Geologia USP
Série Científica

https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v20-167110

Revista do Instituto de Geociências - USP
Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 20, n. 4, p. 149-167, Dezembro 2020

Arcabouço magnetométrico-geológico do setor sudeste do Cinturão Dom Feliciano, Rio Grande do Sul, Brasil

Magnetometric-geological framework of the southeastern sector of the Dom Feliciano Belt, Rio Grande do Sul, Brazil

Renato Luiz da Silveira[1], Edinei Koester[2], Mario Jesus Tomas Rosales[3], Rodrigo Chaves Ramos[1], Daniel Triboli Vieira[1], Carla Cristine Porcher[2], Laércio Dal Olmo-Barbosa[1]

[1]Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Avenida Bento Gonçalves, 9.500, Agronomia, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, BR (renato.geofisica@gmail.com; rodrigo.chaves@ufrgs.br; danieltriboli@hotmail.com; dal.barbosa@ufrgs.br)

[2]Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Instituto de Geociências, Porto Alegre, RS, BR (koester@ufrgs.br; carla.porcher@ufrgs.br)

[3]Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Centro de Ciências Exatas da Terra, Caçapava do Sul, RS, BR (rostomar@gmail.com)

Recebido em 27 de fevereiro de 2020; aceito em 14 de setembro de 2020

Resumo

No setor sudeste do Cinturão Dom Feliciano, Rio Grande do Sul, está localizado o limite entre os Terrenos Pelotas e Punta del Este, região que contém diversos granitoides e rochas metamórficas neoproterozoicas e vulcânicas mesozoicas. Três domínios magnéticos foram individualizados com base em diferentes orientações dos lineamentos observados: Domínio I, II e III, com lineamentos dominantes, respectivamente, N040–90ºE, N060–90ºE, e N070–90ºE. Modelagens magnéticas 2.5D foram realizadas em dois perfis geológico-geofísicos orientados N-S, com 6 km de extensão, distantes 3 km entre si. O perfil A-A' secciona o Terreno Pelotas até a porção Norte do Terreno Punta del Este, enquanto o perfil B-B' secciona apenas esse último terreno. No perfil A-A', em uma análise qualitativa do modelo, observam-se três patamares de susceptibilidade que refletem o contraste litológico da região: rochas básicas aflorantes (Gabro Desvio Herval); granitoides associados a estruturas tardias (Suíte Dom Feliciano); e rochas granitoides/metamórficas associadas ao Complexo Pinheiro Machado e Gnaisse Arroio Pedrado. No perfil B-B', também se observa três patamares de susceptibilidade que refletem as diferentes litologias da região: corpos básicos tabulares anastomosados não aflorantes; granitoides associados a estruturas de cisalhamento (Granitos Chasqueiro e Três Figueiras), granitoides associados a estruturas tardias (Granito Bretanha) e rochas metamórficas associadas aos Complexos Arroio Telho e Arroio Grande. A caracterização magnetométrica das rochas da região, em conjunto com os dados geológicos disponíveis, possibilitam um avanço no entendimento do setor sudeste do Cinturão Dom Feliciano. Sugere-se, assim, como limite entre os Terrenos Pelotas e Punta del Este a Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão, bem como a identificação de corpos em profundidades e não aflorantes, sincinemáticos às zonas de cisalhamento e rochas magmáticas básicas mesozoicas.

Palavras-chave: Aerogeofísica; Modelagem 2.5D; Terreno Punta del Este; Terreno Pelotas.

Abstract

The limit between the Pelotas and Punta del Este Terranes is located in the southeastern sector of the Dom Feliciano Belt, Rio Grande do Sul (Brazil), a region with several Neoproterozoic granitoid and metamorphic rocks, as well as Mesozoic volcanic rocks. Three magnetic domains were individualized based on the different orientations of the observed lineaments: Domain I, II, and III, with, respectively, dominant N40–90ºE, N60–90ºE, and N70–90ºE trending lineaments. 2.5D magnetic modeling was performed along with two N-S geological-geophysical profiles of about 6 km in length, approximately 3 km apart. The A-A' profile cuts the Pelotas Terrane, up to the northern portion of the Punta del Este Terrane, while the B-B' profile cuts only the latter. In a qualitative analysis of the model, three levels of susceptibility are observed in the A-A' profile reflecting the lithological contrast of the region: basic rocks (Desvio Herval Gabbro); granitoid associated with late structures (Dom Feliciano Suite); granitoid/metamorphic rocks associated with Pinheiro Machado Complex and Arroio Pedrado Gneiss. In the B-B' profile, three levels of susceptibility are also observed, reflecting the different lithologies of the region: non-outcropping anastomosed tabular basic rocks; granitoids associated with shear structures (Chasqueiro and Três

Figueiras Granites); granitoids associated with late structures (Bretanha Granite) and metamorphic rocks associated with the Arroio Telho and Arroio Grande Complex. The magnetometric characterization of the rocks in the region, coupled with the geological data, allow us to improve the understanding of the evolution of the southeastern sector of the Dom Feliciano Belt. Thus, we suggest that the boundary between the Pelotas and Punta del Este Terranes is represented by the Ayrosa Galvão Shear Zone, as well as the presence of deep, non-outcropping synkinematic bodies in shear zones, and Mesozoic basic magmatic bodies.

Keywords: Aerogeophysics; 2.5D Modelling; Punta del Este Terrane; Pelotas Terrane.

INTRODUÇÃO

A integração de estudos geológicos e geofísicos tem sido importante para a evolução do conhecimento acerca da história evolutiva de terrenos pré-cambrianos. A magnetometria, por suas características de revelar estruturas em profundidades de escalas translitosféricas (Lowrie, 2007), tem sido importante no estudo, por exemplo, de suturas e zonas de cisalhamento. O comportamento das assinaturas magnéticas anômalas de rochas geradas por acresção crustal de arcos magmáticos em ambientes colisionais, além da identificação de zonas de sutura em limites de blocos litosféricos tectonicamente paralelizados ao longo de grandes lineamentos continentais, constitui um dos principais usos dessa técnica.

No extremo sul do Brasil, a aplicação integrada de métodos geofísicos e geológicos iniciaram no final da década de 1980 e início da década de 1990 (e.g. Costa e Ramgrab, 1989; Shukowsky et al., 1991), com estudos de gravimetria associados ao entendimento do posicionamento de alguns corpos ígneos na região de Caçapava do Sul, setor central do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-grandense. Também no setor central do escudo, por Costa et al. (1990), a magnetometria foi aplicada na região de Minas do Camaquã (Bacia de Camaquã), onde foram identificadas anomalias magnéticas interpretadas como corpos básicos não aflorantes.

Somente na década de 1990, a partir dos dados aerogeofísicos (Anjos e Mourão, 1987), foram produzidas as primeiras interpretações geofísicas integradas para o Cinturão Dom Feliciano (Fernandes et al., 1995a, 1995b; Costa, 1997). Nesses trabalhos, com a integração de dados aeromagnetométricos, foram propostas divisões do Escudo Sul-rio-grandense relacionadas às principais associações petrotectônicas, denominadas de domínios geofísicos (Oeste, Central e Leste). Releituras desses trabalhos foram realizadas, por exemplo, em Travassos (2014) e Hartmann et al. (2016), em que, com base em dados geofísicos aerogamaespectrométricos e aeromagnéticos (extraídos de CPRM, 2010), foram realizados estudos em áreas-chave do Escudo Sul-rio-grandense, bem como aprimorada a individualização dos domínios anteriormente propostos.

Recentemente, importantes diferenças nas assinaturas geofísicas obtidas a partir de dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais — CPRM (2010) foram observadas no extremo Sul do Cinturão Dom Feliciano. Ramos e Koester (2014) e Ramos et al. (2014) identificaram que uma dessas diferenças coincide com a localização do Complexo Arroio Grande, constituído majoritariamente de rochas que representam fragmentos metamorfizados de um complexo ofiolítico, possivelmente marcando uma sutura entre terrenos distintos, o Terreno Pelotas e o Terreno Punta del Este. Esse setor foi denominado de Domínio Geofísico Sudeste, o qual coincide com a extensão em território brasileiro do Terreno Punta del Este (Ramos et al., 2018).

Partindo dessas premissas, este trabalho apresenta um estudo geofísico-geológico integrado de dados magnetométricos de alta resolução espacial (linhas de voo espaçadas de 500 m e posicionadas segundo a direção N-S; CPRM, 2010), no limite dos Terrenos Pelotas e Punta del Este, extremo sudeste do Cinturão Dom Feliciano, no Rio Grande do Sul. A caracterização subsuperficial de estruturas associadas a regimes tectônicos, a reativação de falhas e limites de terrenos permitem um avanço no entendimento da evolução geológica do setor sudeste do Cinturão Dom Feliciano, que marca provável limite tectono-geofísico entre os terrenos Pelotas e Punta del Este.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudo insere-se no contexto geológico do Cinturão Dom Feliciano, desenvolvido no neoproterozoico durante o Ciclo Orogênico Brasiliano – Panafricano, o qual resultou na amalgamação do paleocontinente Gondwana Ocidental (Figuras 1A e 1B). Esse cinturão orogênico se prolonga por aproximadamente 1.200 km desde Punta del Este, no Uruguai, até o nordeste do Estado de Santa Catarina (Fragoso-César et al., 1986; Fernandes et al., 1995a, 1995b; Heilbron et al., 2004; Hueck et al., 2018).

No Escudo Sul-rio-grandense, o Cinturão Dom Feliciano está estruturado em quatro unidades tectono-geofísicas principais: Domínios Geofísicos Oeste (ou Ocidental), Central, Leste (ou Oriental) (Fernandes et al., 1995b; Costa, 1997) e o recentemente proposto Domínio Geofísico Sudeste (Ramos e Koester, 2014; Ramos et al., 2014), que corresponde a uma subdivisão do Domínio Oriental. De maneira

geral, esses domínios correspondem, respectivamente, ao Terreno São Gabriel, aos terrenos Tijucas e Encruzilhada, ao Terreno Pelotas e ao Terreno Punta del Este (Chemale Jr., 2000; Hartmann et al., 2007; Saalmann et al., 2011; Philipp et al., 2016; Ramos et al., 2017; Hueck et al., 2018).

O Domínio Oriental (Figura 1C) é limitado a leste pela cobertura fanerozoica (Planície Costeira) e a oeste pela Sutura de Porto Alegre, que se interliga a SW com a Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal do Canguçu, marcando o limite entre os Domínios Central e Oriental (Fernandes et al., 1995a, 1995b). Nesse último, predomina um conjunto de rochas denominado de Batólito Pelotas (Fragoso-César et al., 1986), composto de rochas plutônicas multi-intrusivas e polifásicas, cujo magmatismo teve duração de cerca de 70 Ma (entre 630 e 560 Ma; Babinski et al., 1997; Silva et al., 2005; Philipp et al., 2016). Esses granitoides são, de maneira geral, agrupados nas suítes intrusivas Pinheiro Machado, Herval, Cordilheira, Dom Feliciano e Viamão (Fragoso-César et al., 1986; Philipp, 1998).

Subordinadamente, ocorrem nessas suítes xenólitos centimétricos a decamétricos de rochas metamórficas para- e ortoderivadas (migmatitos, gnaisses, xistos, anfibolitos e mármores), por vezes denominadas de "septos do embasamento" (Philipp et al., 2002; Gerhard, 2015). Entre esses se destacam os Gnaisse Piratini (Tambara et al., 2019), Gnaisse Chácara das Pedras (Koester et al., 2016) e Gnaisse Arroio Pedrado (Vieira et al., 2019), cujos protólitos apresentam assinatura de arco magmático continental relacionado à subducção e idades de cristalização em torno de 780 – 680 Ma (Vieira et al., 2019), correspondendo ao embasamento onde o magmatismo posterior (630 – 560 Ma) se desenvolveu (Ramos et al., 2017).

Em função de sua distinta assinatura geofísica e petrotectônica, o setor sudeste do Domínio Oriental foi individualizado, sendo denominado de Domínio Geofísico Sudeste (Ramos e Koester, 2014; Ramos et al., 2014). Diferentemente do Domínio Oriental, onde predominam estruturas NE-SW, no Domínio Geofísico Sudeste predominam as estruturas E-W, além de assinaturas magnéticas distintas. As associações petrotectônicas em ambos os domínios também são contrastantes.

