

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DOS XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE

MATHEUS SOUZA BELONI

**ORIENTADOR – Profa. Dra. Carla Cristine
Porcher**

Porto Alegre, 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DOS XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE

MATHEUS SOUZA BELONI

ORIENTADOR – Profa. Dra. Carla Cristine
Porcher

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Cristine Lenz – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade
Federal de Sergipe

Prof. Dr. Marcus Vinicius Dorneles Remus – Instituto de Geociências, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Viter Magalhães Pinto – Centro de Engenharias, Universidade Federal de
Pelotas

Dissertação de Mestrado apresentada
como requisito parcial para a obtenção
do Título de Mestre em Ciências.

Porto Alegre, 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Beloni, Matheus Souza
ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DOS XISTOS E QUARTZITOS
ARROIO GRANDE / Matheus Souza Beloni. -- 2020.
62 f.
Orientador: Carla Cristine Porcher.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Xistos e Quartzitos Arroio Grande. 2. Proveniência. 3. Idade U-Pb em zircão detrítico. 4. Sm-Nd em rocha total. 5. Metassedimentares. I. Porcher, Carla Cristine, orient. II. Título.

Dedico a minha sanidade, que me deixou no primeiro ano do mestrado.

Agradeço a minha família, por todo apoio.

Aos meus amigos, pela parceria.

A minha orientadora e ao grupo de pesquisa pela ajuda e paciência.

RESUMO

Neste projeto de mestrado procurou obter dados, interpretações, discussões e respostas a cerca dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande e da unidade metagrauvaca inserida no Complexo Arroio Grande, a sudeste do Cinturão Dom Feliciano, na porção brasileira. Para essa finalidade foi realizada análise petrográfica, obtidos e interpretado dados de geoquímica de elementos maiores e traços, geoquímica isotópica em rocha-total (Sm/Nd) e idades U-Pb em zircão detrítico das unidades metassedimentares. A unidade metagrauvaca registra metamorfismo de fácies xisto verde-anfibolito e sofreu milonitização em duas fases, em média-alta temperatura (500 – 700 °C) e, posterior, em média temperatura (400 – 500 °C). O ϵ_{Nd} obtido foi de -5 e T_{DM} de 1.07 e o histograma de idades U-Pb dos zircões detríticos da unidade reflete uma contribuição sedimentar expressiva de unidades criogenianas, sem o registro de idades ediacaranas. Os Xistos e Quartzitos Arroio Grande apresentam características petrográficas de metamorfismo de fácies xisto verde, e registram milonitização de média/baixa temperatura (300 – 400 °C). O ϵ_{Nd} para 5 amostras de xistos varia entre -11 e -14 e T_{DM} entre 1,35 e 1,58 Ga e para duas amostras de quartzito, ϵ_{Nd} -6 e -14 e T_{DM} 1,09 e 1,69 Ga, respectivamente. O histograma de idades U-Pb dos zircões detríticos demonstram influência mais expressiva de unidades ediacaranas, com idade máxima de deposição de 548 Ma. Com base nos dados acima conclui-se que as unidades pertencem a momentos distintos de deposição na evolução leste do Cinturão Dom Feliciano, e que os Xistos e Quartzitos Arroio Grande são as unidades metassedimentares mais jovens encontrada à leste desse cinturão e que representariam o estágio final na amalgamação do Gondwana.

PALAVRAS-CHAVE: Xistos e Quartzitos Arroio Grande, Proveniência, Idade U-Pb.

ABSTRACT

This master project aimed to obtain data, interpretations, discussions and answers about the Arroio Grande Schists and Quartzites and the metagreywacke unit that is part of the Arroio Grande Complex, located in the southeast portion of the Dom Feliciano Belt, in the Brazilian territory. Studies such as petrography, geochemistry of major and trace elements, Sm/Nd isotopic geochemistry in whole-rock and U-Pb ages in detritic zircons were done in the metasedimentary units. The metagreywacke presents metamorphism of greenschist-amphibolite facies and mylonitic record of two phases, the first in medium-high temperature (500-700°C) and the aftermost in medium temperature (400-500°C). The ϵ_{Nd} obtained was -5 and T_{DM} was 1.07, and the U-Pb age histogram of the detritic zircons of this unit evidenced an expressive contribution from sedimentary units of Cryogenian age, without any register of Ediacaran ages. The schist and quartzite present petrographic characteristics that indicate greenschist facies metamorphism and medium/low temperature mylonitization (300 – 400°C). ϵ_{Nd} values of five schist samples ranged between -11 and -14, and T_{DM} ranged between 1.35 and 1.58 Ga. For two quartzite samples, ϵ_{Nd} ranged between -6 and -14, and T_{DM} between 1.09 and 1.69 Ga, respectively. The U-Pb age histogram of the detritic zircons that were studied evidenced wide influence of Ediacaran units, and maximum deposition age of 548 Ma. Based on the data above it is concluded that the units belong to different stages of deposition during the evolution of the east region of the Dom Feliciano Belt. The Arroio Grande Schists and Quartzites are the younger metasedimentary units of the Dom Feliciano Belt, representing the final stages of amalgamation of West Gondwana.

KEYWORDS: The Arroio Grande Schists and Quartzites, Provenance, U-Pb ages.

LISTA DE FIGURAS

- [Figura 1 Mapa geológico simplificado da área de estudo e principais amostras estudadas - \(A\) Porção sudeste do Cinturão Dom Feliciano \(Brasil e Uruguai\) \(modificado de Blanco et al. 2011, e Ramos et al 2017\); \(B\) Terreno Cuchilla Dionísio – Pelotas e Punta del Este próximo a fronteira Brasil/Uruguai \(modificado de Ramos et al., 2018\). Setas em branco indicando a localização das amostras analisadas para datação U-Pb em zircão detrítico.](#) 14
- [Figura 2 Fotografias gerais dos afloramentos das unidades estudadas – A\) Afloramento a beira de estrada dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande \(em detalhe, lente de quartzito\); B\) Afloramento em beira de riacho, mostrando o contato dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande \(a direita\) com o Granito Três Figueiras e metaultramáfica \(a esquerda\); C\) Plano horizontal da metagrauvaca... 16](#)
- [Figura 3 Imagem do MEV modelo JEOL® 6610-LV, utilizado para obter imagens de BSE e CL. Possui também EDS acoplada, para a obtenção de análises composicionais.](#) 18
- [Figura 4. Fotomicrografias dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande e metagrauvaca A\) Detalhe da textura milonítica dos Muscovita Quartzo Xisto com as fitas de quartzo \(*ribbon*\), muscovitas alongadas e porfiroclastos de K-feldspato, intensamente fraturados e com pequena cauda de recristalização \(Escala = 500 \$\mu\$ m\); B\) Imagem geral do quartzito mostra a textura do quartzo \(*bulging*\) e a estrutura S-C \(diferença de orientação do mineral quartzo em relação a foliação da rocha\) \(Escala = 500 \$\mu\$ m\); C\) Imagem geral da lâmina da metagrauvaca, ressaltando as feições de quartzo em fita \(*ribbons*\) e em subgrão, feldspatos e biotitas e ao centro em verde-escuro, turmalina; \(Escala = 500 \$\mu\$ m\); D\) Na metagrauvaca, evidência de duas foliações marcadas em tracejado, em vermelho uma primeira foliação de mais alta temperatura e textura *grain boundary migration*, e em amarelo uma segunda foliação de média temperatura e textura *subgrain rotation* \(Escala = 1mm\).](#) 21
- [Figura 5. Imagem em detalhe dos zircões detríticos obtidos em MEV e idades U-Pb das unidades estudadas. Da esquerda para a direita: PF-24 \(metagrauvaca\), PF-29 \(quartzito\) e PF-56 \(xisto\).](#) 23

LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

CAG – Complexo Arroio Grande

CDF – Cinturão Dom Feliciano

Ga – Bilhões de anos

K – Potássio

m – Metros

Ma – Milhões de anos

Mm – Milímetros

NE – Nordeste

NW – Noroeste

Nd – Neodímio

Pb – Chumbo

Sm – Samário

SW – Sudoeste

T_{DM} - Idade-Modelo de depleção mantélica

U – Urânio

μL - Microlitro

μm - Micrômetro

ϵ_{Nd} – Épsilon Neodímio

SUMÁRIO

1		
2	RESUMO	6
3	ABSTRACT.....	7
4	LISTA DE FIGURAS	8
5	LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	9
6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	11
7	TEXTO INTEGRADOR	11
8	INTRODUÇÃO	11
9	OBJETIVO DA PESQUISA.....	11
10	ESTADO DA ARTE	12
11	XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE	14
12	ESTUDO DE PROVENIÊNCIA	16
13	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
14	RESULTADOS.....	19
15	GEOLOGIA E PETROGRAFIA DOS XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE.....	19
16	GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS.....	21
17	GEOQUÍMICA ISOTÓPICA EM ROCHA-TOTAL DE Sm/Nd	22
18	IDADE U-Pb EM ZIRCÃO DETRÍTICO	22
19	DISCUSSÃO	23
20	CONCLUSÃO	26
21	REFERÊNCIAS.....	26
22	ARTIGO:.....	33
23	COMPLEMENTOS:	57
24	A) TABELA DE DADOS DE ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS	57
25	B) TABELA DE DADOS DE Sm/Nd EM ROCHA-TOTAL	58
26	C) TABELA DE DADOS U/Pb EM ZIRCÃO DETRÍTICO	59
27	PF – 24 (METAGRAUVACA)	59
28	PF – 29 (QUARTZITO)	60
29	PF – 56 (XISTO).....	61
30		
31		

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

33

34 Esta dissertação de mestrado está estruturada em um (1) texto integrador, que contempla
35 uma síntese do projeto de mestrado e está dividido em Introdução, Objetivo da Pesquisa,
36 Estado da Arte, Materiais e Métodos, Resultados, Discussões e Conclusões, e um (1) artigo
37 submetido em periódico classificado no estrato Qualis-CAPES (A1, A2, A3 e A4 - explicitar).

38 TEXTO INTEGRADOR

39 INTRODUÇÃO

40 No Cinturão Dom Feliciano (CDF) ocorrem registros de diversas unidades
41 metassedimentares que representam antigas bacias sedimentares metamorfizadas e
42 deformadas durante orogêneses. Embora nos estudos antigos sobre o CDF, muitas dessas
43 rochas tenham sido inseridas sob a mesma denominação, em grande parte considerando
44 a similaridade de grau metamórfico e tipo de protólito, a aplicação de abordagem analítica
45 permitiu recuperar parte da assinatura sedimentar das mesmas. A oeste do Terreno
46 Pelotas, unidades metassedimentares são observadas em contexto tectônicos diversos,
47 como parte do Complexo Metamórfico Porongos com idades de deposição entre 800 e 560
48 Ma (Saalman et al., 2006; Gruber et al., 2016; Höfig et al., 2018), ou as unidades
49 metassedimentares do Complexo Passo Feio (Bitencourt, 1983; Remus et al., 1999;
50 Saalman et al. 2006; Lopes et al., 2015) e Marmeleiro do Terreno São Gabriel (Fernandes
51 et al., 1995), por exemplo.

52 Já para ocorrências de rochas metassedimentares do sudoeste do Terreno Pelotas existem
53 poucos dados publicados. Nesta região são descritas unidade de rochas
54 metassedimentares de protólito carbonático (Mármore Matarazzo: Neis (2017) e Gherard
55 (2015)) e siliciclásticas (Xistos e Quartzitos Arroio Grande: Beloni (2016) e Cruz (2019) -
56 Xistos e Quartzitos Herval: Cruz (2019) - Complexo Arroio Telho: Iglesias (2018) e Cruz
57 (2019)).

58 OBJETIVO DA PESQUISA

59 Essa dissertação teve como objetivo obter informações para auxiliar no entendimento do
60 contexto geológico em que os Xistos e Quartzitos Arroio Grande estão inseridos, bem como
61 a idade de deposição dos sedimentos. Para esta finalidade, foram realizados trabalho de
62 campo e petrografia, descrição da morfologia e texturas dos zircões detríticos, análises
63 geoquímicas de elementos maiores e traços, análises isotópicas Sm/Nd em rocha total e
64 idades U-Pb em zircão detrítico. Foram discutidas também, possíveis áreas-fonte para os

65 mesmos e correlações com outras unidades metassedimentares.

66 ESTADO DA ARTE

67 O Cinturão Dom Feliciano (Fig. 1) corresponde ao orógeno meridional da Província
68 Mantiqueira (Almeida et al., 1981) e estende-se por mais de 1200 km, desde Punta del Este
69 (Uruguai) até o estado de Santa Catarina (Brasil), compreendendo as porções centrais e
70 orientais dos escudos Uruguaio, Sul-rio-grandense e Catarinense. Esse cinturão orogênico
71 está relacionado à amalgamação do paleocontinente Gondwana Ocidental, durante o ciclo
72 Brasileiro-Panafricano (Neoproterozoico), como resultado do encerramento de bacias
73 paleo-oceânicas em resposta à convergência entre os crátons Rio de La Plata, Kalahari,
74 Angola-Congo-São Francisco e outros blocos e microplacas menores (Fernandes et al.,
75 1995a e 1995b; Basei et al., 2000; Gaucher et al., 2009; Brito-Neves et al., 2014; Philipp et
76 al., 2016; Santos et al., 2017). Na porção africana, seus equivalentes são os cinturões
77 Gariep, Damara e Kaoko, os quais em conjunto formam o denominado Orógeno Damara
78 (Gray et al., 2008; Frimmel et al., 2011), desenvolvido durante colagem orogênica em
79 junção tríplice transversa (Passchier et al., 2016).

