma continental interna ao largo da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil.

Mineral	%	Aspecto do grão (morfoscopia)
Turmalina	26,1	Grãos arredondados, alongados e prismáticos, textura lisa e transparente, brilho vítreo e cor variando entre verde, marrom amarelado, azul, cinza azulado e poucos grãos de cor preta
Ilmenita	19,1	A ilmenita se apresenta como grãos bem arredondados, opacos, de brilho metálico a sub-metálico, de cor preta. Alguns grãos exibem alteração secundária para leucoxeno em diversos graus de transformação
Epidoto	13,3	Com percentual médio de 13,3% dos minerais pesados, o epidoto ocorre em tons verde amarelado e verde esbranquiçado, quando alterados. Normalmente os grãos se apresentam arredondados a sub-arredondados e alguns com fraturas conchoidais
Cianita	12,4	Com percentual médio de 12,4% dos minerais pesados, a cianita ocorre com grãos de forma achatada e alongada. Normalmente são incolores e com brilho vítreo, sendo que alguns apresentam inclusões
Hornblenda	7,3	Com percentual médio de 7,3% dos minerais pesados, ocorre como grãos alongados e estriados, sua principal característica. A cor varia do verde claro ao verde escuro, as vezes amarronzados
Leucoxeno	6,9	O leucoxeno se apresenta de forma semelhante aos grãos de ilmenita variando a coloração de esbranquiçados a pardos(leitoso) sendo todos opacos e arredondados
Magnetita	5,1	Os grãos de magnetita se apresentam arredondados a sub- arredondados e alguns mais angulosos. Normalmente são opacos, cuja cor varia do preto ao castanho
Zircão	2,8	Incolor, brilho vítreo, grãos prismáticos com terminais piramidais a ovais ou perfeitamente arredondados
Apatite	2,5	A característica mais marcante dos grãos de apatita das amostras é a forma semelhante à uma meia esfera, sempre incolor de brilho vítreo e alto relevo (quando comparado com o zircão e a cianita)
Tremolita	1,3	O grão se apresenta alongado, em forma de lâmina dupla com bordas recortadas, serrilhadas e denteadas. Normalmente o aspecto é vítreo, translúcido de cor verde acinzentado a verde amarelada
Rutilo	1,0	Os grãos apresentam-se arredondados e alguns com forma prismática e coloração vermelho escuro, quase opaco ou vermelho caramelo
Estarolita	0,7	Os grãos têm formato irregular, arestas arredondadas, textura lisa e brilho vítreo. Os grãos são translúcidos, castanho a castanho avermelhado
Granada	0,5	Os grãos de granada têm diferentes graus de esfericidade variando de angular a bem arredondado, normalmente transparentes e com tons rosados
Hiperstênio	0,5	Os grãos de hiperstênio se apresentam tabulares e prismáticos, de cor marrom e marrom avermelhado
Augita	0,4	Os grãos são irregulares, angulosos, com cores variando de verde escuro à verde acastanhado



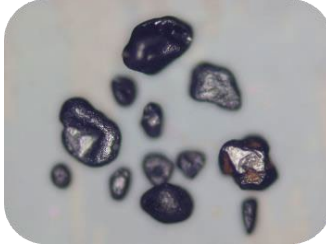
## APÊNDICE 2

Exemplares dos minerais pesados retidos no intervalo granulométrico 0,180-0,125mm com aumento de 100x.

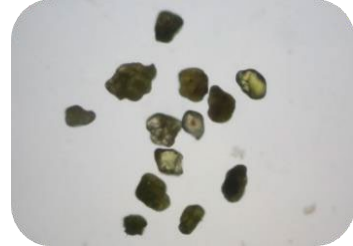
**Turmalina (Foto 1)**



**Ilmenita (Foto 2)**



**Epidoto (Foto 3)**



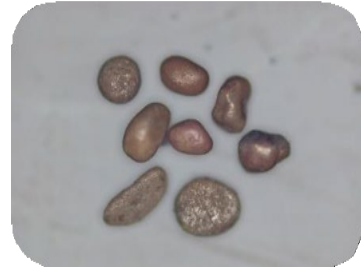
**Cianita (Foto 4)**



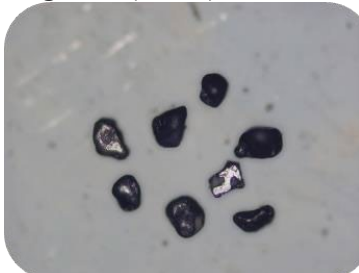
**Hornblenda (Foto 5)**



**Luecoxênio (Foto 6)**



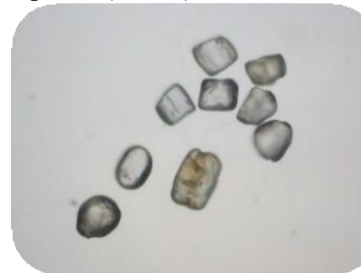
**Magnetita (Foto 7)**



**Zircão (Foto 8)**



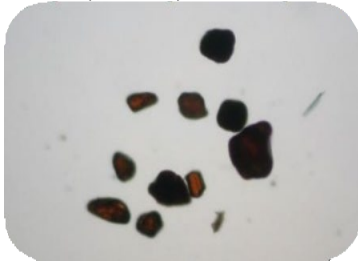
**Apatita (Foto 9)**



**Tremolita (Foto 10)**



**Rutilo (Foto 11)**



**Estaurolita (Foto 12)**



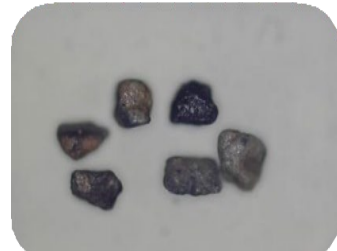
**Granada (Foto 13)**



**Hiperstênio (Foto 14)**



**Augita (Foto 15)**



---

Recebido 27 de abril de 2020  
Aceito 10 de julho de 2020