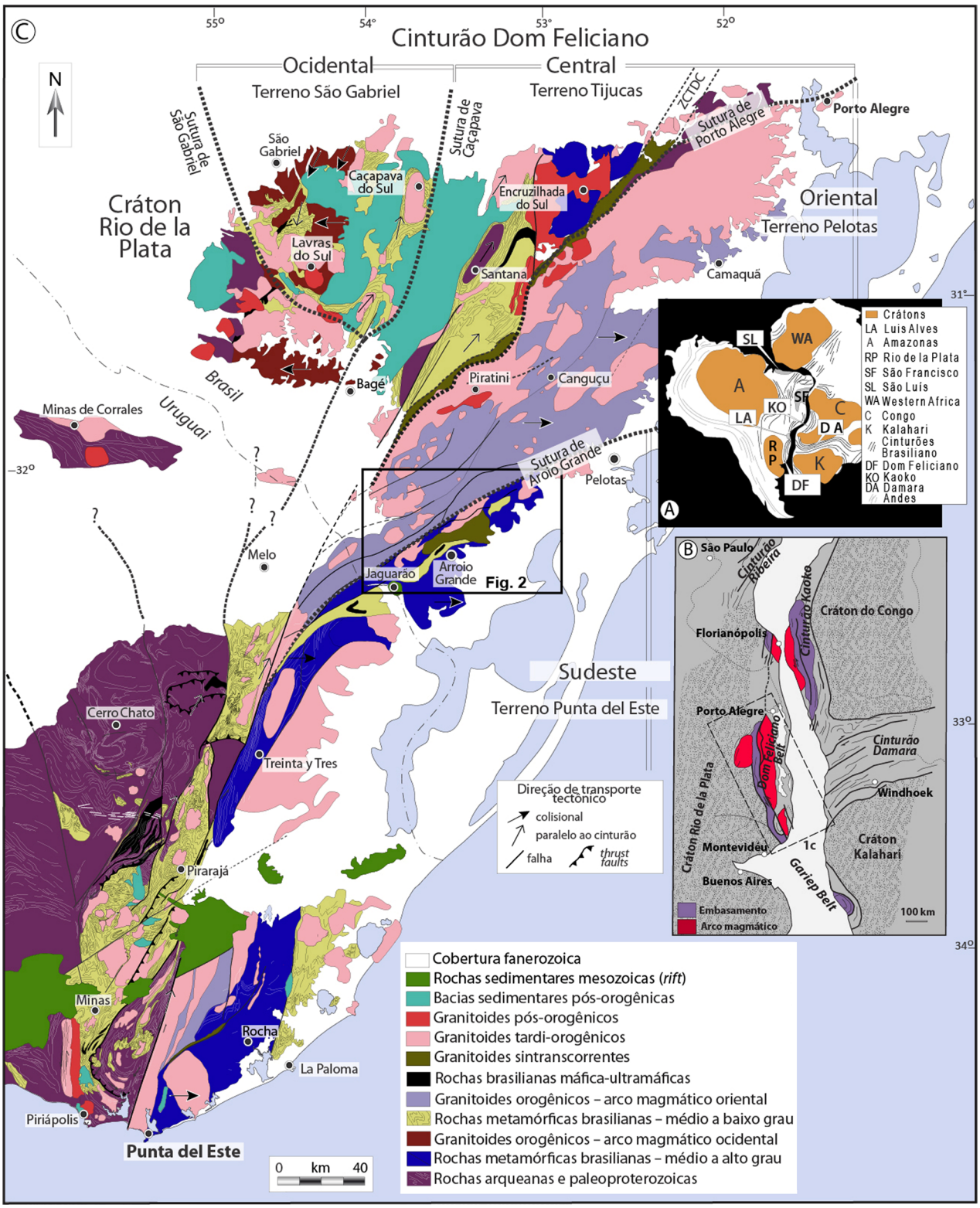
O Domínio Geofísico Sudeste foi recentemente interpretado (Ramos et al., 2018) como a extensão, em território brasileiro, do Terreno Punta del Este. Esse terreno, originalmente restrito ao sul do Uruguai (e.g. Preciozzi et al., 1999; Basei et al., 2005, 2011), compreende um embasamento gnáissico-migmatítico com idades magmáticas em torno de 780 Ma (e.g. Gnaisse Cerro Bori, Complexo Cerro Olivo — Lenz et al., 2011; Masquelin et al., 2012 — correlacionáveis aos gnaisses Arroio Pedrado, Piratini e Chácara das Pedras; Vieira et al., 2019) e herança mesoproterozoica correlacionável ao Cinturão Namaqua na Namíbia (Basei et al., 2011), além de rochas oceânicas (serpentinitos, anfibolitos, metassedimentares detríticas) do Complexo Paso del Dragón (Preciozzi et al., 1979; Peel, 2012). Esse último é correlacionável aos Complexos Arroio Grande (serpentinitos, anfibolitos, gabros, dioritos, rochas metassedimentares siliciclásticas e químicas; Ramos et al., 2018) e Arroio Telho (rochas metassedimentares siliciclásticas com fontes paleo a neoproterozoicas) no Brasil (Cruz, 2018, 2019). Já no Uruguai, correlaciona-se às unidades da Bacia Rocha (Basei et al., 2005), bem como ao Terreno Marmora (Cinturão Gariep), na Namíbia (Peel, 2012; Will et al., 2014; Ramos et al., 2017, 2018).

Essa individualização de domínios na porção sudeste do Cinturão Dom Feliciano também foi adotada por Cruz (2019), em que se sugere, a partir de descontinuidades geofísicas, a presença de três domínios distintos na região: Batólito Pelotas, equivalente ao Terreno Pelotas, e Domínio Intermediário e Terreno Jaguarão, ambos equivalentes ao Terreno Punta del Este.

Independentemente de domínios geofísicos, a Figura 2A apresenta um mapa geológico simplificado do setor sudeste do Cinturão Dom Feliciano, com a indicação dos dois perfis geofísicos estudados na área, linhas azul e verde, aproximadamente Norte–Sul (perfis A-A' e B-B'), em comparação com o perfil estudado por Costa e Ramgrab (1989), destacado em vermelho. Nesse mapa, observam-se diversas zonas de cisalhamento da região, sendo as mais importantes a Arroio Grande e a Ayrosa Galvão. Essa última tem sido interpretada como o limite entre os Terrenos Pelotas e Punta del Este, conforme Ramos et al. (2018) e Cruz (2019). Sob o ponto de vista geofísico, essa zona de cisalhamento separa os Domínios Geofísicos Leste e Sudeste (Ramos e Koester, 2014; Ramos et al., 2014).

Além dessas estruturas, a Figura 2 mostra as rochas vinculadas ao Terreno Pelotas (Complexo Pinheiro Machado e Gabro Desvio Herval) e ao Terreno Punta del Este (Gnaisse Arroio Pedrado, Complexo Arroio Grande e Complexo Arroio Telho). Ambos os terrenos são cortados por diversos granitoides neoproterozoicos (e.g. Suíte Dom Feliciano, Granito Chasqueiro, Granito Três Figueiras, Granito Bretanha), além de rochas vulcânicas, como basaltos e dacitos, vinculadas ao magmatismo mesozoico da Formação Serra Geral (Cruz, 2019).

Independentemente da subdivisão proposta, a evolução das rochas nos Domínios Geofísicos Leste e Sudeste tem distintas interpretações, em que são postulados modelos que envolvem a subducção de litosfera oceânica em margem continental espessa (Figueiredo et al., 1990; Philipp, 1990, 1998; Fragoso-César, 1991; Fernandes et al., 1992, 1995a; Chemale Jr., 2000; Ramos et al., 2018; Vieira et al., 2019), colisão continental (Hartmann e Remus, 2000; Philipp e Machado, 2001) e reativação de fontes mantélicas modificadas em períodos tardi a pós-colisional (Bitencourt e Nardi, 1993, 2000).



Fonte: modificado de Masquelin et al. (2012) e Ramos et al. (2018).
ZCTDC: Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu. Indicação da área de estudo apresentada na Figura 2 (retângulo preto).

Figura 1. Mapa geológico simplificado do Escudo Uruguaio-sul-rio-grandense. (A) Configuração do paleocontinente Gondwana Ocidental; (B) cinturões orogênicos da Província Mantiqueira (Almeida et al., 1981) e do Orógeno Damara (Gray et al., 2008); (C) Cinturão Dom Feliciano e Cráton Rio de la Plata no Escudo Uruguaio-sul-rio-grandense e os diferentes domínios geofísicos: Ocidental, Central e Oriental.

Dois perfis geológicos (Figuras 2B e 2C) foram elaborados no limite entre os terrenos Pelotas (Domínios Geofísicos Leste) e Punta del Este (Domínios Geofísicos Sudeste), nos mesmos locais onde os perfis geofísicos estudados neste trabalho foram realizados (linhas azul e verde). As seções geológicas foram realizadas com base em dados coletados em saídas de campo e compilação de trabalhos (rochas e estruturas) descritos em diversas referências (Complexo Pinheiro Machado e Suíte Dom Feliciano, Philipp, 1998; Granito Chasqueiro, Vieira et al., 2016; Gabro Desvio Herval, Dal Olmo-Barbosa et al., 2018; Granito Três Figueiras, Klein et al., 2018; Complexo Arroio Grande, Ramos et al., 2018; Gnaisse Arroio Pedrado, Vieira et al., 2019; Complexo Telho e Granito Bretanha, Cruz, 2019).

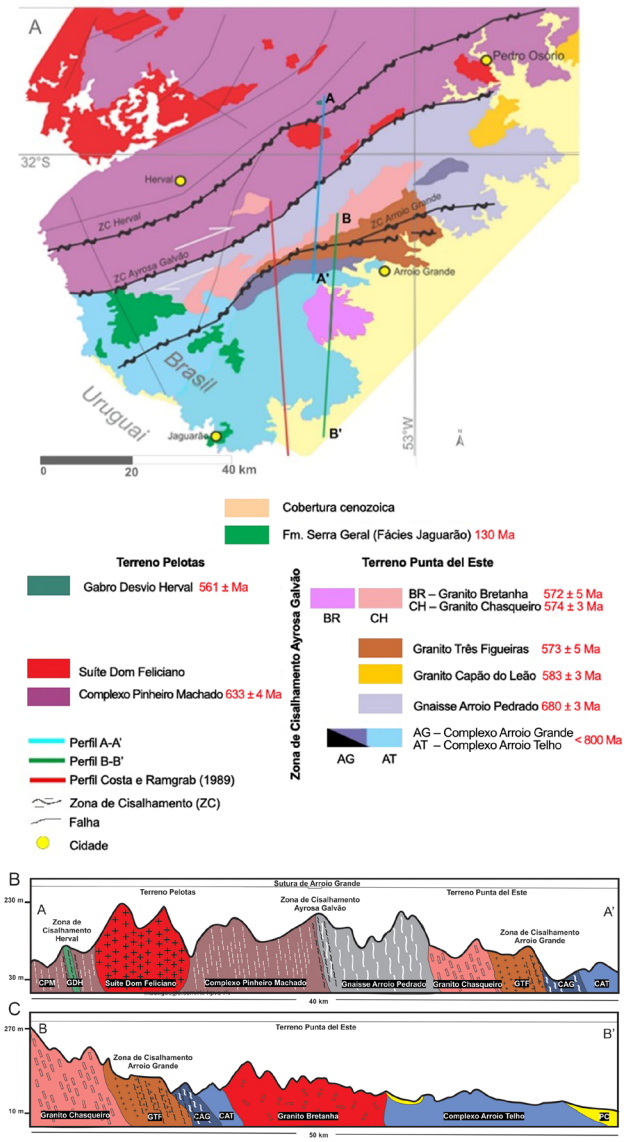
O perfil geológico A-A´ (linha azul) é mostrado na Figura 2B. Destaca-se nesse perfil a presença de rochas com foliações metamórficas com direção preferencial NE-SW subverticalizadas (geralmente maiores que 75 graus), como o Gnaisse Arroio Pedrado e o Complexo Arroio Grande, algumas rochas com foliações magmáticas também NE-SW com alto ângulo de mergulho (Complexo Pinheiro Machado e Granito Chasqueiro), por vezes afetadas por milonitização (Granito Três Figueiras) e rochas maciças, como a Suíte Dom Feliciano e o Gabro Desvio Herval.