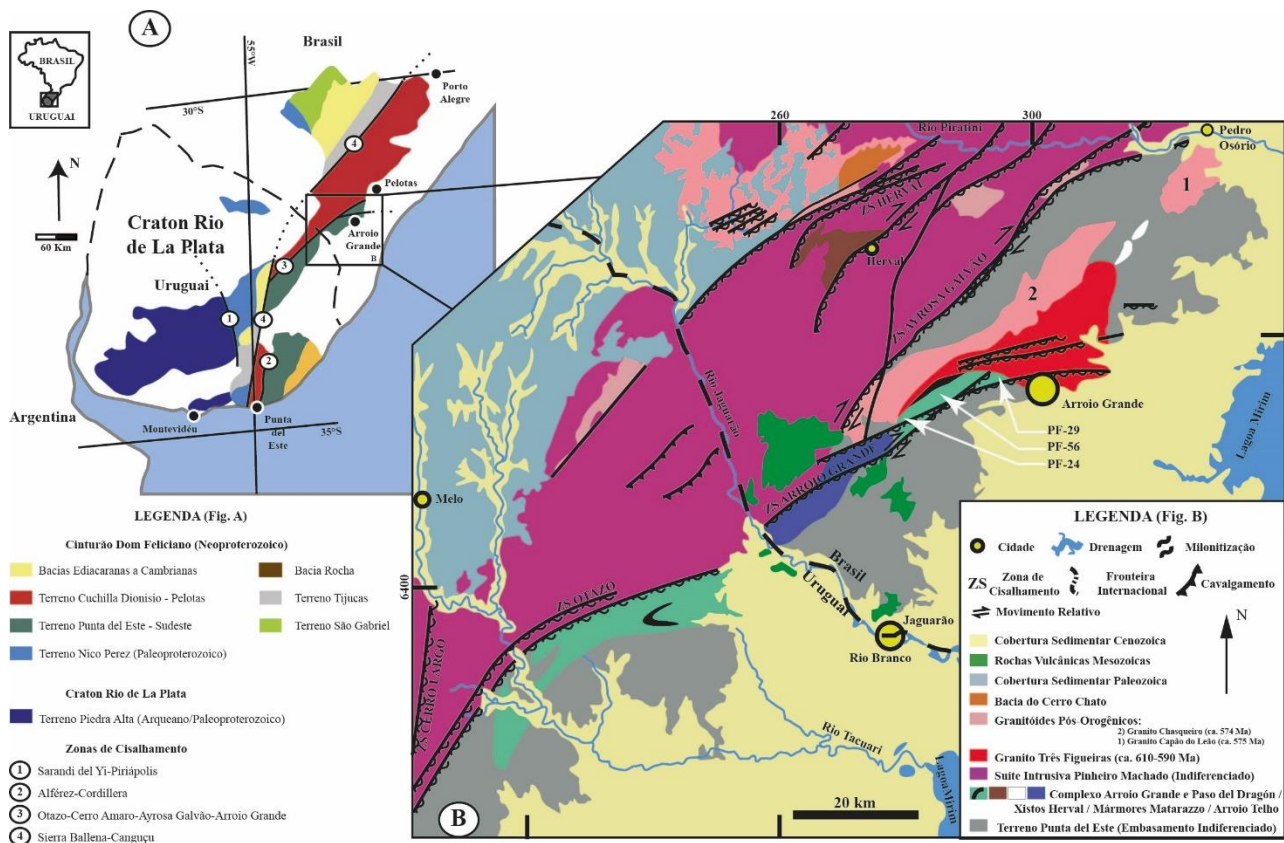
80 No Escudo Uruguaio-sul-rio-grandense, onde está localizada a área de Arroio Grande, área
81 de interesse desta pesquisa, o Cinturão Dom Feliciano é limitado a norte por unidades
82 fanerozoicas da Bacia do Paraná, a oeste por unidades arqueanas a paleoproterozoicas do
83 Cráton Rio de La Plata, e a leste e sul pelos sedimentos quaternários da Planície Costeira
84 e pelo Oceano Atlântico. Descontinuidades geofísicas de escala regional permitem a
85 subdivisão do cinturão em quatro domínios principais, três propostos inicialmente por
86 Fernandes et al., (1995b) e Hartmann et al (2016): domínios Oeste (Terreno São Gabriel,
87 aflorante apenas no Escudo Sul-rio-grandense; Hartmann et al., 2007), Central (Terreno
88 Tijucas e bacia molássica Arroio del Soldado-Camaquã; Chemale Jr., 2000; Blanco et al.,
89 2011) e Leste (terrenos Cuchilla Dionisio-Pelotas e Punta del Este; Bossi & Gaucher, 2004;
90 Basei et al., 2011) e recentemente, o Domínio Sudeste proposto por Ramos et al., (2014)
91 (Terreno Jaguarão; Cruz, 2019) com base em assinaturas de aerogeofísica e a presença
92 de rochas ofiolíticas relacionadas à sutura.

93 Esses terrenos, com evoluções crustais distintas, foram construídos ao longo de três
94 eventos orogênicos (Silva et al., 2005): Brasileiro I (clímax em torno de 730-700 Ma –
95 apenas no Terreno São Gabriel, relacionado à Orogenia São Gabriel e ao encerramento do
96 paleo-oceano São Gabriel/Charrua; Saalman et al., 2011), Brasileiro II (clímax em torno
97 de 640-620 Ma – relacionado à Orogenia Dom Feliciano no Terreno Cuchilla Dionisio-

98 Pelotas, representado por grande volume de magmatismo e intenso retrabalhamento
99 crustal, possivelmente relacionado ao encerramento do paleo-oceano Adamastor Sul e
100 bacias de retroarco relacionadas; Chemale Jr., 2000; Frimmel et al., 2011; Ramos et al.,
101 2017), e Brasileiro III (clímax em torno de 590-550 Ma – relacionado a magmatismo
102 sintectônico e pós-orogênico, e aos estágios finais da amalgamação do Gondwana
103 Ocidental) (Babinski et al., 1997; Brito-Neves et al., 2014).

104 No Terreno Cuchilla Dionisio - Pelotas, contexto geológico dos Xistos e Quartzitos Arroio
105 Grande, predominam granitoides do denominado Batólito Aiguá-Pelotas, um conjunto de
106 batólitos e plutões relacionados aos eventos Brasileiro II e III, com idades magmáticas que
107 variam entre 650 - 610 Ma para suas unidades mais antigas: as suítes intrusivas Pinheiro
108 Machado e Erval (cálcio-alcálicos de alto-K e assinaturas geoquímicas que sugerem
109 magmatismo continental relacionado à subducção; Silva et al., 2005; Philipp et al., 2016).
110 Inseridos nesse cinturão granítico são encontrados fragmentos e xenólitos de crosta
111 (oceânica e continental) pretérita, como o ofiolito de Arroio Grande (Ramos et al 2014) e,
112 como os gnaisses Piratini (magmatismo 784 Ma e metamorfismo 664Ma U-Pb; Tambara,
113 2015) e Chácara das Pedras (magmatismo 777 Ma e metamorfismo 660 Ma U-Pb; Koester
114 et al., 2016), os quais representam fragmentos de um antigo arco continental,
115 correlacionado ao embasamento do Terreno Punta del Este no Uruguai (Gnaisses Cerro
116 Bori, Complexo Cerro Olivo; Masquelin et al., 2012; Lenz et al., 2013).

117 Outras unidades ocorrem na região e correspondem a diversas etapas da evolução
118 geológica e geotectônica da porção oriental do CDF, como o granito Três Figueiras (585
119 Ma U-Pb; Klein et al., 2018), o granito Chasqueiro (cristalização em 574 Ma U-Pb em zircão
120 Vieira et al., 2017) e a Suíte Granítica Dom Feliciano que representa unidades tardi-
121 orogênicas (idades de cristalização isocrônicas Rb-Sr de referência, em rocha total, de 544 ± 5 Ma segundo Soliani Jr. (1986) e 550 ± 6 Ma segundo Fragoso-Cesar (1991)).
122 Juntamente a essas unidades ocorrem, na porção sul do Domínio Oriental,
124 metassedimentos de natureza carbonática representados pelos Mármore Matarazzo.
125 Esses ocorrem na região norte do município de Arroio Grande, e possuem idades $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
126 para a deposição entre 900 - 850 Ma (Neis, 2017).



127

128 Figura 1 Mapa geológico simplificado da área de estudo e principais amostras estudadas - (A) Porção sudeste
 129 do Cinturão Dom Feliciano (Brasil e Uruguai) (modificado de Blanco et al. 2011, e Ramos et al 2017); (B)
 130 Terreno Cuchilla Dionísio – Pelotas e Punta del Este próximo a fronteira Brasil/Uruguai (modificado de Ramos
 131 et al., 2018). Setas em branco indicando a localização das amostras analisadas para datação U-Pb em zircão
 132 detrítico.

133 XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE

134 O Complexo Arroio Grande (Ramos, 2013; Ramos & Koester, 2015) foi inicialmente
 135 interpretado como duas porções divididas pela intrusão do Granito Três Figueiras,
 136 peraluminoso, sincinemático à Zona de Cisalhamento Arroio Grande, com idades
 137 magmáticas em torno de 610 - 590 Ma (Klein et al., 2018; Vieira et al., 2019; Cruz, 2019).
 138 A norte deste granito são encontradas unidades do Ofiolito Arroio Grande que compreende
 139 os Mármore e Metamafitos Matarazzo (Neis, 2017; Ramos et al., 2017), além de xenólitos
 140 de metagabros e metadioritos encontrados em granitoides da Suíte Intrusiva Pinheiro
 141 Machado e no Granito Três Figueiras (Ramos et al., 2017). A sul do granito encontram-se
 142 unidades do Ofiolito Arroio Grande (xistos magnesianos cromíferos, serpentinitos,
 143 anfibolitos e metagabros) envelopadas pelas rochas metassiliciclásticas dos Xistos e
 144 Quartzitos Arroio Grande, estudadas no presente trabalho, em contato tectônico (Ramos et
 145 al., 2018). A partir das assinaturas geoquímicas dos metaultramafitos e metamafitos foi
 146 sugerido um ambiente oceânico de retroarco para a geração dos protólitos (Ramos &
 147 Koester, 2015). A deposição dos protólitos dos mármore ocorreu entre 800 - 700 Ma (Neis,

148 2017; Ramos et al., 2018) durante a fase de expansão da bacia de retroarco. A idade
149 mínima para o alojamento do ofiolito na crosta continental é estimada em 640 Ma,
150 relacionada aos estágios iniciais do encerramento da bacia (Ramos et al., 2017). Cruz
151 (2019) descreve o Complexo Arroio Grande como associação de rochas máficas,
152 ultramáficas e sedimentares metamorfizadas, composta por talco-serpentina xistos,
153 tremolititos e clorititos com cromita (termos ultramáficos), epidoto anfibolitos, metadioritos
154 e metagabros (termos máficos), mica xistos, quartzitos, metagrauvacas, granada-biotita
155 xistos e mármore (termos sedimentares). Cruz (2019) ainda cita a ocorrência de
156 muscovita-biotita-xistos intemperizados, intercalados com clorita-xistos, quartzitos e
157 granitoides, todos com foliação milonítica. O autor apresenta uma amostra de estaurolita-
158 limonita-biotita-muscovita-quartzo xisto, na qual é feita análise de proveniência U-Pb em 51
159 zircões detríticos, com resultados mostrando uma maior influência de fontes estaterianas
160 (Paleoproterozoico), Mesoproterozoico e criogenianas (Neoproterozoico), com idade mais
161 jovem de 668 Ma.

162 Os Xistos e Quartzitos Arroio Grande foram interpretados como a unidade
163 metassiliciclástica do Complexo Arroio Grande constituída principalmente por mica xistos e
164 quartzitos, com ocorrências subordinadas de metagrauvacas e xistos granatíferos (Ramos
165 et al 2014). Esses metassedimentos afloram a oeste da cidade de Arroio Grande, no sul do
166 Rio Grande do Sul e os xistos são a litologia predominante, apresentando uma variação de
167 cor entre vermelho e cinza, devido ao intenso grau de intemperismo (Fig. 2A). Ocorrem em
168 grande extensão (cerca de 20 km por 5 km, alongado segundo NE-SW), com foliação bem
169 marcada com mergulho para NW (80° aproximadamente) e ocorrem associados a lentes
170 centimétricas a métricas de quartzito. Os quartzitos, de ocorrência subordinada, intercalam-
171 se com os xistos, e possuem como forma geral lentes de espessuras variáveis entre 0,5 e
172 1 m, e comprimentos de até 5 m. A olho nu é possível identificar apenas quartzo como
173 mineral principal, e muscovita com auxílio de lupa. Essas duas litologias possuem contato
174 tectônico com o Granito Três Figueiras e com as unidades metamáficas e ultramáficas do
175 Ofiolito Arroio Grande (Fig. 2B). Foi denominado para essas unidades metassedimentares
176 de Xistos e Quartzitos Arroio Grande (Beloni et al., 2016). Segundo Ramos et al. (2014), a
177 metagrauvaca é aflorante de forma pontual, com injeções do granito Três Figueiras
178 (injeções descontínuas, centimétricas a métricas, geralmente dobradas, acompanhando a
179 direção preferencial da metagrauvaca), onde é possível observar bandas centimétricas de
180 composição micácea e félsica, e dobras de forma generalizada no afloramento (Fig 2C).



181

182 Figura 2 Fotografias gerais dos afloramentos das unidades estudadas – A) Afloramento a beira de estrada
 183 dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande (em detalhe, lente de quartzito); B) Afloramento em beira de riacho,
 184 mostrando o contato dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande (a direita) com o Granito Três Figueiras e
 185 metaultramáfica (a esquerda); C) Plano horizontal da metagrauvaca

186

ESTUDO DE PROVENIÊNCIA

187 Para estudo de proveniência em rochas metassedimentares é utilizado o método U-Pb em
 188 zircão detrítico, pois é uma ferramenta eficaz para obter dados geocronológicos. O método
 189 U-Pb em zircão detrítico para unidades metassedimentares fornece idades comparáveis a
 190 possíveis áreas-fonte dos sedimentos, assim como a idade máxima de deposição para a
 191 bacia, de acordo com a idade mais jovem obtida em uma população de zircões (Gehrels,

192 2014).

193 Para se obter um resultado mais acurado, a análise qualitativa dos grãos, como descrito
194 por Fedo et al. (2003), é a mais indicada. Essa análise considera a utilização da maior
195 quantidade de zircões possíveis na amostra, de forma randômica e imparcial (método de
196 despejo) para a datação, pois assim é obtém-se idades que representam de forma mais
197 precisa as possíveis áreas-fonte dos sedimentos (Gehrels, 2014).

198 A forma mais adequada para disponibilizar os resultados de idade detrítica é na forma de
199 um histogramas de idade, onde populações mais numerosas de zircões refletem áreas-
200 fonte mais significativas para o aporte da bacia (Fedo et al., 2003). O valor de idade mais
201 jovem encontrado representa a idade de quando a sedimentação cessou, ou quando a
202 bacia sedimentar fechou.

203 Outros métodos são utilizados em estudos de proveniência para obter resultados que
204 auxiliem nas discussões sobre áreas-fonte e ambientes tectônicos na formação de
205 unidades metassedimentares. Entre esses métodos, destacam-se o método Sm/Nd em
206 rocha total, para obter parâmetros de ϵ_{Nd} e T_{DM} comparáveis com possíveis áreas-fontes
207 (Arndt & Goldstein, 1987), e a utilização de assinaturas geoquímicas em diagramas de
208 padrões de ambientes tectônicos (Bhatia, 1983).

209 MATERIAIS E MÉTODOS

210 Para o desenvolvimento deste projeto, foi visitado e descrito 11 afloramentos e coletadas
211 amostras dos xistos e quartzitos para os estudos de petrografia (3 amostras), geoquímica
212 (10 amostras), geoquímica isotópica Sm/Nd em rocha-total (8 amostras) e datação U-Pb
213 em zircão detrítico (3 amostras). Foram escolhidas amostras representativas dos litotipos
214 reconhecidos em campo e menos alteradas. As análises geoquímicas em rocha total foram
215 obtidas através de espectrometria por fluorescência de Raios - X (FRX), utilizando um
216 espectrômetro Rigaku® RIX2000 do CPGq - IGEO - UFRGS. Nestas, determinou-se a
217 concentração de elementos maiores e elementos-traço.

218 As análises isotópicas foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica-
219 CPGq/UFRGS (LGI) onde foi adicionado aproximadamente 100 μ L de traçador (spike) de
220 Sm-Nd para cerca de 100 μ g de amostra para análise por diluição isotópica de Sm/Nd e de
221 Sr natural. As amostras com traçador foram solubilizadas com ácidos e passadas em
222 colunas cromatográficas para a concentração de Sr, Sm, Nd. Os dados isotópicos desses
223 elementos foram obtidos com ICP - MS Thermo Fisher® Neptune e com TIMS VG-Sector
224 do LGI. Os resultados brutos obtidos foram reduzidos com uma planilha *in-house*

225 laboratório, na qual a idade modelo é calculada de acordo com DePaolo (1981).
226 As amostras foram preparadas a partir da metodologia do Laboratório de Preparação de
227 Amostras da UFRGS com a finalidade de obter o máximo possível da fração de zircão
228 presente nas rochas, utilizando desagregadores mecânicos, separadores físicos (bateia) e
229 magnéticos (Frantz). Os zircões separados foram fixados em resina Buehler epoxy para a
230 confecção de mounts, nos quais utilizou-se o método de despejo, visando obter a maior
231 quantidade de grãos de zircão, sem seleção ou escolha, mesmo que involuntária, dos grãos
232 a serem analisados (Fedo et al., 2003; Gehrels, 2014). Os zircões detríticos nos mounts,
233 foram imageados por catodoluminescência (CL) em Microscópio Eletrônico de Varredura
234 (MEV). O MEV utilizado foi o modelo JEOL® 6610 - LV com equipamento ChromaCLII Gatan
235 acoplado do LGI (Fig. 3). As imagens de MEV - CL foram utilizadas durante a análise de
236 LA – ICP - MS para selecionar áreas dos grãos livres de inclusões, fraturas ou feições
237 metamíticas.



238

239 Figura 3 Imagem do MEV modelo JEOL® 6610-LV, utilizado para obter imagens de BSE e CL. Possui também
240 EDS acoplada, para a obtenção de análises composicionais.

241 As análises das razões U-Pb dos zircões foram obtidas utilizando-se Espectrômetro de
242 Massa com Nebulização a Laser por Plasma Individualmente Acoplado (Laser Ablation
243 Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer, ou LA-ICP-MS), modelo Thermo
244 Scientific® ELEMENT 2®, do laboratório de pesquisas isotópicas A.I.R (Applied Isotope
245 Research Group) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). A metodologia utilizada
246 nas análises está descrita em Farina et al. (2015). Os dados brutos foram reduzidos usando

247 o programa Glitter (Van Achterbergh et al., 2001) e as idades calculadas e dispostas em
248 diagramas de frequência, utilizando-se o programa IsoplotEX 4 (Ludwig, 2003). As
249 incertezas para cada análise são de 1σ .

250 RESULTADOS

251 GEOLOGIA E PETROGRAFIA DOS XISTOS E QUARTZITOS ARROIO 252 GRANDE

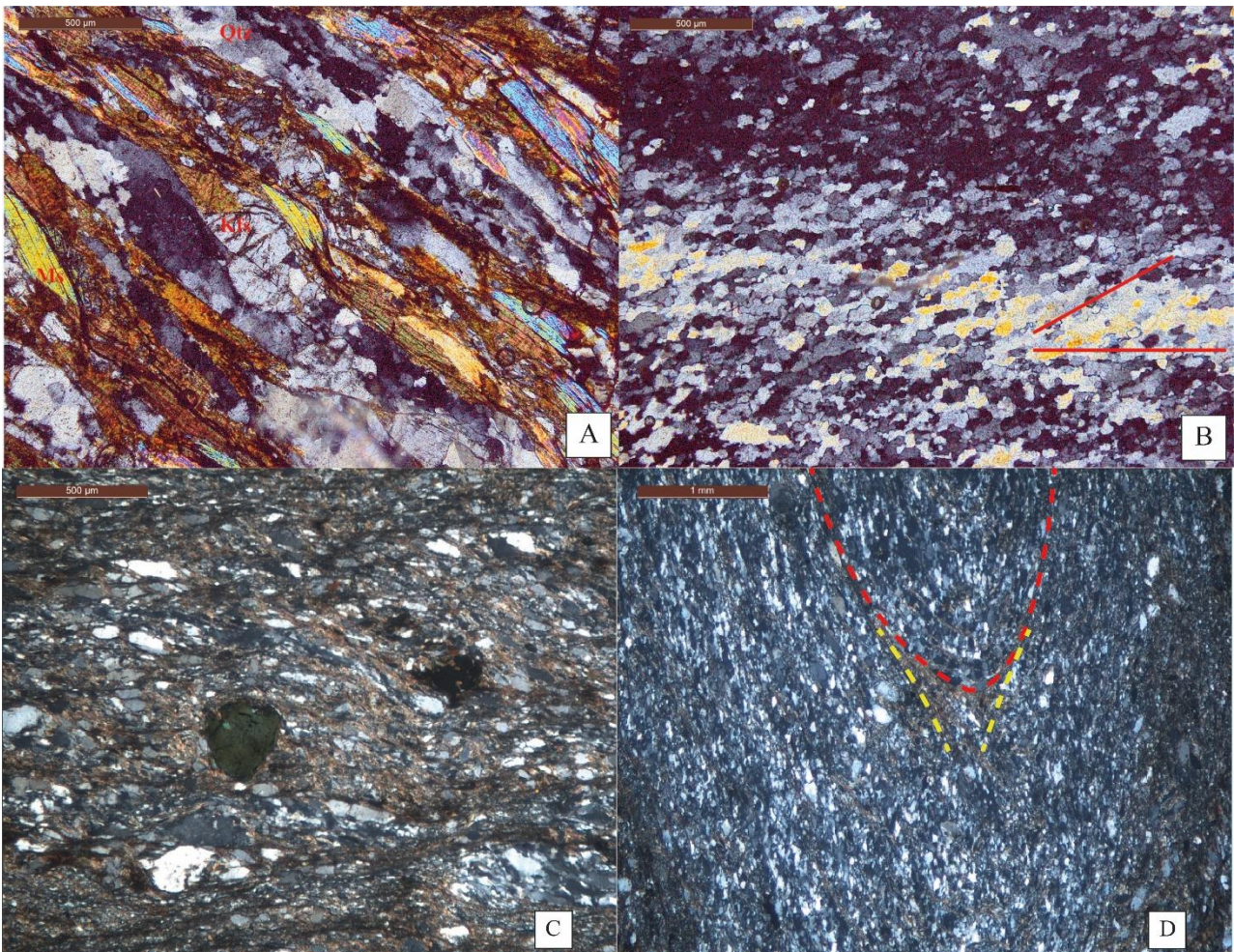
253 Os mica xistos são a litologia predominante no Complexo Arroio Grande e apresentam
254 lentes de quartzito intercaladas. Os afloramentos ocorrem em grandes extensões (dezenas
255 de metros) e possuem composição bastante homogênea. De modo geral estão com intenso
256 intemperismo apresentando coloração variando de avermelhado para acinzentado em
257 algumas áreas (variação essa devido ao tipo e intensidade de intemperismo). Os xistos
258 possuem foliação milonítica bem marcada pela alongação dos grãos de quartzo e
259 muscovita visível a olho nu, e nos quartzitos verifica-se lineação de estiramento dos grãos
260 de quartzo com orientação (15;056).

261 Ao microscópio observa-se que a mineralogia principal dos xistos é composta de muscovita
262 (55%), quartzo (30%) e K-feldspato (15%). Como minerais acessórios ocorrem zircão e
263 turmalina. A textura milonítica é marcada pela alternância de fitas de quartzo, com feições
264 de bulging entre os grãos de quartzo, e lentes ricas em muscovita (Fig. 4A). O K-feldspato
265 ocorre como porfiroclastos fraturados e levemente rotacionados, com pequenas caudas de
266 quartzo com feições de recristalização dinâmica. Algumas amostras apresentam estrutura
267 do tipo S-C, com o plano C marcado por fitas de quartzo e muscovita oblíquo ao plano de
268 xistosidade (S). A turmalina ocorre como porfiroclastos prismáticos, com tamanhos de no
269 máximo 1 mm, orientados segundo a foliação (pré-cinemático). Apresentam sombras de
270 pressão não preenchidas e fraturas perpendiculares ao eixo C, onde ocorre intensa
271 argilização. Os zircões apresentam-se como inclusões no quartzo e entre as lamelas da
272 muscovita. Possuem dimensões de até 0,1 mm, com formas arredondadas e alongadas
273 (remetendo a um hábito prismático). A paragênese muscovita + quartzo + K-feldspato bem
274 como as microestruturas deformacionais são compatíveis com o evento de milonitização
275 em condições de fácies xisto verde médio/inferior para essa unidade.

276 O quartzito possui como mineralogia principal quartzo (90%) e muscovita (10%) e como
277 mineralogia acessória zircão. Os grãos de quartzo apresentam formas estiradas, com
278 extinção ondulante e dimensões entre 10 μm e 100 μm . Os contatos entre os grãos são
279 irregulares e lobados (*bulge*) e em alguns casos quase separando o grão recristalizado,

280 evidenciando recristalização dinâmica por *bulging* (Passchier et al., 2005). Lamelas de
281 muscovita ocorrem entre os grãos de quartzo. As lamelas de muscovita são
282 monocristalinas, com mais de 500 µm de alongação, mas são muito finas e marcam a
283 direção da foliação. Estrutura do tipo S-C, visível através da mudança de orientação do
284 quartzo e muscovita (Fig. 4B). Do mesmo modo que nos xistos, os zircões nos quartzitos
285 apresentam-se como inclusões no quartzo e entre a finas lamelas de muscovita presentes.
286 Possuem dimensões de até 0,1 mm, com formas arredondadas e alongadas (remetendo a
287 um hábito prismático). A microestrutura indicativa de recristalização do quartzo por bulging
288 dessa unidade condiz com milonitização em condições de fácies xisto-verde, em 300 a 400
289 °C (Stipp et al. 2002).

290 A metagrauvaca, possui coloração cinza escura a preta, textura equigranular e bandas
291 milimétricas a centimétricas de cor branca (de composição félsicas) em partes do
292 afloramento. Em microscópio petrográfico, observa-se uma composição geral de quartzo,
293 feldspato (K-feldspato e plagioclásio) e biotita, com turmalina, zircão, apatita, e opacos de
294 forma disseminada (Fig. 4C). Apresenta duas foliações de natureza milonítica. A primeira
295 marcada principalmente por fitas alongadas de quartzo. A segunda transpõe a primeira
296 produzindo dobras e recristalização de grãos. O quartzo, em maior quantidade (45%),
297 ocorre de duas formas, como fitas (*ribbons*) extremamente alongadas com regime
298 deformacional *grain boundary migration* (associadas a primeira foliação) e como pequenos
299 grãos (associados a segunda foliação) em regime deformacional de rotação de subgrão
300 (Fig. 4D). A biotita (35%) ocorre em toda a lâmina, em faixas concentradas entre os
301 pequenos grãos de quartzo e feldspato, ou esparsas entre fitas de quartzo, normalmente
302 destacando a segunda foliação. O feldspato (20%) ocorre como grãos isolados, subédricos
303 a anédricos, de tamanho entre 0,1 mm a 0,4 mm e apresentam formas alongadas e bordas
304 difusas (irregulares), por vezes levemente rotacionados. A turmalina ocorre de maneira
305 esparsa, de coloração verde/verde-claro, forma subédrica a anédrica, tamanho entre 0,3 a
306 0,5 mm e com características pré a sin cinemáticas em relação a segunda foliação. Os
307 zircões presentes encontram-se entre lamelas de biotita e inclusos em grãos de quartzo.
308 Possuem dimensões pequenas (menores que 0,1 mm), e formas anédricas a subédricas.
309 A partir da paragênese quartzo + biotita + feldspato com turmalina, zircão, apatita e opacos
310 é possível definir um metamorfismo de fácies xisto verde. As microestruturas de
311 recristalização do quartzo por migração de limite de grão (*grain boundary migration*) e por
312 rotação de subgrão condizem com milonitização em condições de temperatura entre 500 a
313 700 °C e 400 a 500 °C, respectivamente (Stipp et al. 2002), assim é possível inferir
314 desenvolvimento das tramas da metagrauvaca em condições retrogradadas.



315

316 Figura 4. Fotomicrografias dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande e metagrauvaca A) Detalhe da textura
 317 milonítica dos Muscovita Quartzito Xisto com as fitas de quartzo (*ribbon*), muscovitas alongadas e porfiroclastos
 318 de K-feldspato, intensamente fraturados e com pequena cauda de recristalização (Escala = 500 μ m); B)
 319 Imagem geral do quartzito mostra a textura do quartzo (*bulging*) e a estrutura S-C (diferença de orientação do
 320 mineral quartzo em relação a foliação da rocha) (Escala = 500 μ m); C) Imagem geral da lâmina da
 321 metagrauvaca, ressaltando as feições de quartzo em fita (*ribbons*) e em subgrão, feldspatos e biotitas e ao
 322 centro em verde-escuro, turmalina; (Escala = 500 μ m); D) Na metagrauvaca, evidência de duas foliações
 323 marcadas em tracejado, em vermelho uma primeira foliação de mais alta temperatura e textura *grain boundary*
 324 *migration*, e em amarelo uma segunda foliação de média temperatura e textura *subgrain rotation* (Escala =
 325 1mm).

326

GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS

327

328

329

330

331

332

333

334

335

Os resultados das análises geoquímicas de elementos maiores dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande, mostram que os xistos apresentam variações nos teores de SiO_2 entre 65 % à 75 %, dentre os quais, aqueles empobrecidos em SiO_2 , apresentam maiores teores de Al_2O_3 (15 % - 16 %), e os teores de SiO_2 mais altos apresentando um teor de Al_2O_3 mais baixo (entre 11 % - 14 %). A mesma relação ocorre entre as porcentagens em peso de óxidos de Fe_2O_3 (total) e voláteis, em que as porcentagens de maior concentração, entre 7 % - 8 % de Fe_2O_3 e entre 4 % - 5 % de voláteis, acompanham as amostras com porcentagem de menor concentração de óxido de silício (65 % - 67%).