O perfil geológico B-B´ (linha verde) é mostrado na Figura 2C. Destaca-se nesse perfil a presença de rochas com foliações metamórficas com direção preferencial E-W subverticalizadas (geralmente maiores que 80 graus) do Complexo Arroio Telho; rochas com direção NE-SW subverticalizadas, como o Complexo Arroio Grande; rochas com foliações magmáticas NE-SW com alto ângulo de mergulho (Granito Chasqueiro), por vezes afetadas por milonitização (Granito Três Figueiras); e rochas maciças, como o Granito Bretanha.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram compilados dados aeromagnéticos provenientes do Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul (CPRM, 2010), adquiridos segundo linhas de voo N-S, com espaçamento médio de 500 m, altitude média de 100 m e intervalos de amostragem de 6 – 7 m. Esses dados foram disponibilizados no formato ASCII (XYZ), GDBs, compatíveis com a plataforma Oasis Montaj Geosoft (2007), em que estão agrupadas informações de posicionamento corrigidas e todos os demais canais de informação registrados a bordo da aeronave.

Utilizando técnicas de processamento e filtragem aplicada aos dados mencionados, foram possíveis a identificação e o realce de assinaturas anômalas nos mapas das diferentes transformações do campo potencial magnético. O tratamento e o processamento dos dados aeromagnetométricos



Fonte: modificado de Ramos et al. (2018).
CPM: Complexo Pinheiro Machado; GDH: Gabro Desvio Herval; GTF: Granito Três Figueiras; CAG: Complexo Arroio Grande; CAT: Complexo Arroio Telho; PC: planície costeira.

Figura 2. Mapa geológico e perfis geológicos da área de estudo. (A) Mapa geológico simplificado da porção sudeste do Escudo Sul-rio-grandense com a identificação dos dois perfis magnetométricos estudados (linhas azul — A-A' e verde — B-B') e do perfil de Costa e Ramgrab (1989) (linha vermelha). A Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão, uma estrutura NE-SW, marca o limite entre o Terreno Pelotas (N-NW) e o Terreno Punta del Este (S-SE); (B) perfil geológico A-A' de referência para o modelo geofísico-geológico; (C) perfil geológico B-B' de referência para o modelo geofísico-geológico. Os perfis geológicos foram elaborados com base em dados de campo e atitudes planares (foliações ígneas e metamórficas) obtidas em Philipp (1998), Vieira et al. (2016), Barbosa et al. (2018), Klein et al. (2018), Ramos et al. (2018), Cruz (2019) e Vieira et al. (2019).

envolveram a aplicação de filtros FFT (*Fast Fourier Transform*) ao campo magnético total micronivelado reduzido do *International Geomagnetic Reference* Field (IGRF), a redução ao polo e a continuação para cima (UP) de 500 m, eliminando ruídos de alta frequência e realçando feições magnéticas anômalas.

Para a malha de amostragem dos dados aeromagnetométricos, optou-se pelo método bi-direcional de interpolação, com tamanho de célula de 125 m, ou seja, ¼ do espaçamento entre as linhas de voo de 500 m. Para a extração dos lineamentos magnéticos, foram utilizados, como base, os mapas da primeira derivada vertical do campo magnético e da amplitude do sinal analítico. Por meio da interpretação visual desses produtos foi empregada a técnica de vetorização, extraindo traços retilíneos ou suavemente curvos de relevo positivo e negativo.

Com base no padrão de distribuição dos lineamentos, a área foi discriminada em domínios magnéticos. Aos dados vetorizados por meio da rotina de análise exploratória do *software* SPRING 4.2, foi possível identificar 80 lineamentos. A disposição espacial e direcional por domínios foi representada em diagramas em roseta.

Para a modelagem magnetométrica foi utilizado o *software* Mag2dc, desenvolvido pela Universidade de Witwatersrand (Johanesburgo, África do Sul), que permite a confecção de modelos geofísicos com geometria 2.5D com base na entrada dos dados do campo magnético anômalo da área de estudo e nos parâmetros do campo magnético do local (intensidade, inclinação e declinação). Os perfis modelados A-A' e B-B' foram orientados segundo a direção N-S. Com o auxílio de um susceptibilímetro KT-10 (fabricação Terraplus, Canadá), pertencente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foram adquiridos dados de susceptibilidade magnética em amostra de mão das unidades litológicas documentadas ao longo do caminhamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapeamento litológico dos perfis modelados

Conforme mencionado anteriormente, os perfis geológico-geofísicos realizados (Figura 2) têm direção aproximada N-S, cortando o limite representado pela Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão (Ramos e Koester, 2014; Ramos et al., 2014) entre os Domínios Geofísicos Leste (Terreno Pelotas) e Sudeste (Terreno Punta del Este). As litologias identificadas ao longo do caminhamento (Figura 3) podem ser sumarizadas em nove unidades:

- rochas intrusivas básicas — Gabros Desvio Herval;
- granitoides do Complexo Pinheiro Machado;
- granitoides da Suíte Dom Feliciano;
- Embasamento do Terreno Punta del Este (Gnaisse Arroio Pedrado);
- Granito Chasqueiro;
- Granito Três Figueiras;
- metamorfitos do Complexo Arroio Grande;
- Granito Bretanha;
- metamorfitos do Complexo Arroio Telho.

Gabros Desvio Erval

De forma restrita, ocorrem na região, entre os limites dos Domínios Leste e Sudeste, alguns corpos básicos intrusivos, os quais foram individualizados em trabalhos anteriores (Fragoso-César, 1991; Dal Olmo-Barbosa et al., 2017; Dal Olmo-Barbosa et al., 2018). Segundo os últimos autores, essas rochas compreendem intrusões gabroicas de pequeno porte, com caráter dominantemente básico. Essa ocorrência está inserida na referida Associação I, composta de rochas gabroicas, geralmente cumuladas, com idade de cristalização de 591 ± 4 Ma (Gabros Passo da Fabiana). Constituem rochas subalcalinas, com afinidade cálcico-alcalina médio-K com altos teores de alumina (Al_2O_3 > 17%) (Dal Olmo-Barbosa et al., 2018). Destaca-se ainda como caráter importante para este trabalho, a contrastante assinatura magnética desses corpos com as encaixantes, sendo os primeiros geralmente representados por altos magnéticos relativos e/ou pronunciadas anomalias dipolares.

Complexo Pinheiro Machado

Na região entre os limites dos domínios Leste e Sudeste são encontrados granitoides do Complexo Pinheiro Machado. Ao longo do perfil predominam granitoides porfiríticos com foliação bem desenvolvida e deformação indicativa de alta temperatura. Esse complexo apresenta litologias variadas, compreendendo desde granitoides a dioritos, enclaves máficos e xenólitos de rochas metamórficas (Fragoso-César, 1991). Segundo Philipp (1998), o magmatismo desse complexo está associado com a evolução das zonas de cisalhamento transcorrentes dúcteis de alto ângulo, as quais controlaram a evolução de parte dos granitoides que afloram no Cinturão Dom Feliciano (Bitencourt e Nardi, 2000). Os granitoides desse complexo, entretanto, podem estar relacionados ao encerramento de um paleo-oceano, em razão de sua assinatura geoquímica relacionada à subducção (Philipp et al., 2016) e à presença de xenólitos com assinatura geoquímica oceânica (Ramos e Koester, 2015).

Suíte Dom Feliciano

Na região entre os limites dos Domínios Leste e Sudeste são encontrados granitoides que correspondem a sienogranitos e monzogranitos, respectivamente, das fácies Serra do Erval

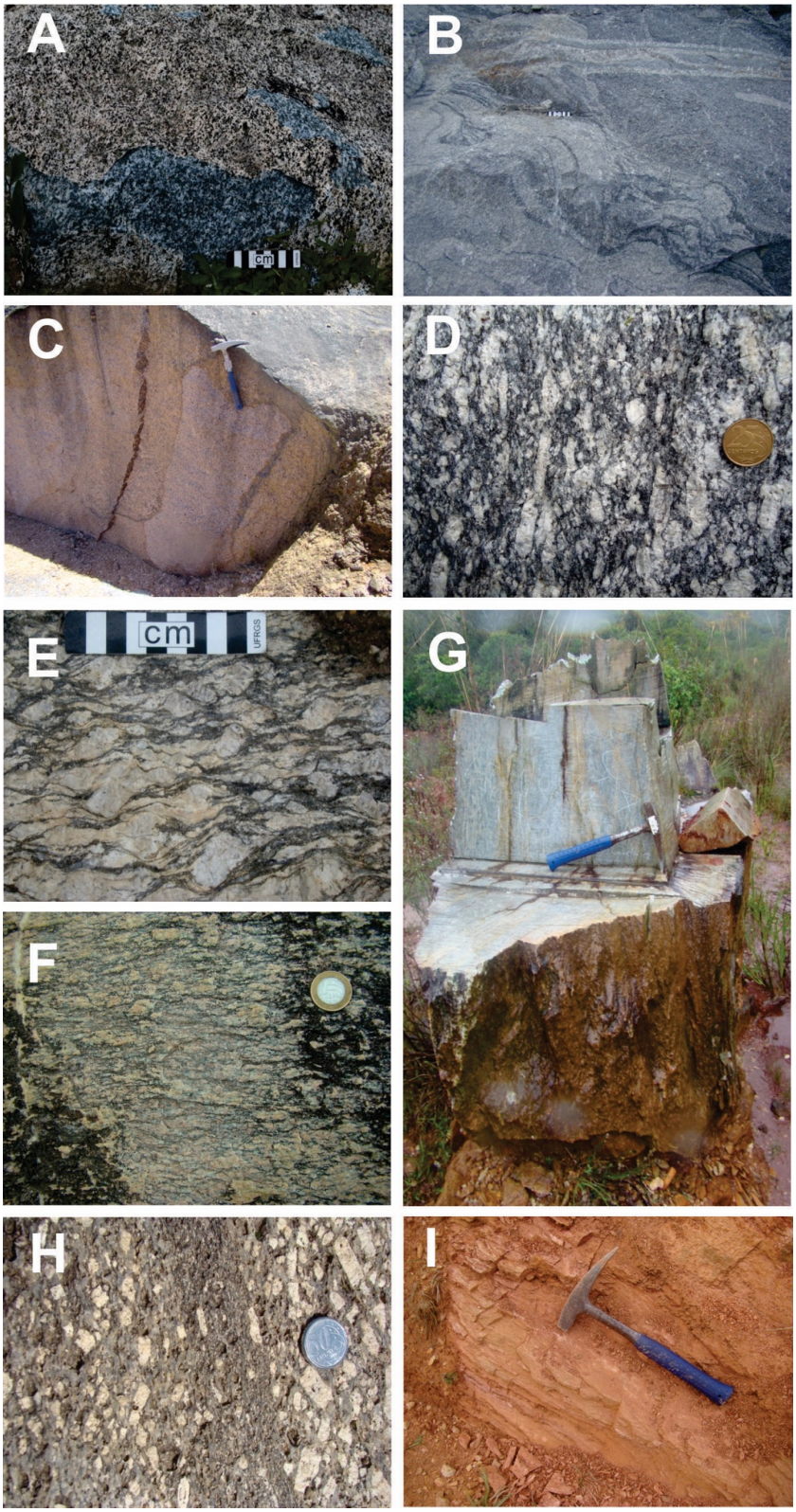


Figura 3. Fotografias de rochas das unidades aflorantes nos perfis geológico-geofísicos realizados no presente trabalho. (A) Gabro Desvio Herval; (B) Complexo Pinheiro Machado (tonalitos); (C) Suíte Dom Feliciano (granito); (D) Granito Chasqueiro; (E) Gnaisse Arroio Pedrado; (F) Granito Três Figueiras; (G) Complexo Arroio Grande (esteatitos); (H) Granito Bretanha; e (I) Complexo Arroio Telho (xistos pelíticos).

e Cerro Grande (CPRM, 2008). Os monzogranitos são, de maneira geral, porfiríticos, homogêneos, englobando enclaves granodioríticos a tonalíticos. Segundo Philipp e Machado (2001), os corpos dessa suíte intrudem todas as demais suítes do Terreno Pelotas, ocupando cerca de 20% da área total dele. Segundo Philipp et al. (2002), a Suíte Dom Feliciano tem homogeneidade composicional, estrutural e petrográfica. Nesta, os granitos são predominantes, ocorrendo de forma subordinada quartzo sienitos e sienitos, os quais raramente contêm enclaves microgranulares máficos.