Nos quartzitos, as amostras possuem valores de SiO_2 entre 96% - 98%, e baixas

336 concentrações de Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, K₂O e voláteis. Em relação aos elementos traços, os
337 xistos apresentam maiores concentrações (em ppm) dos elementos Zr (178 – 203), Rb (206
338 – 428) e Ba (512 – 564), assim como Cr (95 – 292) e Y (54 – 90). Nos quartzitos, os
339 elementos com maiores concentrações são Zn (10 – 73), Zr (3 – 192) e Pb (0,1 – 51). A
340 metagrauvaca apresenta valor acima de 70% para SiO₂ e 12% para Al₂O₃, em torno de 5%
341 para Fe₂O₃ e menor que 5% para TiO, MnO, MgO, CaO, Na₂O e K₂O e valores acima de
342 100 ppm para Ba, Cr, Sr e Zr. A tabela com os referidos valores encontra-se como leitura
343 complementar A.

344 GEOQUÍMICA ISOTÓPICA EM ROCHA-TOTAL DE Sm/Nd

345 Dados de ϵ_{Nd} e T_{DM} foram obtidos para 8 amostras das unidades estudadas, sendo 5
346 amostras de xisto, 2 de quartzito e uma de metagrauvaca. Os valores de $\epsilon_{Nd}(0)$ das
347 amostras de xisto variam entre -11,69 e -13,95 e T_{DM} 1.355,7 e 1.586,8. Para as duas
348 análises de quartzito, os valores de $\epsilon_{Nd}(0)$ obtidas foram -6,2 e -14,88 e T_{DM} 1.090,5 e
349 1.696,3. A metagrauvaca apresentou valor de -5,05 para $\epsilon_{Nd}(0)$ e 1.074,1 para T_{DM} . A tabela
350 com os referidos valores encontra-se como leitura complementar B.

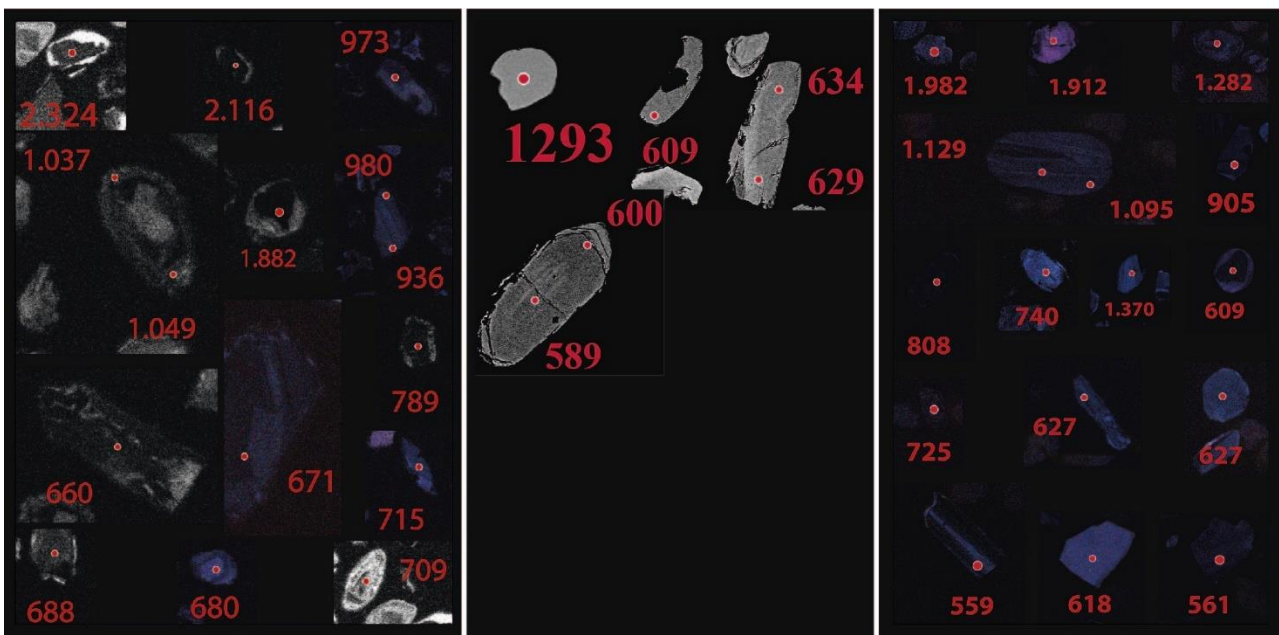
351 IDADE U-Pb EM ZIRCÃO DETRÍTICO

352 Na amostra PF-24 (metagrauvaca), há zircões detríticos paleoproterozoicos de idades entre
353 o Sideriano (2.324 Ma) e o Orosiriano (1.882 Ma). Apresentam texturas internas variadas,
354 sendo difícil determinar um grupo específico (setoriais, concêntricas, mistas ou convolutas),
355 mas com morfologia arredondada e esférica como característica principal. Zircões
356 mesoproterozoicos, do intervalo do Steniano (1.147 Ma – 1.037 Ma), apresentam textura
357 interna concêntrica e setoriais principalmente. As formas são esféricas e o arredondamento
358 é intenso. Já os zircões de idade neoproterozoica Toniana (981 Ma) são representados por
359 zircões de texturas concêntricas, de baixa esfericidade, arredondamento intenso, e com
360 borda de recristalização. Os zircões criogenianos (660 Ma), também de padrões
361 concêntricos, mas alguns com padrões setoriais com um arredondamento intenso, alguns
362 grãos com arestas angulosas devido a faturamento (que não é observado nos zircões de
363 idades anteriores), e esfericidade pouco intensa (Fig. 5).

364 Em relação aos zircões da amostra PF-29 (quartzito), o grupo detrítico paleoproterozoico,
365 entre o Riáciano (2.111 Ma) e o Estateriano (1.621 Ma), possui formas arredondadas e
366 esféricas bem acentuadas, e seus padrões texturais internos são aleatórios (setoriais,
367 concêntricos). Os zircões mesoproterozoicos, do intervalo Calimiano (1.403 Ma) ao
368 Ectasiano (1.293 Ma), apresentam formas também esféricas e arredondadas, de tamanho

369 relativamente menor. Os zircões detríticos neoproterozoicos (960 Ma – 579 Ma) possuem
 370 formas prismáticas, com indicativos de fraturamento e zircões levemente esféricos, mas
 371 todos com poucas características de arredondamento, mostrando angulação entre as
 372 arestas dos grãos detríticos (Fig.5).

373 A amostra PF-56 (xisto) apresenta zircões detríticos de idade paleoproterozoica Orosiriana
 374 (1.982 Ma), com alto grau de arredondamento e esfericidade, e texturas internas variáveis
 375 (ígneas e metamórficas). Os zircões detríticos mesoproterozoicos, desde o Calimiano
 376 (1.474 Ma), Ectasiano (1.370 Ma – 1.253 Ma) e Esteniano (1.148 Ma – 1.058 Ma), possuem
 377 alto grau de arredondamento de suas arestas, mas apresentam baixa esfericidade, com o
 378 predomínio do padrão textural oscilatório. A população de zircões detríticos
 379 neoproterozoicos (995 Ma – 548 Ma) possuem morfologias levemente arredondadas e com
 380 esfericidade pouco relevante, com características texturais oscilatórias e/ou setoriais,
 381 alguns menos esféricos com sinais de fraturas visíveis onde os padrões texturais são
 382 abruptamente interrompidos (Fig.5). A tabela com os referidos valores encontra-se como
 383 leitura complementar C.



384

385 Figura 5. Imagem em detalhe dos zircões detríticos obtidos em MEV e idades U-Pb das unidades estudadas.
 386 Da esquerda para a direita: PF-24 (metagrauvaca), PF-29 (quartzito) e PF-56 (xisto).

387 DISCUSSÃO

388 Neste trabalho, dados petrográficos caracterizaram os Xistos e Quartzitos Arroio Grande
 389 como uma unidade sedimentar metamorfizada, relacionada a um metamorfismo de fácies
 390 xisto-verde, onde possui uma foliação referente a uma milonitização de baixa temperatura.
 391 Dados geocronológicos de U-Pb em zircão detrítico apresentam uma contribuição

392 expressiva de áreas-fontes ediacaranas para a sedimentação e consequente formação dos
393 protólitos dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande. A unidade metagrauvaca descrita, por
394 outro lado, apresenta características metamórficas mais complexas, com uma trama
395 milonítica em duas etapas, evidenciando uma milonitização de alta temperatura e
396 posteriormente uma milonitização em baixa temperatura, que transpõe a primeira e
397 fornecimento de sedimentação principalmente de unidades criogenianas, sem a presença
398 de zircões detríticos ediacaranos, atestado pelas análises de U-Pb.

399 Ramos et al. (2019) discute, a partir de petrografia ótica, microscopia eletrônica e química
400 mineral nas unidades metamáficas-ultramáficas do Complexo Arroio Grande, que existiram
401 dois eventos metamórficos na região, M1 de idade mínima de 640 Ma e M2 de idade entre
402 610 - 585 Ma. Quando se observa os histogramas de idade U-Pb dos zircões das unidades
403 metassedimentares de Arroio Grande e compara com as características metamórficas
404 descritas, por ser mais antiga, a unidade metagrauvaca registra os dois eventos
405 metamórficos, ao passo que os Xistos e Quartzitos Arroio Grande de idade mais jovem,
406 registra somente um evento. Os dados de razão isotópica Sm/Nd em rocha-total mostram
407 também uma diferença entre os xistos e a metagrauvaca principalmente, no valor de ϵ_{Nd}
408 que está entre -11 e -13 para os xistos e -5 para a grauvaca, indicando que houve influência
409 de área-fonte diferente para a unidade metagrauvaca e os xistos. Todas essas informações
410 levam a uma interpretação de que a unidade metagrauvaca e os Xistos e Quartzitos Arroio
411 Grande sejam distintos tendo em vista o componente sedimentar como a diferença de idade
412 mínima e dos picos de frequência de idade dos zircões e a comparação de epsilon Nd e
413 T_{DM} . Essa interpretação se reforça observando a história pós-sedimentar na relação
414 metamorfismo/deformação em que as unidades se envolveram.

415 Os resultados de U-Pb dos zircões detríticos das unidades estudadas neste trabalho
416 indicam que os picos de frequência nos histogramas que refletem a carga sedimentar mais
417 expressiva para cada unidade são, 670 - 660 Ma para metagrauvaca, 640 - 610 Ma para o
418 quartzito e 620 - 615 Ma para o xisto. A partir destas informações é possível inferir prováveis
419 áreas-fonte para essas unidades, tendo em vista os fatores topográficos necessários para
420 que ocorra erosão e deposição dos sedimentos. Para a unidade metagrauvaca, as áreas-
421 fonte principais seriam relacionáveis com unidades do evento orogênico de formação do
422 Arco Piratini (Vieira *et al.*, 2019), a partir de um alto topográfico existente durante este
423 período. Os Gnaisses Piratini possuem idades de cristalização por cerca de 780 Ma e
424 metamorfismo por cerca de 660 Ma (Silva et al., 1999; Tambara, 2015), os Gnaisses Arroio
425 Pedrado de idade 680 Ma de cristalização e 660 Ma para o metamorfismo (Vieira et al.,

426 2019) podem ser considerados como possíveis fontes para a sedimentação da
427 metagrauvaca. Para os Xistos e Quartzitos Arroio Grande, as áreas-fonte principais são
428 relacionadas ao evento orogênico Dom Feliciano, como as unidades do Complexo Pinheiro
429 Machado (618 Ma U-Pb; Loureiro, 2015) como aporte principal de sedimentos para esta
430 bacia. As idades mais jovens de zircão detrítico representariam sedimentos das unidades
431 Granito Três Figueiras (585 Ma U-Pb; Klein et al., 2018), Granito Chasqueiro (cristalização
432 em 574 Ma U-Pb; Vieira et al., 2017), por exemplo. Sobre os valores obtidos a partir das
433 razões Sm/Nd para ϵ_{Nd} e T_{DM} demonstram que os sedimentos que compõem as rochas
434 estudadas provém de uma fonte crustal com $\epsilon_{Nd(0)}$ entre -11 a - 14, e assinaturas T_{DM} entre
435 1,0 Ga a 1,6 Ga. A partir de comparações desses parâmetros com algumas unidades que
436 possivelmente sejam fornecedoras dos sedimentos, foi confeccionado o gráfico de ϵ_{Nd}
437 versus T_{DM} , onde os valores dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande assemelham-se com o
438 Complexo Pinheiro Machado de $\epsilon_{Nd(0)}$ entre -11 e - 14 e T_{DM} entre 1,3 a 1,7 Ga (Loureiro
439 et al, 2015) na parte leste do CDF, assim como os valores do Gnaiss Arroio Pedrado de
440 $\epsilon_{Nd(0)}$ entre -10 e -13 e T_{DM} 1,4 e 1,6 Ga (Vieira et al., 2019) e Gnaiss Chácara das Pedras
441 de $\epsilon_{Nd(0)}$ entre -13 e - 15 e T_{DM} entre 1,7 a 1,9 Ga (Koester et al 2016).

442 Observando os dados de idade U-Pb em zircão detrítico das unidades metassedimentares
443 da porção oriental do Cinturão Dom Feliciano, consegue-se distinguir as unidades de
444 acordo com a idade mais jovem encontrada para cada unidade e relacionar com os grandes
445 eventos ocorridos no mesmo período para a região em questão. A unidade metagrauvaca
446 possui a idade mínima de deposição mais antiga (660 Ma do zircão mais jovem). Cruz
447 (2019) apresenta idade mínima de proveniência para o Complexo Arroio Telho de 636 Ma,
448 o Complexo Guarda Nova com idade de 613 Ma para o zircão mais jovem e para a unidade
449 metassedimentar de Arroio Grande, a partir de U-Pb em zircão detrítico, idade mais jovem
450 de 668 Ma. Neste trabalho, foi obtida a idade de 548 Ma para os Xistos e Quartzitos Arroio
451 Grande. Com isso, seria possível distinguir em dois grupos de bacias neoproterozoicas, o
452 primeiro grupo de idade criogeniana (compondo a unidade metagrauvaca e o Complexo
453 Arroio Telho) e o segundo grupo de idade ediacarana (com o Complexo Guarda Nova e
454 Xistos e Quartzitos Arroio Grande).

455 A partir do modelo proposto por Ramos et al., (2017) para a evolução geotectônica do
456 Domínio Oriental do Cinturão Dom Feliciano, pode-se sugerir que as unidades
457 metassedimentares se formaram em diferentes estágios. A unidade metagrauvaca e as
458 unidades metassedimentares do Complexo Arroio Telho relacionam-se ao estágio de
459 fechamento da Bacia Marmora (entre 700 - 600 Ma) com deposição de sedimentos que

460 compunham o Arco Piratini (Vieira et al., 2019). Os Xistos e Quartzitos Arroio Grande e o
461 Complexo Guarda Nova estariam relacionados aos estágios finais/pós fechamento
462 (amalgamação) entre o Terreno Cuchilla Dionisio – Pelotas e o Cinturão Namaqua (entre
463 600 - 500 Ma). É discutível a possibilidade ainda de que as unidades metassedimentares
464 siliciclásticas apresentadas neste trabalho representem uma única bacia iniciada em 660
465 Ma e fechada em 548 Ma, ou que os dois grupos (sedimentação criogeniana e ediacarana)
466 representem uma única bacia criogeniana e uma única ediacarana, todavia, não foi obtido
467 nenhum dado que possa auxiliar nessa discussão. À primeira vista tentou-se obter a maior
468 e melhor quantidade de informações de campo e descrição de lâmina e dados geoquímicos
469 (elementos maiores e traço, Sm/Nd em rocha total e U-Pb em zircão detrítico), para que
470 possam também auxiliar nas futuras discussões geotectônicas da região.

471 CONCLUSÃO

472 A partir de todas as respostas obtidas durante este trabalho e as presentes discussões e
473 interpretações destes resultados, podemos concluir que as rochas metassedimentares
474 que ocorrem na região de Arroio Grande (RS) podem ser divididos em duas unidades com
475 características composicionais, metamórficas isotópicas e de idades de zircão detríticas
476 distintas. Os dados obtidos para a metagrauvaca indicam tratar-se de uma unidade
477 metassedimentar de metamorfismo de fácies xisto verde, com registro de milonitização em
478 duas etapas, a primeira em alta temperatura (500 – 700 °C) e a segunda em média
479 temperatura (400 – 500 °C), com idade de deposição predominantemente criogeniana, com
480 idade máxima de 660 Ma (zircão mais jovem encontrado). A unidade metagrauvaca é a
481 unidade metassedimentar siliciclástica mais antiga encontrada à leste do Cinturão Dom
482 Feliciano, até o presente momento. Os Xistos e Quartzitos Arroio Grande podem ser
483 definidos como uma unidade metassedimentar de metamorfismo de fácies xisto verde, com
484 milonitização de média/baixa temperatura (300 – 400 °C), com idade de deposição
485 predominantemente ediacarana, com idade máxima de 548 Ma (zircão mais jovem
486 encontrado) e que os Xistos e Quartzitos Arroio Grande são as unidades
487 metassedimentares mais jovens encontradas à leste do Cinturão Dom Feliciano, até o
488 presente momento.

489

490 REFERÊNCIAS

491 Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito-Neves, B.B. & Fuck, R.A. 1981. Brazilian structural
492 provinces: an introduction. *Earth Science Review*, 17: 1-29.

- 493 Arndt, N. T. and Goldstein, S. L., 1987. Use and abuse of crust-formation ages. *Geology*,
494 15, 893-895.
- 495 Babinski, M., Chemale Jr., F., Van Schmus, W.R., Hartmann, L.A. & Silva, L.C. 1997. U-Pb
496 and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic Granitic-Gneissic Dom Feliciano Belt,
497 Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 10(3/4): 263-274.
- 498 Basei, M.A.S., Siga Jr. O., Masquelin, H., Harara, O. M., Reis Neta, J.M. & Preciozzi, F.
499 2000. The Dom Feliciano Belt of Brazil and Uruguay and its Foreland Domain, the Rio de la
500 Plata Craton, framework, tectonic evolution and correlation with similar provinces of
501 Southwestern Africa. *In: Cordani, U., Milani, E.J. & Campos, D.A. (Org.). Tectonic Evolution*
502 *of South American Platform*. Rio de Janeiro, SBG, v. 1, p. 311-334.
- 503 Basei, M.A.S., Peel, E., Sánchez-Betucci, L., Preciozzi, F. & Nutman, A. 2011. The
504 basement of the Punta del Este Terrane (Uruguay): an African Mesoproterozoic fragment at
505 the eastern border of the South American Río de La Plata craton. *International Journal of*
506 *Earth Sciences*, 100: 289-304.
- 507 Bhatia, M. R. 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstone. *The Journal*
508 *of Geology*, 91, No. 6, pp. 611-627.
- 509 Beloni, M.S., Porcher, C.C., Koester, E., Ramos, R.C., Lana, C., Wegner, A.C. 2016.
510 Caracterização U/Pb de zircão detrítico e geoquímica isotópica (Sm/Nd) em rocha-total dos
511 xistos e quartzitos de Arroio Grande – RS. *In: XLVIII Congresso Brasileiro de Geologia*,
512 *Porto Alegre, Anais*.
- 513 Bitencourt, M.F. 1983. Metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS - Geologia e
514 relações com o corpo granítico. *In: I Simpósio Sul-brasileiro de Geologia, 1983, Porto*
515 *Alegre. Atas do I Simpósio Sul-brasileiro de Geologia*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira
516 *de Geologia, 1983. v. 1. p. 34-38*.
- 517 Blanco, G., Rajesh, H.M., Gaucher, C. & Chemale Jr., F. 2011. Provenance of the Arroyo
518 del Soldado Group (Ediacaran to Cambrian, Uruguay): implications for the paleogeographic
519 evolution of southwestern Gondwana. *Precambrian Research*, 171(1/4): 57-73.
- 520 Bossi, J. & Gaucher, C. 2004. The Cuchilla Dionisio Terrane, Uruguay: An allochthonous
521 block accreted in the Cambrian to SW-Gondwana. *Gondwana Research*, 7(3): 661-674.
- 522 Brito-Neves, B.B., Fuck, R.A. & Pimentel, M.M. 2014. The Brasiliano collage in South
523 America: a review. *Brazilian Journal of Geology*, 44(3): 493-518.
- 524 Chemale Jr., F. 2000. Evolução geológica do Escudo Sul-Rio-Grandense. *In: Holz, M. & De*

- 525 Ros, L.F. (Eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, edição CIGO/UFRGS, p.
526 13-52.
- 527 Cruz, R.F., Iglesias, C.M.F., Camozzato, E. 2016. Mapeamento geológico do sudeste do
528 Rio Grande do Sul, descrição de novas unidades geológicas em novo domínio geotectônico
529 no extremo sul do estado. In: XLVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre,
530 Resumos.
- 531 Cruz, R.F. 2019. Projeto Sudeste do Rio Grande do sul: escalas 1:250.000 e 1:100.000;
532 estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2019. 173 p.: il. color.
- 533 DePaolo, D.J. 1981. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-
534 alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, California, J.
535 *Geophys. Res.*, 86(B11), 10470–10488
- 536 Farina, F., Albert, C., Lana, C., 2015. The Neoproterozoic transition between medium- and high-K
537 granitoids: Clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). *Precambrian Research*, v.
538 266, p. 375-394, 2015
- 539 Fedo, C. M., Sircombe, K., Rainbird, R., 2003. Detrital zircon analysis of the sedimentary record.
540 In: Hanchar, Jonh M. & Hoskin, Paul W. O.; *Zircon: Reviews in mineralogy & geochemistry*. V.
541 53; cap 10.
- 542 Fernandes, L.A.D., Menegat, R., Costa, A.F.U., Koester, E., Porcher, C.C., Tommasi, A.,
543 Kraemer, G., Ramgrab, G.R. & Camozzato, E. 1995a. Evolução tectônica do Cinturão Dom
544 Feliciano no Escudo Sulriograndense: Parte II – Uma contribuição a partir das assinaturas
545 geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 351-374.
- 546 Fernandes, L.A.D., Menegat, R., Costa, A.F.U., Koester, E., Porcher, C.C., Tommasi, A.,
547 Kraemer, G., Ramgrab, G.R. & Camozzato, E. 1995b. Evolução tectônica do Cinturão Dom
548 Feliciano no Escudo Sulriograndense: Parte II – Uma contribuição a partir das assinaturas
549 geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 375-384.
- 550 Fragoso-César, A.R.S. Tectônica de placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias dos cinturões
551 Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul. 1991. 362 f. Tese (Doutorado) - Instituto de
552 Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- 553 Frimmel, H.E., Basei, M.A.S. & Gaucher, C. 2011. Neoproterozoic geodynamic evolution of
554 SW Gondwana: a southern African perspective. *International Journal of Earth Sciences*,
555 100: 323-354.
- 556 Gaucher, C., Frimmel, H.E. & Germs, G.J.B. 2009. Tectonic events and palaeogeographic

- 557 evolution of Southern Gondwana in the Neoproterozoic and Cambrian. *In*: Gaucher, C., Sial,
558 A.N., Halverson, G.P. & Frimmel, H.E. (Eds.). Neoproterozoic-Cambrian tectonics, global
559 change and evolution: a focus on southwestern Gondwana. Elsevier, *Developments in*
560 *Precambrian Geology*, 16: 295-316.
- 561 Gehrels, G., 2014, Detrital Zircon U-Pb Geochronology Applied to Tectonics. The Annual
562 Review of Earth and Planetary Sciences, 2014. 42: p 127-149.
- 563 Gerhard, N.P. 2015. Aspectos de campo e petrográficos das intrusões máficas e félsicas
564 nos Mármore Matarazzo, sudeste do Cinturão Dom Feliciano, RS. Monografia de
565 Graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 63p.
- 566 Gray, D.R., Foster, D.A., Meert, J.G., Goescombe, B.D., Armstrong, R., Trouw, R.A.J. &
567 Passchier, C.W. 2008. A Damara orogen perspective on the assembly of southwestern
568 Gondwana. *In*: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito-Neves, B.B. & De Wit, M.J. (Eds.). West
569 Gondwana: Pre-Cenozoic correlations across the South Atlantic Region. *Geological Society*
570 *of London, Special Publication*, 294: 257-278.
- 571 Gruber, L., Porcher, C.C., Koester, E., Bertotti, A.L., Lenz, C., Fernandes, L.A.D. & Remus,
572 M.V.D. 2016. Isotope geochemistry and geochronology of syn-depositional volcanism in
573 Porongos Metamorphic Complex, Santana da Boa Vista Antiform, Dom Feliciano Belt,
574 Brazil: onset of an 800 Ma continental arc. *Journal of Sedimentary Environments*, 1(2): 202-
575 221.
- 576 Hartmann, L.A., Chemale Jr., F., Philipp, R.P. 2007. Evolução geotectônica do Rio Grande
577 do Sul no Pré-Cambriano. *In*: Ianuzzi, R.; Frantz, J.C. (Eds.). 50 Anos de Geologia: Instituto
578 de Geociências. Contribuições. Porto Alegre, Comunicação e Identidade, p. 97-123.
- 579 Hartmann, L.A., Lopes, W.R., Savian, J.F. 2016. Integrated evaluation of the geology,
580 aerogammaspectrometry and aeromagnetometry of the Sul-Riograndense Shield,
581 southernmost Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 88(1): 75-92.
- 582 Höfig, D.F., Marques, J.C., Basei, M.A.S., Giusti, R.O., Kohlrausch, C., Frantz, J.C., 2018.
583 Detrital zircon geochronology (U-Pb LA-ICP-MS) of syn-orogenic basins in SW Gondwana:
584 new insights into the Cryogenian-Ediacaran of porongos complex, Dom Feliciano belt,
585 southern Brazil. *Precambrian Res.* 306, 189–208.
- 586 Iglesias, C. M. F. Geologia e recursos minerais da Folha Passo São Diogo, SH.22-Y-C-IV:
587 Escala 1:100.000, estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2018.
- 588 Klein, F. G., Koester, E., Vieira, D. T., Porcher, C. C., Ramos, R. C. & Philipp, R. P. Geologia

- 589 do Granito Três Figueiras: magmatismo peraluminoso de 585 Ma no sudeste do Cinturão
590 Dom Feliciano. *Pesquisas em Geociências*, submetido.
- 591 Koester, E., Porcher, C. C., Pimentel, M. M., Fernandes, L. A. D., Vignol-Lelarge, M. L.,
592 Oliveira, L. D., Ramos, R. C. 2016. Further evidence of 777 Ma subduction-related
593 continental arc magmatism in Eastern Dom Feliciano Belt, southern Brazil: The Chácara
594 das Pedras Orthogneiss. *Journal of South American Earth Sciences*, 68: 155-166.
- 595 Lenz, C., Porcher, C. C., Fernandes, L. A. D., Masquelin, H., Koester, E. & Conceição, R.
596 V. 2013. Geochemistry of the Neoproterozoic (800-767 Ma) Cerro Bori orthogneisses, Dom
597 Feliciano Belt in Uruguay: tectonic evolution of an ancient continental arc. *Mineralogy and*
598 *Petrology*, 107(5): 785-806.
- 599 Lopes C. G., Pimentel, M. M. Philipp, R. P., Gruber, L., Armstrong, R., Junges, S. L.,
600 2015 Provenance of the Passo Feio complex, São Gabriel terrane, Dom Feliciano belt,
601 southern Brazil, implications for the tectonic setting of deposition, age of the São Gabriel
602 Arc and origin of Paleoproterozoic detrital zircons (3.3-3.63 Ga). *Journal South America Earth*
603 *Science.*, 58 (2015), pp. 9-17.
- 604 Loureiro, P., Koester, E., Weinberg, R. F., Porcher, C. C., Pimentel, M. M., Knijnik, D.
605 Magmatic Evolution Of Pinheiro Machado Complex In Monte Bonito Region, Southern,
606 Brazil. In: The 8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks, 2015, Florianópolis
607 SC. Books of Abstracts p. 125.
- 608 Ludwig, K. R., 2012. Programa IsoplotEx 4. Berkeley Geochronology Center. Disponível
609 em: http://www.bgc.org/isoplot_etc/isoplot.html. Acesso em novembro de 2015.
- 610 Masquelin, H., Fernandes, L. A. D., Lenz, C., Porcher, C. C. & McNaughton, N. J. 2012. The
611 Cerro Olivo Complex: a pre-collisional Neoproterozoic magmatic arc in Eastern Uruguay.
612 *International Geology Review*, 54: 1161-1183.
- 613 Neis, L. P. 2017. *Aplicação da razão $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ e geoquímica em mármores do Escudo*
614 *Sulriograndense*. Porto Alegre, 80p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação
615 em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 616 Passchier, C. W., Trouw, R. A. J. 2005. *Microtectonics*. 2 ed. Springer, Alemanha.
- 617 Passchier, C., Trouw, R., Schmitt, R.S. 2016. How to make a transverse triple junction -
618 New evidence for the assemblage of Gondwana along the Kaoko-Damara belts, Namibia.
619 *Geology*, October 2016; v. 44; no. 10; p. 843–846
- 620 Philipp, R. P. & Machado, R. 2002. Ocorrência e significado dos septos do embasamento