Gnaisse Arroio Pedrado

O Gnaisse Arroio Pedrado corresponde a um granito porfirítico metamorfizado em fácies anfibolito, com trama subvertical e assinatura química shoshonítica, vinculado aos estágios finais do magmatismo de arco magmático Piratini. Sua idade de cristalização é de 680 ± 4 Ma, com metamorfismo estimado em 660 ± 4 Ma (Vieira et al., 2019). Essa unidade representa o embasamento do Terreno Punta del Este na área estudada.

Granito Chasqueiro

Nas porções sul do perfil A-A' e norte do perfil B-B', já no Domínio Sudeste, são encontrados afloramentos do Granito Chasqueiro. Esse granito apresenta coloração cinza-claro e composição monzogranítica a sienogranítica, com textura porfirítica a heterogranular grossa com fenocristais de ortoclásio em matriz equigranular, hipidiomórfica grossa (5 – 8 mm), composta de quartzo, microclínio, plagioclásio, biotita e rara hornblenda. Segundo Vieira et al. (2016), o Granito Chasqueiro possui composição monzo a sienogranítica com M' entre 4 e 7%. Sua principal característica é a textura porfirítica, constituída de megacristais hipidiomórficos de K-feldspato entre 4 e 8 cm. Esses compõem 30 – 60% da rocha e estão imersos em uma matriz hipidiomórfica equigranular grossa (5 – 8 mm), constituída de K-felsdpato, plagioclásio, quartzo, biotita ± anfibólio. O granito possui assinatura geoquímica do tipo cálcico-alcalino alto-K, de natureza metaluminosa a levemente peraluminosa, com idade de cristalização de 574 ± 3 Ma (Vieira et al., 2016).

Granito Três Figueiras

A sul do Granito Chasqueiro são encontradas extensas exposições do Granito Três Figueiras. Geralmente, os afloramentos são constituídos de leucogranito com duas micas (muscovita e biotita), granada e turmalina, com textura heterogranular média, alotriomórfica. Possui algumas zonas deformadas e milonitizadas em diferentes graus, com foliação magmática e metamórfica orientada segundo a direção ENE-WSW e mergulho subvertical, relacionadas à Zona de Cisalhamento Arroio Grande, a qual afeta quase a totalidade dessa unidade (Figura 2). Segundo Philipp e Machado (2005) e Klein et al. (2018), ocorrem raros enclaves máficos metamorfizados. A idade de cristalização desse granito está compreendida entre ca. 585 Ma (Klein et al., 2018) e 572 Ma (Cruz, 2019).

Complexo Arroio Grande

A sul do Granito Três Figueiras foram descritos corpos métricos a decamétricos de rochas metaultramáficas (metasserpentinitos), metamáficas (anfibolitos) e metassedimentares (micaxistos e quartzitos) do Complexo Arroio Grande, sendo os micaxistos e os quartzitos as litologias dominantes. Todas as unidades estão milonitizadas, com suas estruturas concordantes à Zona de Cisalhamento Arroio Grande, a qual afeta a área como um todo. Segundo Ramos et al. (2018), essas rochas representam fragmentos metamorfizados de uma paleobacia oceânica, cuja idade mínima de incorporação à crosta continental é de ca. 640 Ma.

Granito Bretanha

A sul dos micaxistos do Complexo Arroio Grande foram encontrados afloramentos do Granito Bretanha. Esse granito é porfirítico (megacristais de K-feldspato) com matriz equigranular grossa, maciço, com química cálcico-alcalina vinculada aos estágios finais do magmatismo criogeniano (572 ± 5 Ma) na região (Cruz, 2019).

Complexo Arroio Telho

A sul do Complexo Arroio Grande são encontrados xistos pelíticos do Complexo Arroio Telho. Nos afloramentos visitados, predominam muscovita xistos, similares aos encontrados em Arroio Grande. De acordo com Cruz (2019), a idade máxima de deposição dessas rochas é de ca. 630 Ma.

Interpretação qualitativa dos dados magnetométricos

Conforme ilustrado na Figura 4A, o campo magnético anômalo (CMA) apresenta assinaturas magnéticas de longo comprimento de onda. Na porção central da área, o CMA exibe três dipolos com direção preferencial segundo NE, apresentando sinal positivo a norte e negativo a sul, portanto com polaridade normal, cujas amplitudes pico a pico atingem até +60,58 nT.

A partir de critérios interpretativos desses produtos, identificaram-se assinaturas magnéticas regionais associadas a zonas de fraqueza tectônica, com tendências NE-SW em grande parte da área, e E-W em sua porção sudeste.

Com base na interpretação do mapa de amplitude do sinal analítico (ASA), foram identificadas assinaturas de curto comprimento de onda (1,4 – 3,7 km), na porção

sudeste da área de estudo (Figura 4B). Essas apresentam um eixo principal de direção E-W e estão associadas provavelmente a rochas básicas em subsuperfície. Padrões similares em ordem de grandeza são observados na porção norte da área.

A Figura 4C mostra um mapa da derivada vertical do CMA, no qual se observam bem destacados lineamentos regionais, entre os principais os E-W na porção sul da área. Por meio da análise visual desse mapa, pode-se inferir lineamentos magnéticos associados a estruturas geológicas regionais.

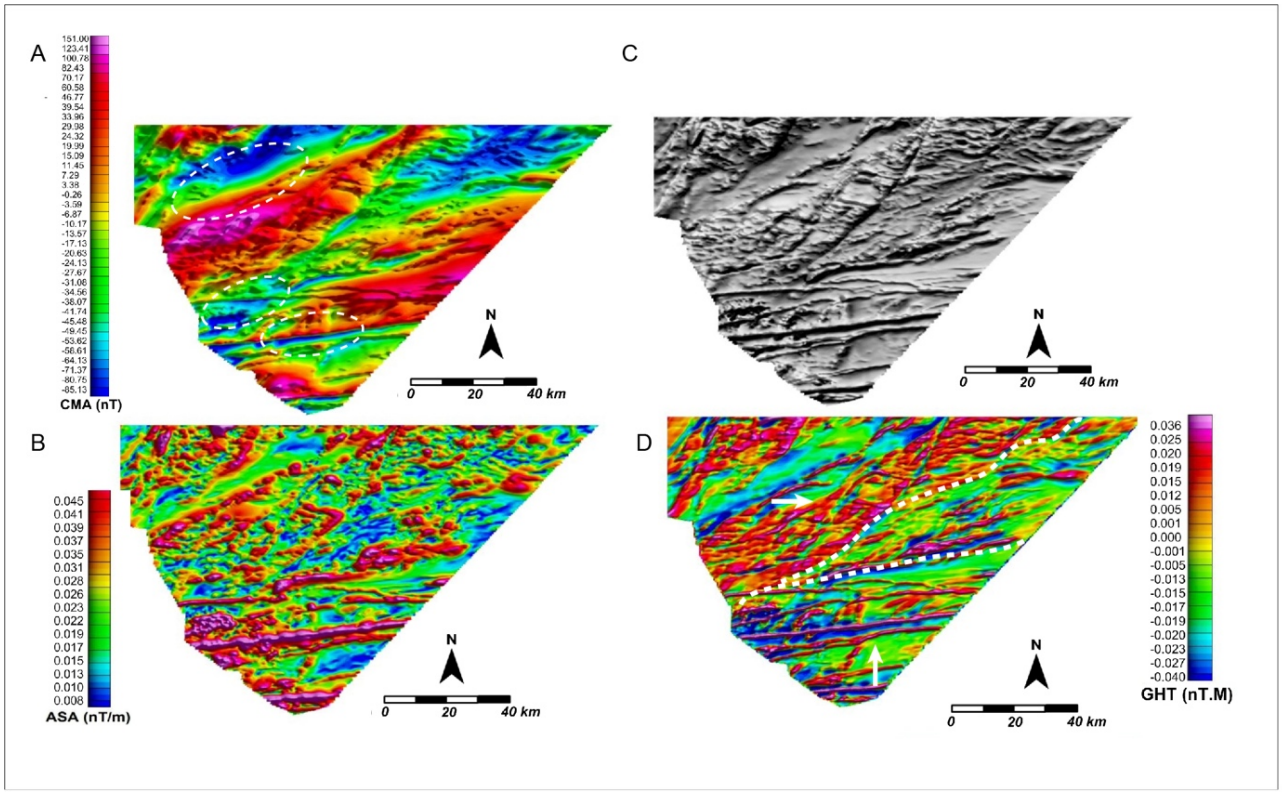
A Figura 4D mostra um mapa do gradiente horizontal total (GHT) (Cordell e Grauch, 1985), o qual possibilitou identificar assinaturas magnéticas de pequeno comprimento de onda dispostas ao longo de lineamentos magnéticos regionais em uma faixa central da área de estudo, com orientação preferencial segundo NE-SW. Na porção sudeste da área ocorrem lineamentos magnéticos com orientação E-W. Por meio da interpretação desse mapa, foi possível corroborar as informações visuais expostas nos mapas de ASA e de derivada vertical.

Domínios e lineamentos magnéticos regionais

A Figura 5 mostra o mapa esquemático de domínios e lineamentos geofísicos inferidos a partir dos mapas da Figura 4. Conforme ilustrado no mapa, ressaltam-se três domínios magnéticos, classificados por meio da orientação dos lineamentos estruturais e magnéticos, estes com azimutes médios de 50,27 ± 39,59, 54,21 ± 44,99 e 45,51 ± 67,76, respectivamente para os domínios 1, 2 e 3 (Tabela 1).

Os lineamentos magnéticos exibem padrões consistentes sobre os domínios 1 e 2, que abrangem grande parte da área de estudo, com tendência principal NE-SW e secundária NW-SE. O domínio 3 apresenta também tendência E-W bem definida, associando-se a zonas de cisalhamento e diques básicos. Os lineamentos com tendências direcionais E-W, NE-SW e NW-SE representam estruturas que foram reativadas ao longo do tempo (zonas de cisalhamento, Philipp e Machado, 2001).

O domínio 1 é separado do domínio 2 por um lineamento regional de orientação NE-SW associado à Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão, e o domínio 2 do 3 por um



CMA: campo magnético anômalo; ASA: amplitude do sinal analítico; GHT: gradiente horizontal total.

Figura 4. Mapas derivados da aplicação dos filtros utilizados no processamento dos dados aeromagnetométricos. (A) Mapa do campo magnético anômalo com a indicação dos principais dipolos (elipses tracejadas); (B) mapa da amplitude do sinal analítico; (C) mapa da primeira derivada vertical; (D) mapa do gradiente horizontal total com a divisão em três domínios limitados pelas linhas tracejadas, bem como a região com lineamentos dominantes NE-SW (seta horizontal) e dominantes E-W (seta vertical).

lineamento regional E-W associado à Zona de Cisalhamento Arroio Grande. As litologias do domínio 1 podem ser associadas ao Terreno Pelotas, uma vez que tem o predomínio de rochas granitoides com estruturas deformacionais NE-SW, enquanto os domínios 2 e 3 são associados ao Terreno Punta del Este, uma vez que têm o predomínio de rochas metassedimentares com estruturas deformacionais E-W (Cruz, 2019).

Os diagramas de roseta apresentados na Figura 6 permitem a visualização das diferenças entre os três domínios magnéticos, além de apresentar melhor panorama da tectônica da área. Os diagramas apresentam a frequência absoluta dos lineamentos na totalidade obtidos com intervalos de 10°, conforme o ângulo azimutal. Dessa maneira, os diagramas evidenciam as direções predominantes dos lineamentos estruturais.