- 621 encontrados nas suítes graníticas do Batólito Pelotas, RS, Brasil. Pesquisas em
622 Geociências, 29(1): 43-60.
- 623 Philipp, R. P., Pimentel, M. M. & Chemale Jr., F. 2016. Tectonic evolution of the Dom
624 Feliciano Belt in Southern Brazil: geological relationships and U-Pb geochronology.
625 *Brazilian Journal of Geology*, 46(1): 83-104.
- 626 Ramos, R. C., Koester, E. 2014. Geologia da associação metamáfica-ultramáfica da região
627 de Arroio Grande, sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense. Pesquisas em Geociências,
628 41(1): 25-38.
- 629 Ramos, R. C.; Koester, E. 2013. O Complexo Ofiolítico Arroio Grande, sudeste do Escudo
630 Sul-Rio-Grandense. In: VIII Simpósio Sul-brasileiro de Geologia, Porto Alegre, Resumos
- 631 Ramos, R. C. & Koester, E. 2015. Lithogeochemistry of the meta-igneous units from Arroio
632 Grande Ophiolitic Complex, southernmost Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 45(1): 65-
633 78.
- 634 Ramos, R. C., Koester, E. & Porcher, C. C. 2017. Chemistry of chromites from Arroio Grande
635 Ophiolite (Dom Feliciano Belt, Brazil) and their possible connection with the Nama Group
636 (Namibia). *Journal of South American Earth Sciences*, 80:192-206.
- 637 Ramos, R. C., Koester, E., Vieira, D. T., Porcher, C. C., Gezatt, J. N. & Silveira, R. L. 2018.
638 Insights on the evolution the Arroio Grande Ophiolite (Dom Feliciano Belt, Brazil) from Rb-
639 Sr and SHRIMP U-Pb isotopic geochemistry. *J. South Am. Earth Sci.*, 86 (2018), pp. 38-53
- 640 Ramos, R. C., Koester, E., Vieira, D. T. 2019. Plagioclase-hornblende geothermobarometry
641 of metamafites from the Arroio Grande Ophiolite, Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil.
642 *Journal of South American Earth Sciences*, Vol: 95, Page: 102262. 2019
- 643 Remus, M. V. D., McNaughton, N. J., Hartmann, L. A., Koppe, J. C., Fletcher, I. R., Groves,
644 D. I., Pinto, V. M. 1999. Gold in the Proterozoic juvenile Bossoroca Volcanic Arc of
645 southernmost Brazil: isotopic constraints on timing and sources. *Journal of South American*
646 *Earth Sciences*, 12: 349-366.
- 647 Saalman, K., Remus, M. V. D., Hartmann, L. A. 2006. Structural evolution and tectonic
648 setting of the Porongos belt, southern Brazil. *Geological Magazine*, 143(1): 59-88.
- 649 Saalman, K., Gerdes, A., Lahaye, Y., Hartmann, L. A., Remus, M. V. D. & Läufer, A. 2011.
650 Multiple accretion at the eastern margin of the Rio de la Plata craton: the prolonged
651 Brasiliano orogeny in southernmost Brazil. *International Journal of Earth Sciences*, 100:
652 355-378.

- 653 Santos, J. O. S., Chernicoff, C. J., Zappettini, E. O., McNaughton, N. J. & Hartmann, L. A.
654 2017. Large geographic and temporal extensions of the Río de la Plata Craton, South
655 America, and its metacratonic eastern margin. *International Geology Review*,
- 656 Silva, L. C. 1999. Geocronologia U-Pb SHRIMP e Sm-Nd na Província Mantiqueira
657 meridional, no Cinturão Saldania (África do Sul) e a evolução do Ciclo Brasileiro/Pan-
658 Africano. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio
659 Grande do Sul, Porto Alegre, 243p.
- 660 Silva, L. C., McNaughton, N. J., Armstrong, R., Hartmann, L. A., Fletcher, I. R. 2005a. The
661 Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U-Pb
662 geochronologic subdivision for the Brasileiro/Pan-African systems of orogens. *Precambrian
663 Research*, 136: 203-240.
- 664 Soliani Jr., E., 1986. Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas
665 implicações de ordem geotectônica. PhD thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo, p.
666 425.
- 667 Stipp, M., Holger, S., Renée, H., Stefan, M. S. 2002. The eastern Tonale fault zone: a 'natural
668 laboratory' for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range of 250 to
669 700°C. *Journal of Structural Geology*, **24**: 1861–1884.
- 670 Tambara, G. B. 2015. Gnaisses Piratini: magmatismo de 784 Ma no sudeste do Cinturão
671 Dom Feliciano, RS. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade
672 Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 51p.
- 673 Van Achterbergh, E., Ryan, C. G., Jackson, S. E., Griffin, W. L. (2001). Data reduction
674 software for LA-ICP-MS: appendix. In: P. J. Sylvester (Ed.), *Laser Ablation-ICP Mass
675 Spectrometry in the Earth Sciences: Principles and Applications* (vol. 29, 239-243). Ottawa:
676 Mineralog. Assoc. Canada (MAC) Short Course Series.
- 677 Vieira, D. T., Koester, E., Porcher, C. C., 2016a. Magmatismo Neoproterozoico (680 Ma) no
678 sudeste do Escudo Sul-RioGrandense: U-Pb e Lu-Hf LA-MC-ICP-MS em zircão. In: 48th
679 Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre. Proceedings, ID 8889.
- 680 Vieira, D. T., Koester, E., Ramos, R. C., Porcher, C. C. 2019. Sr-Nd-Hf isotopic constraints
681 and U-Pb geochronology of the Arroio pedrado gneisses, Dom Feliciano belt, Brazil: a 680
682 Ma shoshonitic event in the final stages of the Piratini Arc evolution. *Journal of South
683 American Earth Sciences*, Volume 95, 2019.
- 684

685 ARTIGO:

27/02/2020

Email – Matheus Beloni – Outlook

Submission Confirmation

Gondwana Research <eeserver@eesmail.elsevier.com>

Qui, 27/02/2020 15:34

Para: m_beloni_s@hotmail.com <m_beloni_s@hotmail.com>

*** Automated email sent by the system ***

Article Type: Research Paper

Dear Mr. Matheus Souza Beloni,

Your submission entitled "Neoproterozoic sedimentation in the southeastern Sul-Riograndense Shield: petrography, geochemistry and geochronology of the Arroio Grande Metasediments and its relations with South American tectonism in West Gondwana." has been received by Gondwana Research

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author. The URL is <https://ees.elsevier.com/gr/>.

Your username is: m_beloni_s@hotmail.com

Your password is: *****

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System
Gondwana Research

686

687

688 Neoproterozoic sedimentation in the southeastern Sul-Riograndense Shield: petrography,
 689 geochemistry and geochronology of the Arroio Grande Metasediments and its relations with
 690 South American tectonism in West Gondwana.

691
 692 Matheus Souza BELONI¹, Carla Cristine PORCHER², Edinei KOESTER², Daniel Triboli VIEIRA¹,
 693 Laércio DAL OLMO-BARBOSA¹

694
 695 (1) Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade
 696 Federal do Rio Grande do Sul, PO Box 15001, zip code 91501-970, Porto Alegre, RS, Brazil

697 (2) Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves
 698 Avenue, 9500, zip code 91540-000, Porto Alegre, RS, Brazil

699
 700 This paper describes the Arroio Grande Schists and Quartzites and the metagreywacke unit that is
 701 part of the Arroio Grande Complex, located in the southeastern portion of the Dom Feliciano Belt,
 702 southernmost Brazil. Studies such as petrography, geochemistry of major and trace elements, Sm-
 703 Nd isotopic geochemistry in whole-rock and U-Pb ages in detrital zircons were obtained for the
 704 metasedimentary units. The schists and quartzite presents petrographic characteristics indicative
 705 of greenschist facies metamorphism and medium/low temperature mylonitization (300– 400 °C).
 706 ϵ Nd values of five schist samples ranged between -11 and -14, and T_{DM} ranged between 1.35 and
 707 1.58 Ga. For two quartzite samples, the ϵ Nd values ranged between -6 and -14, and T_{DM} between
 708 1.09 and 1.69 Ga, respectively. The U-Pb age histogram of the detrital zircons that were studied
 709 exhibit wide influence of ediacaran units, and maximum deposition age of 548 Ma. The
 710 metagreywacke is metamorphosed under greenschist-amphibolite facies, and record two mylonitic
 711 phases, the first, in medium to high temperature (500-700 °C), and the aftermost in medium
 712 temperature (400-500 °C). The ϵ Nd obtained was -5 and T_{DM} was 1.07, and the U-Pb age
 713 histogram of the detrital zircons show an expressive contribution from sedimentary units with
 714 cryogenian ages, without any register of ediacaran ages. In conclusion, the metasedimentary units
 715 belong to different deposition stages on the evolution of the southeastern portion of the Dom
 716 Feliciano Belt in southernmost Brazil, and that Arroio Grande Schists and Quartzites are the
 717 younger metasedimentary unit of the Dom Feliciano Belt, representing the final stages of
 718 amalgamation of West Gondwana.

719
 720
 721 Keywords: Arroio Grande Schists and Quartzites, Provenance, U-Pb Age, Sm-Nd,
 722 Metasedimentary, Ediacaran.

723
 724 1. Introduction

725
 726 During the orogenic evolution associated to convergent environments, several subsidence
 727 mechanisms together with other processes related to the topographic evolution of an orogen can
 728 develop several sedimentary basins that may record this evolution, the exhumation history of a
 729 mountain, as well as climatic and deformational conditions during the orogenic events. Those
 730 basins are usually characterized by presenting medium to low potential of post-orogenic
 731 preservation, by having a few millions up to a hundred million years interval of sedimentary
 732 accumulation (Ingersoll, 2011) and tectonic overprinting, especially in triple TTT boundaries
 733 (Marsaglia, 2011), being quite common the change on geologic context of sedimentation on a
 734 given location. Therefore, it's important to redeem sedimentologic data (mineralogy, deposition
 735 age, geotectonic context of the basin) of the geologic record of those basins, so it's possible to
 736 make reconstructions regarding plate tectonics and for a better understanding of the process that
 737 takes place on those environments (Marsaglia, 2011).

738 The study of rocks that had its genesis related to the evolution of an orogenic area is
 739 complex, due to the wide diversity of events and its multiphasic evolutive character, as well as its
 740 big extension and diversity of geological units related to the system. Pre-Cambrian orogens
 741 present even more obstacles, once the data recovery related to the sedimentary unit is harder, due
 742 to factors such as metamorphism, deformation and intemperism, all of them contributing to

743 obliterate key evidences for the understanding of the crustal evolution of the region. This is
 744 particularly important to the metasedimentary rocks, which hold primordial information such as
 745 stratigraphic position and diagenetic minerals that can be obliterated by deformation and
 746 metamorphism. Analytical data are necessary on these cases to access/recover information about
 747 the sedimentary environment, source area and tectonic context of the studied unit.

748 The Dom Feliciano Belt (DFB) records the occurrence of several metasedimentary units
 749 that underwent through metamorphism and deformation during orogenic events. Although previous
 750 studies in the DFB gather several of those rocks under an only denomination, usually considering
 751 the similarities in metamorphic grade and type of protolith, the application of an analytical approach
 752 allowed the recovery of part of the sedimentary signature of those rocks. In the west of the Pelotas
 753 Terrane, metasedimentary units are observed in several tectonic contexts, as part of the Porongos
 754 Metamorphic Complex, with deposition ages between 800 and 560 Ma (Saalman et al., 2006;
 755 Gruber et al., 2016; Höfig et al., 2018), or metasedimentary units of the Passo Feio Complex
 756 (Bitencourt, 1983; Remus et al., 1999; Saalman et al. 2006; Lopes et al., 2015) and from the
 757 Marmeleiro Complex, in the São Gabriel Terrane (Fernandes et al., 1995).

758 When it comes to the metasedimentary occurrences in the southwest of the Pelotas
 759 Terrane, few data are available. On that region units comprising metasedimentary rocks of
 760 carbonatic protolith (Matarazzo Marbles: Neis, 2017; Gerhard, 2015) and siliciclastic protoliths
 761 (Arroio Grande Schists and Quartzites: Beloni, 2016; Cruz, 2019) – Herval Schists and Quartzites
 762 (Cruz, 2019) - Arroio Telho Complex (Iglesias, 2018; Cruz, 2019) are also described. The present
 763 work aims to obtain data to evaluate the geological context in which the Arroio Grande Schists and
 764 Quartzites are inserted, as well as the deposition age of the sediments. To reach this purpose,
 765 fieldwork and petrographic studies were done, as well as the description of the morphologies and
 766 textures of detrital zircons, geochemical analysis (major and trace elements), isotopic analysis
 767 (Sm-Nd, in whole rock) and U-Pb dating of detrital zircons. Also, it's discussed possible source
 768 areas for those units and correlations with another metasedimentary units.