Modelagem magnética 2.5D

Os modelos geofísicos foram baseados na integração das informações geológicas de campo e compilados (CPRM, 2000, 2008; Ramos et al., 2017, 2018; Cruz, 2019) com os produtos da interpretação qualitativa dos dados magnéticos. Para a confecção dos modelos referentes aos perfis A-A' e B-B', foram utilizados dados de susceptibilidade magnética adquiridos em amostras de mão das unidades litológicas documentadas no mapeamento litológico (ver seção "Mapeamento litológico dos perfis modelados").

Interpretação do perfil A-A'

O modelo foi ajustado de forma que os dados calculados se ajustassem ao comportamento do campo observado (modelagem direta). Em uma análise qualitativa do modelo (Figura 7A), observam-se três domínios de susceptibilidade na ordem do décimo (0,18), centésimo (0,069) e milésimo (0,0034) para unidade padrão de 10^{-3} (SI). Essas diferenças de domínios estão indicadas por cores nos polígonos modelados.

O perfil modelado sugere a presença de rochas básicas em subsuperfície não registradas por CPRM (2008) e Cruz (2019) nos mapeamentos geológicos realizados previamente na área. Essas rochas poderiam representar o preenchimento de fraturas extensionais, formando corpos tabulares subverticais (Figuras 7B e 7C).

O polígono 5, situado na porção norte do perfil, correspondente ao Gabro Desvio Herval, é interpretado como um corpo tabular subvertical parcialmente aflorante e que continua por cerca de 14 km em subsuperfície, com espessura de 800 m a 3,5 km de profundidade, variando a 270 m até a base.

Esse corpo tabular intrudido no Complexo Pinheiro Machado e controlado estruturalmente pela Zona de

Tabela 1. Estatística descritiva dos lineamentos magnéticos do setor sudeste do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-grandense.

	Domínio 1	Domínio 2	Domínio 3
Total de lineamentos	30	29	21
Comprimento total	4,61	3,34	4,61
Comprimento médio	0,15 ± 0,16	0,12 ± 0,11	0,22 ± 0,15
Azimute médio	50,27 ± 39,59	54,21 ± 44,99	45,51 ± 67,76
Azimute médio ponderado	46,27 ± 25,77	83,66 ± 21,27	89,54 ± 19,69

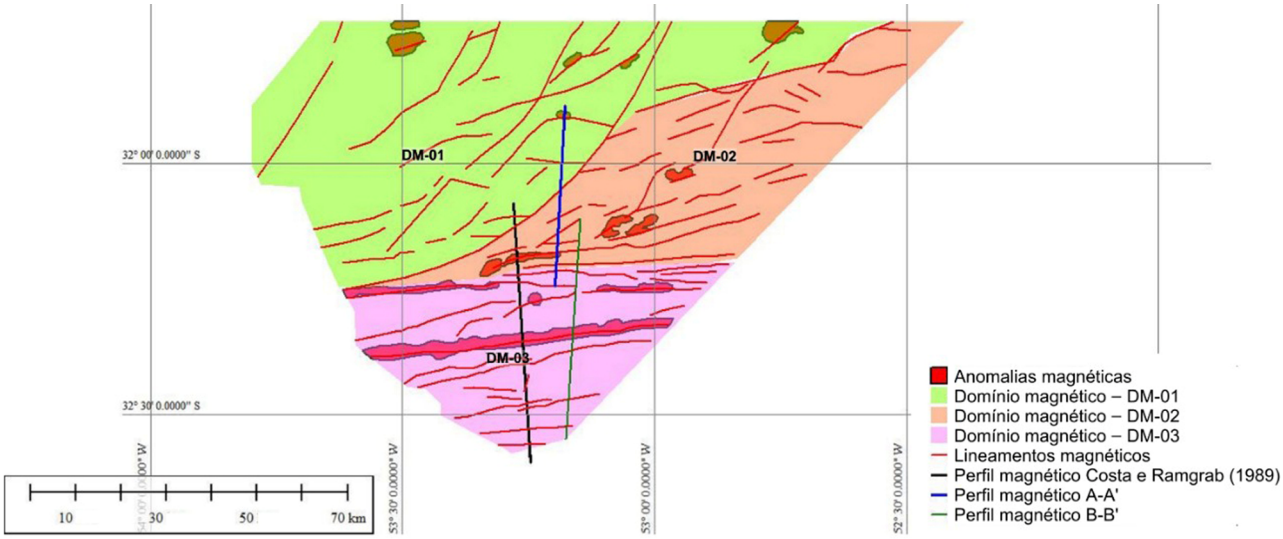


Figura 5. Mapa de domínios magnéticos baseado na interpretação das imagens da Figura 4. A linha preta representa o perfil magnético com orientação N-S modelado por Costa e Ramgrab (1989). As linhas azul e verde representam, respectivamente, os perfis magnéticos A-A' e B-B', com orientação N-S, realizados neste trabalho.

Cisalhamento Herval apresenta característica similar ao corpo básico central (polígono 13) que preenche uma fratura regional associada à Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão. Segundo CPRM (2008) e os dados modelados nesse perfil, essa última zona de cisalhamento reflete o contato entre os terrenos Pelotas e Punta del Este. Como os corpos apresentam a mesma susceptibilidade magnética, parâmetros geométricos similares e são relacionados a zonas de cisalhamento, é possível que o corpo modelado somente em subsuperfície seja oriundo do mesmo evento magmático que originou o Gabro Desvio Herval.

Os corpos básicos tabulares com mergulho de 82°S localizados na porção central do perfil (polígonos 10, 11 e 13) não foram documentados em mapeamentos anteriores (CPRM, 2008; Cruz, 2019), pois encontram-se em subsuperfície, a profundidades de cerca de 200 m (polígono 13), 1.800 m (polígono 11) e 1.000 m (polígono 10). A espessura média é de 300 m e se estendem até em torno de 15 km de profundidade. O polígono 7, situado na porção sul do perfil, abrange uma pequena intersecção do Granito Chasqueiro, que se caracteriza, conforme o modelo, como um corpo em formato elíptico com mergulho principal para NW, atingindo cerca de 5 km em subsuperfície e que continua no formato tabular até cerca de 15 km.

Na porção sul do perfil, um dos corpos modelados (polígono 7) está associado à Zona de Cisalhamento Arroio Grande, a qual poderia ter servido como conduto para os magmas básicos. Esse corpo situa-se a 385 m em subsuperfície e se estende até cerca de 15 km de profundidade, com espessura de 250 m e mergulho de 80°N.

O polígono 8, na porção sul do perfil, associado ao Granito Três Figueiras, caracteriza-se por um corpo tabular raso aflorante, atingindo, em subsuperfície, 3 km com espessuras em torno de 4,5 km em superfície e, na base, em torno de 835 m em subsuperfície. Essa geometria semielíptica do corpo na porção modelada pode estar relacionada à sua característica sintranscorrente, associada à Zona de Cisalhamento Arroio Grande.

O polígono 12, com valor de susceptibilidade magnética inferida do Gabro Desvio Herval, constitui um corpo alongado abrangendo toda a extensão do perfil modelado localizado a 16 km em subsuperfície, podendo ser associado à antiga estrutura de câmara magmática.

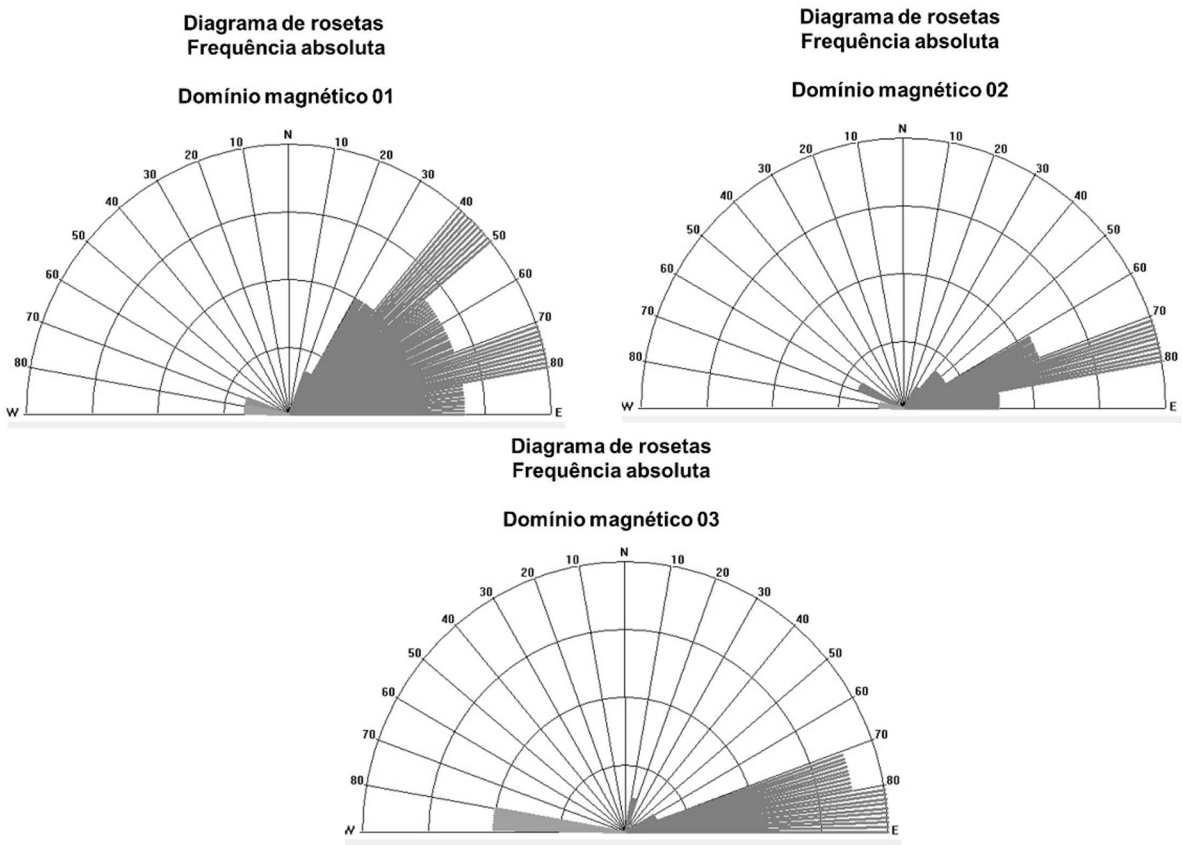
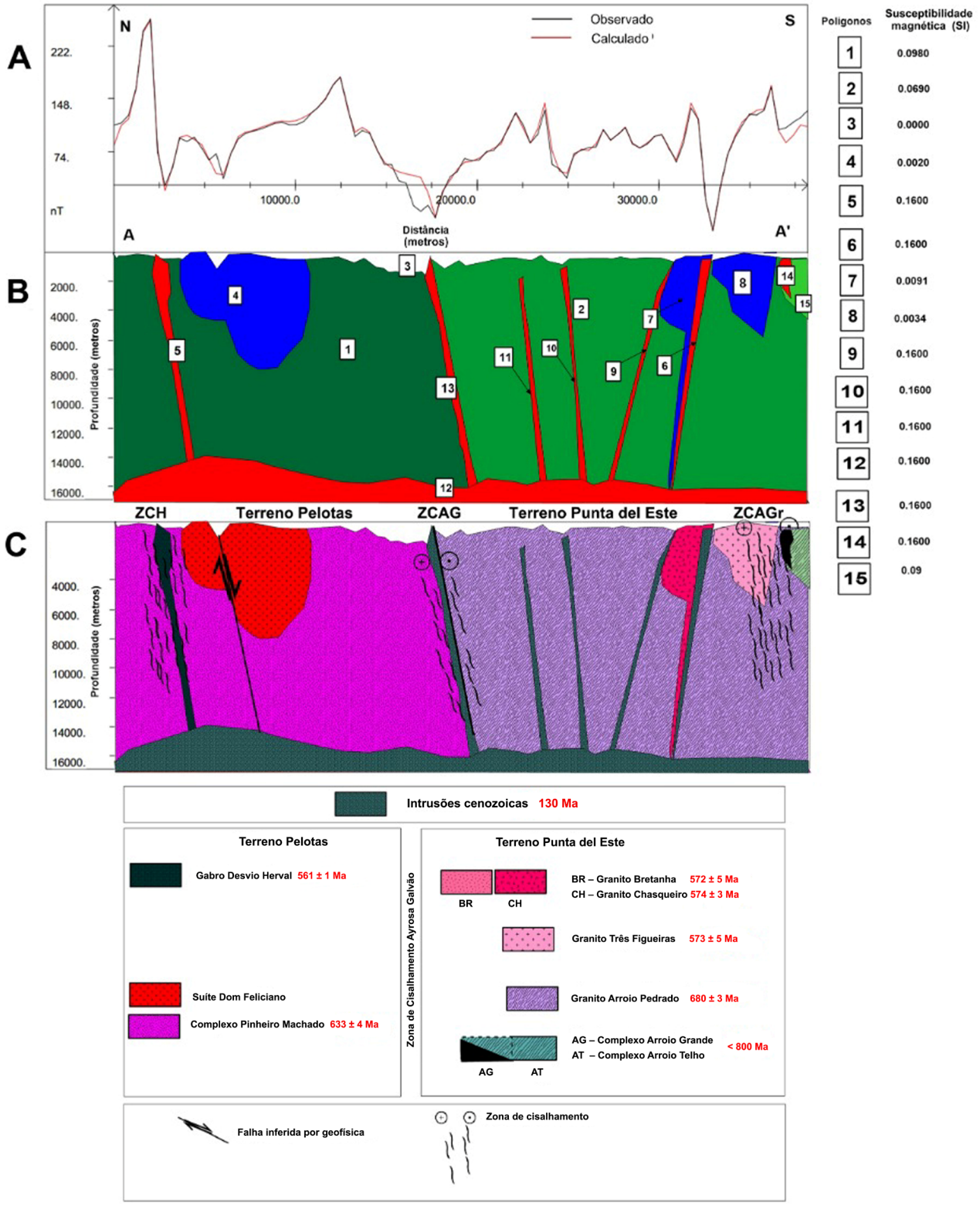


Figura 6. Diagramas de rosetas dos lineamentos magnéticos extraídos com base na interpretação dos dados aerogeofísicos da Figura 5.



ZCH: Zona de Cisalhamento Herval; ZCAG: Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão; ZCAGr: Zona de Cisalhamento Arroio Grande.

Figura 7. Modelo geofísico-geológico 2.5D do perfil A-A', vide localização na Figura 2. (A) Perfil magnetométrico; (B) modelo geofísico das unidades geológicas em subsuperfície; (C) interpretação geológica da modelagem geofísica.

O polígono 14, também localizado a sul do perfil, está associado ao Complexo Arroio Grande e é representado por um corpo semielíptico raso, atingindo 395 m em subsuperfície e espessuras em torno de 3,5 km.

O polígono 15 apresenta um corpo de formato elíptico associado ao Complexo Arroio Telho, com espessura em torno de 2 km e profundidade pouco superior a 4 km.

Interpretação do perfil B-B'

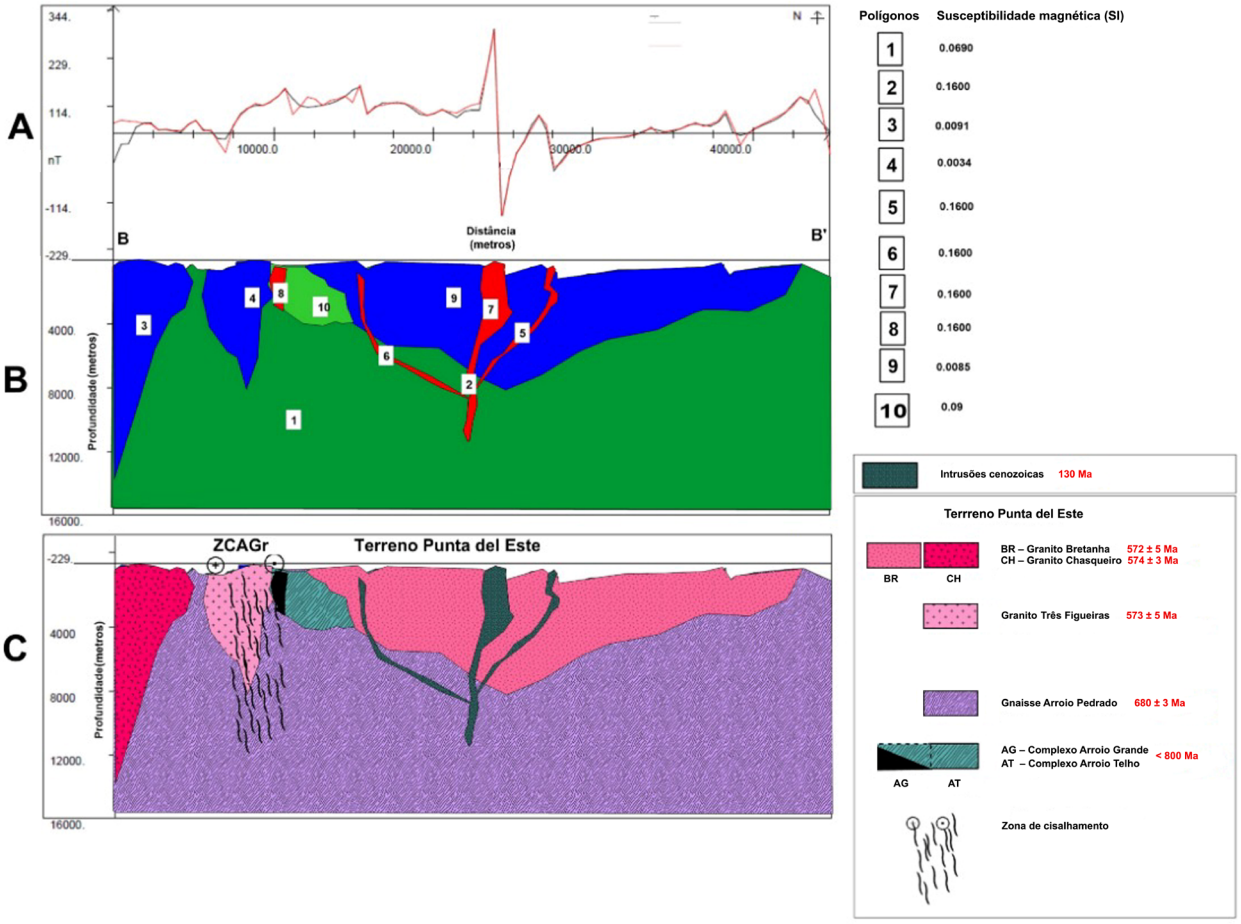
O perfil B-B' abrange as unidades geológicas principais dos domínios geofísicos 2 e 3. Por meio de modelagem magnética 2.5D, foram estabelecidos os parâmetros geométricos para dez corpos (Figura 8), incluindo o embasamento associado ao Gnaisse Arroio Pedrado, e com destaque para os granitos Três Figueiras e Chasqueiro, ambos estudados também no perfil A-A'.

O polígono 3, situado na porção norte do perfil, abrange o Granito Chasqueiro e, conforme o modelo, caracteriza-se como um corpo com forma de gota invertida, deformado na parte principal, atingindo 6 km de extensão em subsuperfície e raiz com profundidade de 14 km.

O polígono 4, na porção norte do perfil, está associado a uma fração mais espessa do Granito Três Figueiras, com forma semielíptica e deformada, rasa e aflorante, que continua em subsuperfície até cerca de 7 km e espessura em torno de 2 km.

O polígono 5, situado na porção central do perfil, atinge cerca de 8 km de profundidade e, quanto à susceptibilidade magnética, é interpretado como um corpo básico, similar aos modelados no perfil A-A'.

O polígono 6, situado na porção centro-norte do perfil, indica um corpo tabular localizado a aproximadamente 200 m em subsuperfície, com profundidade em torno de 7 km e espessura variando entre 600 e 800 m. Esse corpo está conectado aos polígonos 5 e 7, apresentando a mesma propriedade física, sugerindo que são corpos oriundos de um mesmo evento magmático.



ZCAGr: Zona de Cisalhamento Arroio Grande.

Figura 8. Modelo geofísico-geológico 2.5D do perfil B-B', vide localização na Figura 2. (A) Perfil magnetométrico; (B) modelo geofísico das unidades geológicas em subsuperfície; (C) interpretação geológica da modelagem geofísica.

O polígono 8, localizado na porção sul do perfil, está associado ao Complexo Arroio Grande e caracteriza-se por um corpo tabular raso não aflorante, atingindo 460 m em subsuperfície e espessuras em torno de 3,5 km.

O polígono 9, abrangendo grande porção ao longo do perfil (29,2 km), está associado ao Granito Bretanha, atingindo cerca de 8 km de profundidade. O polígono 10 é indicativo de um corpo deformado com geometria elíptica, espessura de 3.500 m e profundidade de 4 km, associado ao Complexo Arroio Telho.

Assim como no perfil A-A', o modelo do perfil B-B' é sugestivo de corpos básicos em profundidade. Entretanto, no modelo do perfil A-A', as intrusões são tabulares, atingindo profundidade de 16 km, talvez relacionadas ao Gabro Desvio Herval e a zonas de cisalhamento.

Características similares quanto à susceptibilidade magnética são observadas no perfil B-B', porém a geometria dos corpos é distinta. Nesse modelo, a geometria anastomosada dos corpos básicos, por vezes, é inclinada, atingindo profundidade de 12 km, que os diferem dos corpos básicos modelados no perfil A-A', geralmente verticalizados. Essa hipótese corrobora o modelo proposto por Costa e Ramgrab (1989), sugerindo a movimentação e a ascensão de magmas mais jovens, os quais poderiam ter aproveitado zonas de fraqueza crustal ao longo do tempo. Essas zonas de fraqueza crustal podem estar associadas a eventos mesozoicos relacionados à abertura do Oceano Atlântico Sul, o que difere do evento magmático em que estão inseridos ao menos dois corpos modelados no perfil A-A', correlacionados a zonas de cisalhamento neoproterozoicas.

Evolução tectônica do setor sudeste do Cinturão Dom Feliciano e a integração de dados geológicos e geofísicos

Conforme a literatura (*e.g.*, Philipp et al., 2016; Hueck et al., 2018; Cruz, 2019; Vieira et al., 2019), as rochas aflorantes na área de estudo são dominantemente de idades neopreoterozoicas e, subordinadamente, mesozoicas. Assim, a história geológica da região possivelmente está compreendida no intervalo entre 680 e 130 Ma. Neste, as rochas mais antigas correspondem ao Gnaisse Arroio Pedrado (680 Ma), enquanto as mais jovens são os basaltos da Bacia do Paraná (Cruz, 2019).

Assim, a evolução geológica da área pode ser intepretada com base em dois eventos principais:

- como produto do fechamento do paleo-oceano Adamastor, resultante de uma subducção de leste para oeste sob a microplaca Arachania e o Arco Piratini;
- o momento de geração das rochas vulcânicas vinculadas à abertura do Oceano Atlântico Sul (Ramos et al., 2017; Cruz, 2019).

Os fragmentos do Arco Piratini estão registrados na área pelos remanescentes do embasamento do Terreno Punta del Este, no Gnaisse Arroio Pedrado (Vieira et al., 2019), bem como pelo Gnaisse Piratini (Tambara et al., 2019). Ainda nesse terreno, ocorem as rochas do Complexo Arroio Grande e do Complexo Arroio Telho (rochas metamáficas e metassedimentares). Fragmentos do paleo-oceano são representados pelo Complexo Arroio Grande (Ramos et al., 2017), cuja obducção ocorreu a partir de 640 Ma. Xenólitos de gabros com composição similar aos do ofiolito são encontrados em algumas exposições do Complexo Pinheiro Machado, possibilitando levantar a hipótese de que fragmentos do paleo-oceano também foram assimilados ao longo da evolução do magmatismo (Ramos e Koester, 2015).