769

770 2. Geological setting

771

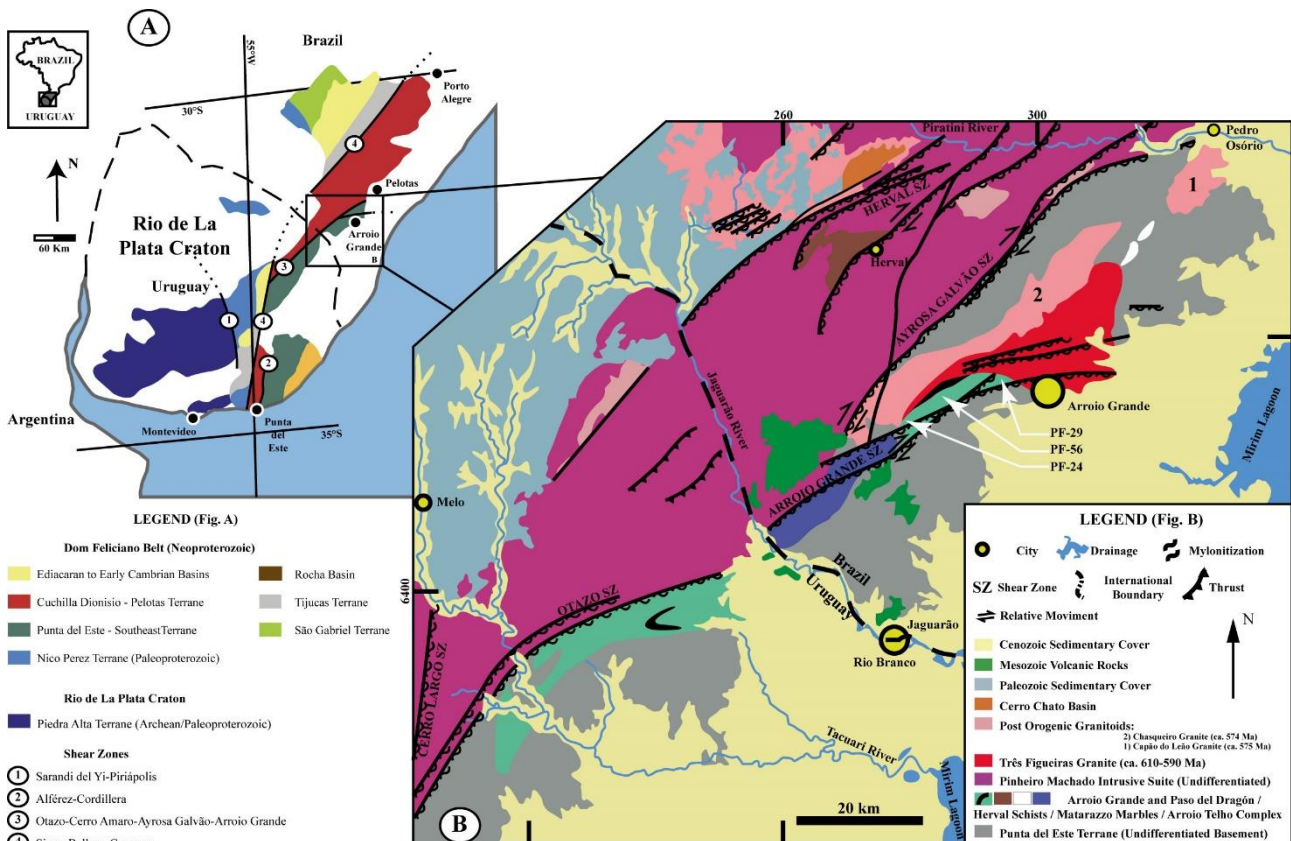
772 The Arroio Grande Schists and Quartzites belongs to the siliciclastic metasedimentary unit
 773 from the Arroio Grande Complex (Ramos et al., 2017). This complex, that also comprises the
 774 Arroio Grande Ophiolite, is located at the southeasternmost region of the Dom Feliciano Belt, Rio
 775 Grande do Sul, Brazil.

776 The Dom Feliciano Belt corresponds to the meridional orogen of the Mantiqueira Province
 777 (Almeida et al., 1981), spreading from Punta Del Este (Uruguay) up to the Santa Catarina State
 778 (Brazil), and comprises the central and eastern portions of the Uruguaio Shield, Sul-Riograndense
 779 Shield and Catarinense Shield. This orogenic belt is related to the amalgamation of the Western
 780 Gondwana paleocontinent, during the Brasiliano-Panafrican cycle (Neoproterozoic), as a result of
 781 the paleo-oceanic basins closure, in response to the convergence between the Rio de la Plata,
 782 Kalahari, Angola-Congo-São Francisco cratons and other blocks and smaller microplates
 783 (Fernandes et al., 1995a e 1995b; Basei et al., 2000; Gaucher et al., 2009; Brito-Neves et al.,
 784 2014; Philipp et al., 2016; Santos et al., 2017). At the African portion, it correlates to the Gariiep,
 785 Damara and Kaoko belts, combined under the designation of Damara Orogen (Gray et al., 2008;
 786 Frimmel et al., 2011). This orogeny was developed during the orogenic collage in transverse triple
 787 junction (Passchier et al., 2016).

788 At the Uruguaio-Sul-Riograndense Shield (Fig. 1), in which is located the study area, near
 789 to the Arroio Grande city, the Dom Feliciano Belt is delimited in the north by phanerozoic units of
 790 the Paraná Basin, at west by archaean to paleoproterozoic units of the Rio de la Plata Craton, at the
 791 east and south by the quaternary covers of the coastal plain and by the Atlantic Ocean.
 792 Geophysical discontinuities of regional scale allow the subdivision of the belt in four main domains,
 793 the three initially ones proposed by Fernandes et al., (1995b) and Hartmann et al (2016): Western
 794 domain (São Gabriel Terrane, outcropping only on the Sul-Riograndense Shield; Hartmann et al.,
 795 2007), Central domain (Tijucas Terrane and Arroyo del Soldado-Camaquã molassic basin;
 796 Chemale Jr., 2000; Blanco et al., 2011), and Eastern domain (Cuchilla Dionisio-Pelotas Terrane
 797 and Punta del Este Terrane; Bossi & Gaucher, 2004; Basei et al., 2011). Recently, the

798 Southeastern domain was suggested by Ramos et al., (2014) (Jaguarão terrain; Cruz, 2016) based
 799 on aerogeophysical signatures and the presence of an ophiolitic association related to suture
 800 process.

801 Those terranes with distinct crustal evolution, were formed during three orogenic events
 802 (Silva et al., 2005): Brasiliano I (climax between 730-700 Ma – only São Gabriel Terrane, related to
 803 the São Gabriel Orogeny and to the closure of the São Gabriel/Charrua paleo-ocean, Saalman et
 804 al., 2011), Brasiliano II (climax between 640-620 Ma – related to the Dom Feliciano Orogeny at the
 805 Cuchilla Dionisio-Pelotas Terrane, represented by the expressive volume of magmatism and
 806 intense crustal reworking, possibly related to the closure of the South Adamastor paleo-ocean and
 807 back-arc basins related; Chemale Jr., 2000; Frimmel et al., 2011; Ramos et al., 2017), and
 808 Brasiliano III (climax between 590-550 Ma – related to the syntectonic and post-orogenic
 809 magmatism, and to the late stages of amalgamation of the Western Gondwana) (Babinski et al.,
 810 1997; Brito-Neves et al., 2014).
 811



812 Figure 1. Simplified geological map of the study area and main samples studied – (A) southeastern portion of
 813 the Dom Feliciano Belt (Brazil and Uruguay) (modified of Blanco et al. 2011, and Ramos et al., 2017); (B)
 814 Cuchilla Dionisio-Pelotas Terrain and Punta del Este terrain, near the Brazil/Uruguay border (modified from
 815 Ramos et al., 2018). White arrows indicate location of the samples that were analysed by U-Pb dating on
 816 detrital zircons.
 817
 818

819 2.1. Geology of the Cuchilla Dionisio-Pelotas Terrane

820
 821 At the Cuchilla Dionisio-Pelotas Terrane, in which the Arroio Grande Schists and Quartzites
 822 are located, the granitoids from the Aiguá-Pelotas Batholith prevail, composed by a set of
 823 batholiths and plutons related to the Brasiliano II and III events. The magmatic ages for its older
 824 units are comprised between 650-610 Ma: the Pinheiro Machado and Erval intrusive suites (calcic-
 825 alkaline with high-K and geochemical signatures that suggestive of magmatic arc-related setting;
 826 Silva et al., 2005; Philipp et al., 2016). Fragments and xenoliths also occur in this granitic belt,
 827 representing old oceanic and continental crust (e.g. Arroio Grande Ophiolite, Ramos et al., 2014;
 828 and Piratini Gneisses: crystallization age of 784 Ma, and 664 Ma metamorphic age, zircon U-Pb
 829 dating; Tambara, 2019) and Chácara das Pedras Gneiss (777 Ma crystallization age and

830 metamorphism at 660 Ma, U-Pb zircon dating; Koester et al., 2016), which represent fragments of
 831 an old continental arc, related to the basement of the Punta del Este Terrane in Uruguay (Cerro
 832 Bori Gneiss, Cerro Olivo Complex; Masquelin et al., 2012; Lenz et al., 2013).

833 Another units that occur in the region corresponds to several stages of geologic and
 834 geotectonic evolution of the eastern portion of the DFB, like the Três Figueiras Granite (585 Ma,
 835 zircon U-Pb geochronology; Klein et al., 2018), Chasqueiro Granite (crystallization age of 574 Ma,
 836 zircon U-Pb, Vieira et al., 2017) and the Dom Feliciano Granitic Suite, that represents the late-
 837 orogenic units (isochronic crystallization Rb-Sr age reference, in whole-rock, of 544 ± 5 Ma
 838 (Soliani Jr., 1986) and 550 ± 6 Ma, according to Fragoso-Cesar (1991). Along with those units
 839 occur, at the southeastern portion of the eastern domain, metasediments of carbonatic nature
 840 represented by the Matarazzo marbles. These occur in the northern region of the Arroio Grande
 841 city, and exhibits $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ deposition ages between 900 - 850 Ma (Neis, 2017).

842 From north to south, the Cuchilla Dionisio-Pelotas Terrane is affected by a set of
 843 transcurrent high-angle ductile shear zones, with kilometric thickness and NE-SW direction. Those
 844 zones, developed in the context of the Sul-Brasileiro Shear Belt (Bitencourt & Nardi, 2000), were
 845 responsible for the wide mylonitization zones and for controlling the emplacement of the granitic
 846 units related to the Brasiliano III event.

847 At the study area, near the border of Brazil-Uruguay, the main shear zones related to the
 848 studied system are the Ayrosa Galvão Shear Zone (AYGSZ), Herval Shear Zone (HSZ) and Arroio
 849 Grande Shear Zone (AGSZ) (Machado et al., 1995). According to these authors, the AGSZ (the
 850 oldest one) presents dextral cinematic and high dip angle, near 75° to NE, while the other two
 851 shear zones present sinistral cinematic and dip angle of 45° to NE (AYGSZ) and 65° to NE (HSZ).
 852 Ramos and Koester (2014) show the relation between AGSZ and the Arroio Grande Schists and
 853 Quartzites (AGSQ), stating that the AGSZ is responsible for the mylonitization, as well as the
 854 elongated shape of the bodies. In the field, the schists the foliation shows NE-SW preferred
 855 direction, and dips between 60° and 90° . Philipp et al. (2003) discusses the existence of an
 856 important thermo-tectonic event that could have affected the units from the Cuchilla Dionisio-
 857 Pelotas Terrane, with ages between 540 - 530 Ma, based on Ar-Ar dating method, therefore
 858 suggesting that this event could be responsible for the development and reactivation of high angle
 859 shear zones, with positive flower structures.

860

861 2.2. Metasedimentary units of the southern portion of the Cuchilla Dionisio-Pelotas Terrane

862 2.2.1. Arroio Telho Complex

863

864 The Arroio Telho Complex constitutes a large portion of the Southeastern Terrane (also
 865 called Jaguarão Terrane), which is located at the south of the intersection between the Arroio
 866 Grande and Ayrosa Galvão Shear Zones. It contains paragneisses with irregular millimetric to
 867 centimetric banding, and whitish to pinkish quartz-feldspatic levels that can occur as lenses, folded
 868 and as tight folded hinges. Sometimes levels of metapelitic (sandy-pelitic metarythmites) occur
 869 transposed, with colours that vary between greyish, brownish and yellow-reddish shades. The
 870 schists present brown to reddish colour, with quartz, muscovite, biotite, tourmaline and garnet.

871 Dark grey metamarlts are subordinated (Iglesias, 2018). Cruz (2019) describes the units
 872 from Arroio Telho Complex as mica-schists with garnet and tourmaline, banded feldspathic
 873 gneisses and granitoids, under greenschist to amphibolite facies, and state that the units from this
 874 complex have at least three deformational phases, being the first two ones related to ductile
 875 structures, and the third one related to ruptile structures. Iglesias (2018) obtained from 16 detrital
 876 zircons U-Pb ages between 636-1.804 Ma, stating that the sedimentary basin has only ages older
 877 than 636 Ma.

878

879 2.2.2. Guarda Nova Complex

880

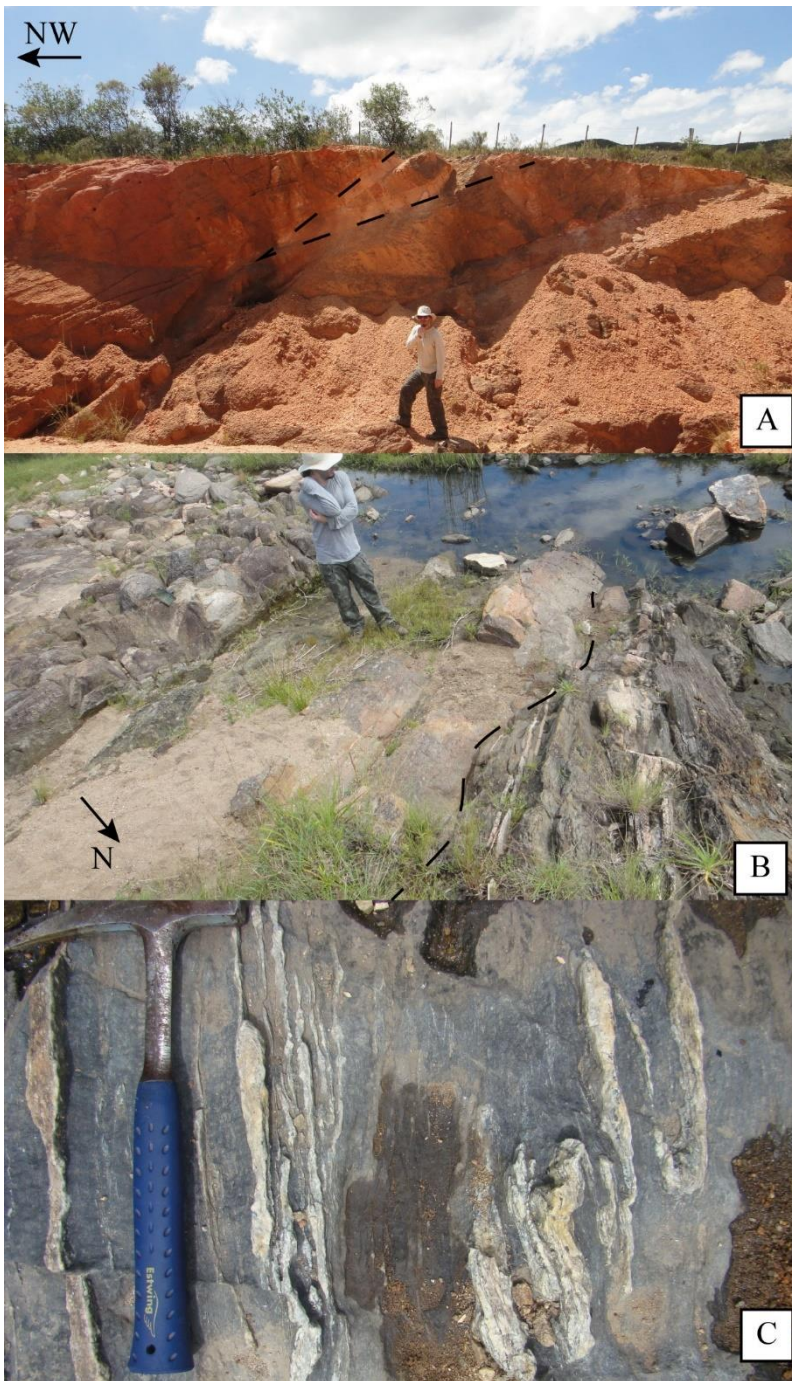
881 The Guarda Nova Complex (Iglesias, 2018), first identified as Herval Schist and Quartzites
 882 by Fragoso-Cesar et al. (1986) and interpreted as metamorphic septa of the basement by Philipp