Em torno de 630 Ma, tem início o magmatismo polifásico do Complexo Pinheiro Machado (Philipp et al., 2002; Loureiro et al., 2020; Cruz, 2019), associado à subducção do paleo-oceano Adamastor e à geração de um arco magmático continental, com pulsos magmáticos de variadas composições (dioríticas a graníticas), alojados sob uma crosta continental pretérita. Esse processo resultou na geração dos granitoides com assinatura geoquímica de arco magmático, relacionados à subducção, no Terreno Pelotas.

Com a colisão continental, zonas de cisalhamento foram desenvolvidas nos dois terrenos em virtude de movimentos compressivos em regimes transpressivos, com a geração de diversos granitoides sincinemáticos a essas zonas, desenvolvendo-se um cinturão de zonas de cisalhamento dúcteis de alto ângulo ao longo dos batólitos (Cinturão de Cisalhamento Sul Brasileiro, Bitencourt et al., 2002). O magmatismo sincinemático a essas zonas de cisalhamento ocorreu por volta de 580 – 570 Ma (Granito Três Figueiras e Granito Chasqueiro, respectivamente, de Klein et al., 2018 e Vieira et al., 2016).

Após o fechamento do paleo-oceano Adamastor e a geração de zonas de cisalhamento, ocorreu a fase de relaxamento termal (entre 570 e 560 Ma), com a reativação de zonas de cisalhamento, em que magmas básicos (rochas intrusivas básicas — Gabro Desvio Herval, Dal Olmo-Barbosa et al., 2018) registram os eventos geológicos mais próximos ao final do Ediacarano.

Algumas estruturas profundas foram reativadas durante a abertura do Oceano Atlântico, por onde intenso magmatismo mesozoico se alojou na crosta, intrudindo o Terreno Punta del Este (Cruz, 2019).

O perfil geofísico da Figura 7C integra os dados de geologia anteriormente citados e a geofísica. Esse perfil corta o limite do Terreno Pelotas e Punta del Este, onde pode ser observado que as propriedades magnéticas se ajustam à geologia. No Terreno Pelotas (domínio magnético 1), rochas com intensidades magnéticas baixas representam o Complexo Pinheiro Machado, enquanto as rochas com valores intermediários registram o magmatismo da Suíte

Dom Feliciano. Já os altos valores correspondem às rochas máficas neoproterozoicas e ao Gabro Desvio Herval, ambos posicionados na forma de diques-condutos tabulares, verticalizados, relacionados com reativações de zonas de cisalhamento profundas (15 km), potencialmente interligadas com o manto.

O limite do Terreno Pelotas (domínio magnético 1) com o Terreno Punta del Este (domínio magnético 2) está materializado na Figura 7C, a partir da integração da geologia e da geofísica como uma zona de cisalhamento-sutura, registrada pela Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão. Nesta, possivelmente ocorre a intrusão de magmas máficos, interpretados como associados a rochas mesozoicas vinculadas à abertura do Oceano Atlântico Sul, uma vez que, no Terrno Punta del Este, esses corpos máficos têm orientações preferenciais W-E e altos valores magnéticos. No Terreno Punta del Este, as rochas com amplitudes mais baixas são vinculadas ao Gnaisse Arroio Pedrado, enquanto as com amplitudes intermediárias são vinculadas aos granitos Chasqueiro e Três Figueiras.

Na Figura 8C, o modelo geofísico-geológico mostra que, no Terreno Punta del Este (domínios magnéticos 2 e 3), dominam em superficie as rochas granitoides tardias, o Granito Bretanha, com baixos valores magnéticos, e, subordinadamente, os granitos associados a zonas de cisalhamento (Chasqueiro e Três Figueiras). Observa-se que os corpos máficos são mais rasos nesse domínio geofísico, relacionados a estruturas W-E e, em geral, com forma irregular, não tabular, e mais rasas (9 km), interpretados como magmatismo vinculado à abertura do Oceano Atlântico Sul.

A comparação entre os perfis geológicos e os modelos geofísico-geológicos realizados no presente estudo, apresentados nas Figuras 7 e 8, corrobora a interpretação de Costa e Ramgrab (1989), que interpretaram as estruturas W-E como diques básicos do mesozoico. No presente trabalho, esses diques são referendados para o Terreno Punta del Este, porém, no Terreno Pelotas, são aqui identificados como rochas gabroicas neoproterozoicas.

Assim, a geologia e os padrões geofísicos magnéticos integrados remontam a evolução do limite dos Terrenos Pelotas e Punta del Este no sudeste do Cinturão Dom Feliciano no Rio Grande do Sul, com a identificação de descontinuidades geofísicas e geológicas que representam limites de terrenos, zonas de cisalhamento ou mesmo reativações delas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise qualitativa e quantitativa dos dados magnetométricos, foi possível delimitar três domínios geofísicos com base nos padrões dos lineamentos (i.e, orientação, comprimento médio e comportamento regional do campo magnético). Os domínios são separados por estruturas geológicas regionais, sendo as principais a Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão, que separa os domínios 1 e 2, e a Zona de Cisalhamento Arroio Grande, que limita os domínios 2 e 3. O domínio magnético 1 está associado ao Terreno Pelotas e os domínios 2 e 3, às unidades geológicas do Terreno Punta del Este. As assinaturas magnéticas anômalas E-W, nos domínios 2 e 3, apresentam ordem de grandeza similar às mensuradas no domínio 1, porém são interpretadas de formas distintas, respectivamente, como rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, no Terreno Punta del Este, e como o Gabro Desvio Herval, no Terreno Pelotas. Essa separação é fundamentada no formato diferente dos corpos, bem como em profundidades de colocação distintas, respectivamente, 12 e 15 km.

Assim, a integração de estudos geológicos e geofísicos no setor sudeste do Cinturão Dom Feliciano permitiu a individualização de estruturas, como limites de terrenos e zonas de cisalhamento, setor esse caracterizado por intenso magmatismo vinculado a zonas de subducção de placa oceânica, a zonas de cisalhamento e a suas reativações em razão do relaxamento termal. Essa integração permitiu ainda a delimitação entre os Terrenos Pelotas e Punta del Este, contribuindo para o entendimento da evolução geológica do sudeste do Cinturão Dom Feliciano, no Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e à Universidade Federal do Pampa (Unipampa), além da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS; proc. PqG 10/1509-0) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq; proc. 307378/2017-9), o suporte científico do projeto; e à CPRM a disponibilização dos dados geofísicos utilizados no presente trabalho. Agradecem também ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Instituto de Geociências da UFRGS (PPGGeo-IGeo-UFRGS) e ao Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da UFRGS (CPGq-IGeo-UFRGS) o suporte com infraestrutura e o apoio técnico. Um agradecimento especial aos dois revisores anônimos, ao editor e ao secretário da revista, pelas sugestões e melhorias propostas ao artigo.

REFERÊNCIAS

Almeida, F. F. M., Hasui, Y, Brito Neves, B. B., Fuck. R. A. (1981). Brazilian Structural Provinces: an introduction. *Earth Science Review*, 17(1-2), 1-29. https://doi.org/10.1016/0012-8252(81)90003-9

Anjos, I. L. S., Mourão, L. M. (1987). *Projeto Extremo Sudeste do Brasil*. Relatório Final. CPRM. v. 1.

Babinski, M., Chemale Jr., F., Van Schmus, W. R., Hartmann, L. A., Silva, L. C. (1997). U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic Granitic-Gneissic Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 10(3-4), 263-274. https://doi.org/10.1016/S0895-9811(97)00021-7

Basei, M. A. S., Campos Neto, M. C., Castro, N. A., Nutman, A. P., Wemmer, K., Yamamoto, M. T., Hueck, M., Osako, L., Siga Jr., O., Passarelli, C. R. (2011). Tectonic evolution of the Brusque Group, Dom Feliciano Belt, Santa Catarina, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 32(4), 324-350. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.016

Basei, M. A. S., Frimmel, H. E., Nutman, A. P., Preciozzi, F., Jacob, J. (2005). A connection between the Neoproterozoic Dom Feliciano (Brazil/Uruguay) and Gariep (Namibia/South Africa) orogenic belts e evidence from a reconnaissance provenance study. *Precambrian Research*, 139(3-4), 195-221. https://doi.org/10.1016/j.precamres.2005.06.005

Bitencourt, M. F., Nardi, L. V. S. (1993). Late-to Post-collisional Brasiliano Magmatism in Southernmost Brazil. *Workshop MAGMA: Magmatismo Granítico e Mineralizações Associadas*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1, p. 3-4.

Bitencourt, M. F., Nardi, L. V. S. (2000). Tectonic setting and sources of magmatism related to the Southern Brazilian Shear Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1), 184-187. https://doi.org/10.25249/0375-7536.2000301186189

Bitencourt, M. F., Nardi, L. V. S., Philipp, P. P. (2002). *Evolução Crustal do Sul do Brasil:* Evidências do Estudo dos Granitóides. (Apresentação de Trabalho/Seminário).

Chemale Jr., F., 2000. Evolução geológica do Escudo sul-rio-grandense. In: M. Holz, L. F. De Ros (Eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul. Edição CIGO/UFRGS*, p. 13-52. Porto Alegre: Editora da UFRGS.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). (2000). *Carta Geológica Folha Pedro Osório, folha SH. 22-Y-C*. Escala 1:250.000. Porto Alegre: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). (2008). *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul*. Escala 1:750.000. Porto Alegre: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). (2010). *Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 260p. http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/10948

Cordell, L. E., Grauch, V. J. S. (1985). Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico. In: W. J. Hinze (Ed.). *The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps*, p. 181-197. Nova York: Society of Exploration Geophysicists.

Costa, A. F. U. (1997). *Teste e modelagem geofísica das associações litotectônicas précambrianas no Escudo Sul-rio-grandense*. Tese (Doutorado). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 257p.

Costa, A. F. U., Ramgrab, G. E. (1989). Lineamento Jaguarão – caracterização aeromagnética. *Revista Brasileira de Geociências*, 7(1), 41-45. http://dx.doi.org/10.22564/rbgf.v7i1.1077

Costa, A. F. U., Ramgrab, G. E., Vasconcelos, R. (1990). Interpretação do campo magnético na porção oriental do Escudo Sul-Rio-Grandense. *XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 5, p. 2439-2444. Natal: SBG.

Cruz, R. F. (2018). *Projeto sudeste do Rio Grande do Sul:* mapa de integração de cartografia geológica. 1 mapa colorido. Carta geológica. Escala 1:250.000. CPRM. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21135>. Acesso em: 9 out. 2020.

Cruz, R. F. (2019). *Projeto Sudeste do Rio Grande do sul: escalas 1:250.000 e 1:100.000*; estado do Rio Grande do Sul. CPRM, 1-173. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21135>. Acessado em: 09 out. 2020.

Dal Olmo-Barbosa, L., Koester, E., Gastal, M. C. (2018). Rochas intrusivas básicas no sudeste do Cinturão Dom Feliciano, RS: petrografia e geoquímica das associações I e II. *Geologia USP. Série Científica*, 18(2), 149-170. https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-125442

Dal Olmo-Barbosa, L., Koester, E., Gastal, M. C., Ramos, R. C. (2017). Basic Ediacaran magmatism (562 Ma) in southeast Sul-Riograndense Shield: U-Pb SHRIMP zircon dating of Alto Alegre Diorite. *X Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia*. Curitiba: SBG. Disponível em: <http://ssbg2017anais.siteoficial.ws/>. Acesso em: 9 out. 2020.

Fernandes, L. A. D., Menegat, R., Costa, A. F. U., Koester, E., Porcher, C. C., Tommasi, A., Kraemer, G., Ramgrab, G. E., Camozzato, E. (1995a). Evolução tectônica do cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte I – Uma contribuição a partir do registro geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4), 351-374. https://doi.org/10.25249/0375-7536.1995351374

Fernandes, L. A. D., Menegat, R., Costa, A. F. U., Koester, E., Porcher, C. C., Tommasi, A., Kraemer, G., Ramgrab, G. E., Camozzato, E. (1995b). Evolução tectônica do cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-Grandense: Parte II - uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4), 375-384. https://doi.org/10.25249/0375-7536.1995375384

Fernandes, L. A. D., Tommasi, A., Porcher, C. C. (1992). Deformation patterns in the southern Brazilian branch of the Dom Feliciano Belt: a reappraisal. *Journal of South American Earth Science*, 5(1), 77-96. https://doi.org/10.1016/0895-9811(92)90061-3

Figueiredo, M. C. H., Fragoso-César, A. R. S., Kronberg, B. L. (1990). Litogeoquímica das principais unidades do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul. *XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia*. Anais, 4, 1623-1738. Natal: SBG.

Fragoso-César, A. R. S. (1991). *Tectônica de Placas no Ciclo Brasiliano: As orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul*. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências - USP, 333p. https://doi.org/10.11606/T.44.1991.tde-23042013-162133

Fragoso-César, A. R. S., Figueiredo, M. C. H., Soliani Jr., E., Faccini, U. F. (1986). O Batólito Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozoico) no Escudo do Rio Grande do Sul. *XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*. Anais, v. 3, p. 1322-1343. Goiânia: SBG.

Gerhard, N. P., Koester, E., Porcher, C. C., Weinberg, R. F., Pimentel, M. M., Barbosa, L. D. O. (2015). Tonalite intrusion into marble: complex physical and chemical interation. *VIII Hutton Symposium on Granites and Related Rocks*. Book of Abstracts, p. 96. Florianópolis.

Gray, D. R., Foster, D. A., Meert, J. G., Goscombe, B. D., Armstrong, R., Trouw, R. A. J., Passchier, W. (2008). A Damara orogen perspective on the assembly of southwestern Gondwana. In: R. J. Pankhurst, R. A. J. Trouw, B. B. Brito-Neves, M. J. De Wit (Eds.), *West Gondwana:* Pre-cenozoic Correlations across the South Atlantic Region (v. 294, p. 257-278). Geological Society of London, Special Publication. https://doi.org/10.1144/SP294.14

Hartmann, L. A., Chemale Jr., F., Philipp, R. P. (2007). Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-cambriano. In: R. Iannuzzi, J. C. Frantz (Eds), *50 Anos de Geologia, Instituto de Geociências – Contribuições* (p. 97-123). Porto Alegre: Comunicação e Identidade, 289p.

Hartmann, L. A., Lopes, W. R., Savian, J. F. (2016). Integrated evaluation of the geology, aerogammaspectrometry and aeromagnetometry of the Sul-Riograndense Shield, southernmost Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(1), 75-92. http://doi.org/10.1590/0001-3765201520140495

Hartmann, L. A., Remus, M. V. D. (2000). Origem e evolução das rochas ultramáficas do Rio Grande do Sul desde o Arqueano até o Cambriano. *In*: M. Holz, L. F. De Ros (Eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul* (p. 53-78). Porto Alegre: CIGO/UFRGS.

Heilbron, M., Pedrosa-Soares, A. C., Campos Neto, M., Silva, L. C., Trouw, R. A. J. (2004). A Província Mantiqueira. In: A. Mantesso Neto, A. Bartorelli, C. D. R. Carneiro, B. B. Brito Neves (Eds.), *O desvendar de um continente:* a moderna geologia da América do Sul e o legado da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida (p. 203-234). São Paulo: Beca.

Hueck, M., Oyhantçabal, P., Philipp, R. P., Basei, M. A. S., Siegesmund, S. (2018). The Dom Feliciano Belt in Southern Brazil and Uruguay. In: S. Siegesmund, M. Basei, P. Oyhantçabal, S. Oriolo (Eds.). *Geology of Southwest Gondwana* (p. 267-302). Cham: Springer, Regional Geology Reviews. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68920-3_11

Klein, F. G., Koester, E., Vieira, D. T., Ramos, R. C., Porcher, C. C., Philipp, R. P. (2018). Geologia do Granito Três Figueiras: magmatismo peraluminoso de 585 Ma no sudeste do Cinturão Dom Feliciano. *Pesquisas em Geociências*, 45(2), 1-27. https://doi.org/10.22456/1807-9806.88646

Koester, E., Porcher, C. C., Pimentel, M. M., Fernandes, L. A. D., Vignol-Lelarge, M. L., Oliveira, L. D., Ramos, R. C. (2016). Further evidence of 777 Ma Subduction-related Continental arc magmatism in Eastern Dom Feliciano Belt, southern Brazil: the Chácara das Pedras Orthogneiss. *Journal of South American Earth Sciences Sciences*, 68, 155-166. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.12.006

Lenz, C., Fernandes., L. A. D., McNaughton., N. J., Porcher, C. C., Masquelin, H. (2011). U-Pb SHRIMP ages for the Cerro Bori Orthogneisses, Dom Feliciano Belt in Uruguay: evidences of a ~800 Ma magmatic and ~650 Ma metamorphic event. *Precambrian Research*, 185(3-4), 149-163. https://doi.org/10.1016/j.precamres.2011.01.007

Loureiro, P. O., Koester, E., Weinberg., R. F., Lenz, C., Porcher, C. C., Ramos, R. C., Vieira, D. T., Bastos, V. A., Knijnik, D., Pimentel, M. M. (2020). Recycling and hybridization of incremental episodes of magma intrusions: Pinheiro Machado Complex, Southeastern Dom Feliciano Belt, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 104, 102922. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102922

Lowrie, W. (2007). *Fundamentals of Geophysics*. 2. ed. Londres: Cambridge University Press, 381p.

Masquelin, H., Fernandes, L. A. D., Lenz, C., Porcher, C. C., McNaughton, N. J. (2012). The Cerro Olivo Complex: a pre-collisional Neoproterozoic magmatic arc in Eastern Uruguay. *International Geology Review*, 54(10), 1161-1183. https://doi.org/10.1080/00206814.2011.626597

Peel, E. (2012). *Petrografia, geoquímica e geocronologia do Complexo Paso del Dragón, NE do Uruguai, implicações tectônicas na evolução do Cinturão Dom Feliciano*. Tese (Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, 198p.

Philipp, R. P. (1990). *Geologia e petroquímica dos granitóides da região de Monte Bonito, Pelotas, RS*. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS, 231p.

Philipp, R. P. (1998). *Evolução Geológica e Tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul.* Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP. https://doi.org/10.11606/T.44.1998.tde-05112014-155445

Philipp, R. P., Machado R. (2001). Suítes graníticas do Batólito de Pelotas no Rio Grande do Sul: petrografia, tectônica e aspectos petrogenéticos. *Revista Brasileira de Geociências*, 31(3), 257-266. https://doi.org/10.25249/0375-7536.2001313257266

Philipp, R. P., Machado, R. (2005). The Late Neoproterozoic granitoid magmatism of the Pelotas Batholith, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 19(4), 461-478. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2005.06.010

Philipp, R. P., Machado, R., Nardi, L. V. S., Lafon, J. M. (2002). O magmatismo granítico Neoproterozoico do Batólito Pelotas no sul do Brasil: novos dados e revisão da geocronologia regional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(2), 277-290. https://doi.org/10.25249/0375-7536.2002322277290

Philipp, R. P., Pimentel, M. M., Chemale Jr., F. (2016). Tectonic evolution of the Dom Feliciano Belt in Southern Brazil: geological relationships and U-Pb geochronology. *Brazilian Journal of Geology*, 46(Supl. 1), 83-104. http://doi.org/10.1590/2317-4889201620150016

Preciozzi, F., Masquelin, H., Basei, M. A. S. (1999). The Namaqua/Grenville terrane of eastern Uruguay. *II Simpósio Sul Americano de Geologia Isotópica*. Resumos, p. 338-340. Córdoba.

Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W. (1979). *Carta geo-estructural del Uruguay*. Escala 1:2.000.000. Montevidéu: Instituto Geológico y Ingeneria. Terra Arocena, 62p.

Ramos, R. C., Koester, E. (2014). Geologia da associação metamáfica-ultramáfica da região de Arroio Grande, sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense. *Pesquisas em Geociências*, 41(1), 25-38. https://doi.org/10.22456/1807-9806.78030

Ramos, R. C., Koester, E. (2015). Lithogeochemistry of the meta-igneous units from Arroio Grande Ophiolitic Complex, southernmost Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 45(1), 65-78. http://doi.org/10.1590/23174889201500010005

Ramos, R. C., Koester, E., Porcher, C. C., Barbosa, L. D., Vieira, D. T., Beloni, M. S. (2017). Correlação geoquímica entre os metamafitos dos Mármores Matarazzo e do Ofiolito Arroio Grande (Complexo Arroio Grande, SE do Cinturão Dom Feliciano, Brasil). *X Simpósio Sul-brasileiro de Geologia*. Anais... Curitiba: SBG. Disponível em: <http://ssbg2017anais.siteoficial.ws/>. Acesso em: 9 out. 2020.

Ramos, R. C., Koester, E., Vieira, D. T., Porcher, C. C., Gezatt, J. N., Silveira, R. L. (2018). Insights on the evolution of the Arroio Grande Ophiolite (Dom Feliciano Belt, Brazil) from Rb-Sr and SHRIMP U-Pb isotopic geochemistry. *Journal of South American Earth Sciences*, 86, 38-53. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.06.004

Ramos, R. C., Toniolo, J. A., Pinto, G. R., Koester, E. (2014). Zona de cisalhamento (sutura) de Arroio Grande e o novo Domínio Geofísico Sudeste (Escudo Sul-rio-grandense): discussões baseadas em dados geofísicos e de campo. *VI Simpósio Brasileiro de Geofísica*. Boletim de Resumos Expandidos. Porto Alegre.

Saalmann, K., Gerdes, A., Lahaye, Y., Hartmann, L. A., Remus, M. V. D., Läufer, A. (2011). Multiple accretion at the eastern margin of the Rio de la Plata craton: the prolonged Brasiliano orogeny in southernmost Brazil. *International Journal of Earth Sciences*, 100, 355-378. https://doi.org/10.1007/s00531-010-0564-8

Shukowsky, W., Vasconcelos, A. C. B. C., Mantovani, M. S. M. (1991). Estruturação dos terrenos pré-cambrianos da região sul do Brasil e oeste do Uruguay, e sua continuidade sob os sedimentos da Bacia do Paraná: Um estudo por modelamento gravimétrico. *Revista Brasileira de Geofísica*, 9(2), 275-287. http://doi.org/10.22564/rbgf.v9i2.1115

Silva, L. C., McNaughton, N. J., Armstrong, R., Hartmann, L. A., Fletcher, I. R. (2005). The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U-Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. *Precambrian Research*, 136(3-4), 203-240. https://doi.org/10.1016/j.precamres.2004.10.004

Tambara, G. B., Koester, E., Ramos, R. C., Porcher, C. C., Vieira, D. T., Fernandes, L. A. D., Lenz, C. (2019). Geoquímica e geocronologia dos Gnaisses Piratini: magmatismo cálcio-alcalino médio a alto-K de 784 Ma (U-Pb SHRIMP) no SE do Cinturão Dom Feliciano (RS, Brasil). *Pesquisas em Geociências*, 46(2), e0769. https://doi.org/10.22456/1807-9806.95466

Travassos, R. P. (2014). *Interpretação estrutural regional do Escudo Sul-rio-grandense, RS, Brasil, com base em aeromagnetometria*. Dissertação (Mestrado). Brasília: Instituto de Geociências – Universidade de Brasília, 64p.

Vieira, D. T., Koester, E., Bertotti, A. L. (2016). Petrologia do Granito Chasqueiro, um estudo integrado de petrografia, análise estrutural, geoquímica e geologia isótopica (U-Pb, Lu-Hf) na região de Arroio Grande, SE do Escudo Sul-Rio-Grandense. *Brazilian Journal of Geology*, 46(1), 79-108. https://doi.org/10.1590/2317-4889201620150041

Vieira, D. T., Koester, E., Ramos, R. C., Porcher, C. C. (2019). Sr-Nd-Hf isotopic constraints and U-Pb geochronology of the Arroio Pedrado Gneisses, Dom Feliciano Belt, Brazil: a 680 Ma shoshonitic event in the final stages of the Piratini Arc evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 95, 102294. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102294

Will, T. M., Frimmel, H. E., Gaucher, C., Bossi, J. (2014). Geochemical and isotopic composition of Pan-African metabasalts from southwestern Gondwana: Evidence of Cretaceous South Atlantic opening along a Neoproterozoic back-arc. *Lithos*, 202-203, 363-381. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.05.034