883 and Machado (2002), are described as a variation between quartzites layers and micaceous and
 884 ferrous metapsamites, which are intercalated with weathered schists and gneisses, and lenses of
 885 two mica granitoids (concordant or discordant with the metasediments foliation). Cruz (2019)
 886 reports that the quartzites, even on its purest portions, present small quantities of muscovite and
 887 opaque minerals. The schists are greyish-red and composed essentially by muscovite, biotite and
 888 quartz, sometimes with garnet and sillimanite (fibrolite) (Cruz, 2019). There's been analysed 73
 889 detrital zircons of this unit, with representative peaks on Paleoproterozoic (Estateterian) and
 890 smaller peaks at Mesoproterozoic and Neoproterozoic (Ediacaran), with younger age of 613 Ma,
 891 indicating basin formation period during at least the Ediacaran (Cruz, 2019).
 892

893 2.2.3. Geology of the Arroio Grande Complex

894
 895 The Arroio Grande Complex (Ramos, 2013; Ramos & Koester, 2015) was previously
 896 interpreted as two portions divided by the intrusion of the Três Figueiras Granite, which is a
 897 peraluminous granite synkinematic to the Arroio Grande Shear Zone, with magmatic ages between
 898 610-590 Ma (Klein et al., 2018; Vieira et al., 2019; Cruz, 2019). At north from Três Figueiras
 899 Granite are found units of the Arroio Grande Ophiolite that comprises the Matarazzo Marbles and
 900 Metamafites (Neis, 2017; Ramos et al., 2017), besides metagabbro and metadiorite xenoliths
 901 found in granitoids from the Pinheiro Machado Intrusive Suite and in the Três Figueiras Granite
 902 (Ramos et al., 2017). To the south of the granite units from the Arroio Grande Ophiolite
 903 (chromiferous and magnesian schists, serpentinites, amphibolites and metagabbros) also occur,
 904 enveloped by the metasiliciclastic rocks of the Arroio Grande Schists and Quartzites with tectonic
 905 contact (Ramos et al., 2018). Based on geochemical signatures of the metaultramafites and
 906 metamafites, it was suggested an oceanic back-arc setting for the generation of the protoliths
 907 (Ramos & Koester, 2015). The marbles protolith deposition occurred between 800-700 Ma (Neis,
 908 2017; Ramos et al., 2018), during the expansion phase of the back-arc basin. The minimum age
 909 for the emplacement of the ophiolite on the continental crust is estimated at 640 Ma, related to the
 910 initial stages of the basin closure (Ramos et al., 2017). Cruz (2019) described the Arroio Grande
 911 Complex as an association of rocks that are mafic, ultramafic and sedimentary metamorphosed,
 912 composed by talc-serpentine schists, tremolites and chloritites with chromite (ultramafic portions),
 913 epidote amphibolites, metadiorites and metagabbros (mafic portions), mica schists, quartzites,
 914 metagreywackes, garnet-biotite schists and marbles (sedimentary portions). Cruz (2019) mentions
 915 the occurrence of weathered muscovite-biotite schists, interlarded with chlorite schists, quartzites
 916 and granitoids, all presenting mylonitic foliation. The author presents a sample of staurolite-
 917 limonite-biotite-muscovite-quartz schist, with U-Pb analysis in 51 detrital zircons, resulting in a
 918 provenance with major influence of estaterian (Paleoproterozoic), Mesoproterozoic and criogenian
 919 (Neoproterozoic) sources, with younger ages of 668 Ma.

920 The Arroio Grande Schists and Quartzites were interpreted as a metasiliciclastic unit from
 921 the Arroio Grande Complex, mainly composed by mica schists and quartzites, with subordinate
 922 metagreywackes and granatiferous schists (Ramos et al., 2014). These metasediments outcrop to
 923 the west of the Arroio Grande city, in southernmost Rio Grande do Sul, where the schists
 924 constitute the main lithology, although highly weathered with a wide variation of colours (grey to
 925 red) (Fig. 2A). It occurs in great extension (about 20 km for 5 km, elongated according NE-SW),
 926 with foliation dipping NW (80° approximately) and occur associated with centimetric to metric
 927 lenses of quartzite. The quartzites are subordinate, and occur interlayered with schists as lens with
 928 variable thickness, between 0,5 and 1 m, and length up to 5m (Fig. 2A). Macroscopically it's
 929 possible to identify only quartz and muscovite as essential minerals. These two lithologies are in
 930 tectonic contact with the Três Figueiras Granite, and also with the metamafic and metaultramafic
 931 units of the Arroio Grande Ophiolite (Fig. 2B). This metasedimentary unit was named as Schists
 932 and Quartzites Arroio Grande (Beloni et al., 2016). According to Ramos et al. (2014), the
 933 metagreywacke is outcropping in very few places, with discontinuous centimetric to metric
 934 injections of the Três Figueiras Granite, usually folded, according to the preferred direction of the
 935 metagreywacke, where it's possible to verify centimetric bands with felsic micaceous composition
 936 and also, folds along all the outcrop (Fig. 2C).
 937



938
 939 Figure 2. General structural and textural aspects of the studied units – A) outcrop along the road showing the
 940 Arroio Grande Schists and Quartzites (in detail, quartzite lens); B) outcrop along riverside, showing the
 941 contact between the Arroio Grande Schists and Quartzites (right) with the Três Figueiras Granite and
 942 metaultramafic rocks (left); C) metagreywacke, horizontal plane.
 943

944 3. Methods and results

945 3.1. Methods

946
 947 Schist and quartzite samples were collected for a several set of analysis, such as
 948 petrography (3 samples), geochemistry (10 samples), Sm-Nd isotopic geochemistry in whole rock
 949 (8 samples) and U-Pb dating on detrital zircons (3 samples). The chosen samples were
 950 considered representative of the lithotypes found on the field and were also the less altered ones.
 951 The geochemical analysis in whole-rock was done in X-ray fluorescence spectrometry (XRF),
 952 using the Rigaku® RIX2000 spectrometer from the CPGq-IGEO-UFRGS. On these samples, the

953 concentration of major and trace element was analysed.

954 The isotopic analysis was performed at the Laboratory of Isotopic Geology -CPGq/UFRGS
 955 (LGI). Approximately 100 µl of Sm-Nd spike was added to each 100 µg of sample for isotopic
 956 dilution analysis of Sm-Nd and natural Sr. The spiked samples were then solubilized with acids and
 957 subjected to chromatographic columns for elementary concentration of Sr, Sm, Nd. The isotopic
 958 data of those elements was obtained with and ICP-MS Thermo Fisher® Neptune and with TIMS
 959 VG-Sector mass spectrometers. The raw data obtained was reduced with an in-house spreadsheet
 960 from the laboratory, in which the model age is calculated according to DePaolo (1981).

961 The samples were prepared according to the methodology from the Laboratory of Sample
 962 Preparation at UFRGS with the aim of obtaining the highest fraction of zircons present on the
 963 rocks, using mechanical disintegrator, physical separator (bang) and magnetic separator (Frantz).
 964 The separated zircons were fixed on Buehler epoxy resin for the production of mounts, in which the
 965 eviction method was used, aiming to obtain a large set of zircons without choosing or selecting,
 966 even if involuntary, of the grains to be analysed (Fedó et al., 2003; Gehrels, 2014). The detrital
 967 zircons present on the mounts were imaged by cathodoluminescence (CL) in Scanning Electron
 968 Microscope (SEM). The SEM used was the JEOL® 6610-LV coupled with ChromaCLII Gatan, in
 969 the LGI. The images taken on SEM-CL were used during LA-ICP-MS analysis to select the grain
 970 areas that were free of inclusions, fractures or metamorphic features.

971 The analysis of U-Pb ratio in zircons were performed in a LA-ICP-MS, model Thermo
 972 Scientific® ELEMENT 2®, from the Applied Isotope Research Group (A.I.R), at the Federal
 973 University of Ouro Preto (UFOP). The applied methodology is described at Farina et al. (2015).
 974 The raw data were treated using the software Glitter (Van Achterbergh et al., 2001) and the ages
 975 were calculated and arranged in frequency diagrams, using the software IsoplotEX 4 (Ludwig,
 976 2003). The uncertainty of each analysis is of 1 σ .

977

978 3.2. Geology and petrography of the Arroio Grande Schists and Quartzites and metagreywacke

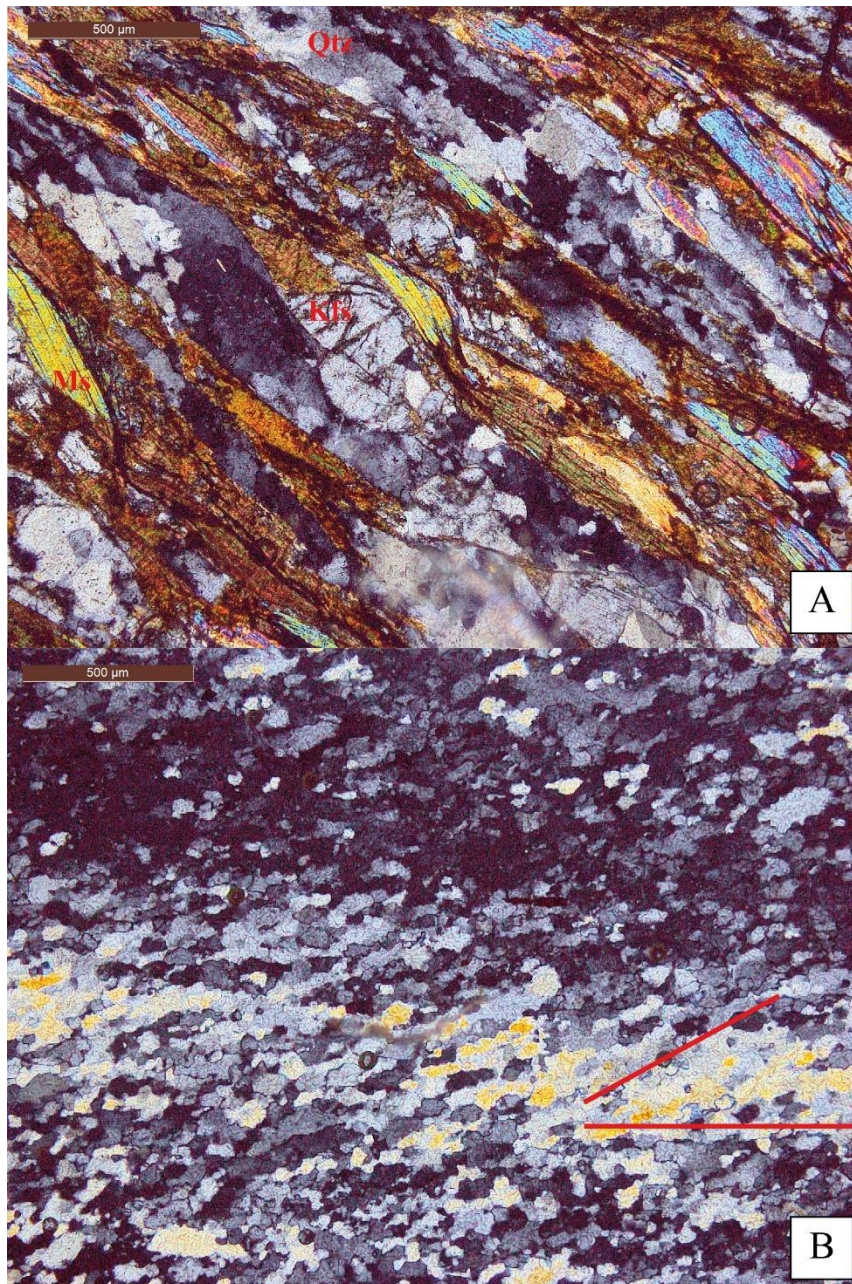
979

980 The mica schists occur as the main unit of the AGC, with subordinate quartzite lenses. The
 981 outcrops occur in expositions with tens of meters and exhibit quite homogeneous compositions.
 982 Generally, it is intensely weathered, ranging from reddish to greyish in some areas (variation due
 983 to the sort and intensity of weathering). The schists present well pronounced mylonitic foliation,
 984 marked by the elongation of quartz and muscovite grains, and in the quartzites it is verified
 985 stretching lineations, marked by the preferred orientation of quartz grains (15;056).

986 In microscopic analyses, the main mineralogy of the schists is composed by quartz (30 %),
 987 muscovite (55 %) and K-feldspar (15 %). Accessory minerals are zircon and tourmaline. The
 988 mylonitic texture is marked by the alternation of quartz ribbon with bulging deformation and
 989 muscovite enriched lenses (Fig. 3A). The K-feldspar occur as slightly rotated and fractured
 990 porphyroclasts, with small quartz trails showing dynamic recrystallization (Fig. 3A). A few samples
 991 present S-C type structure, with the C-plan marked by quartz ribbon and muscovite, oblique to the
 992 schistosity plane (S). Tourmaline occurs as prismatic porphyroclasts, with size up to 1 mm,
 993 oriented along foliation (pre-kinematic). It presents not-filled pressure shadows and fractures
 994 perpendicular to C-axis, where intense clay formation occurs. The zircons occur as inclusions on
 995 quartz grains and between muscovite lamellae. Its dimensions are up to 0,1 mm, presenting
 996 elongated and rounded habit (referring to prismatic habit). The muscovite + quartz + K-feldspar
 997 paragenesis, as well as other deformational microstructures, are compatible with the mylonitization
 998 event of low to medium greenschist facies of this unit.

999 The quartzite is composed by quartz (90 %) and muscovite (10 %), with zircon as the main
 1000 accessory. The quartz grains present stretched forms with undulose extinction and dimensions
 1001 between 10 µm and 100 µm. The grain contacts are irregular and bulged, and in some cases
 1002 almost separated from the recrystallized grain, which indicates dynamic recrystallization by bulging
 1003 (Passchier et al., 2005). Muscovite lamellae occur between quartz grains. The lamellae are
 1004 monocrystalline, with more than 500 µm of length, but are quite thin and evidence the foliation
 1005 direction. The S-C structure is visible through the change of quartz and muscovite orientation (Fig.
 1006 3B). Just as in the schists, the zircons on the quartzites occur as inclusions in quartz, and also
 1007 between thin muscovite lamellae. Its dimensions are up to 0.1 mm (referring to prismatic habit).

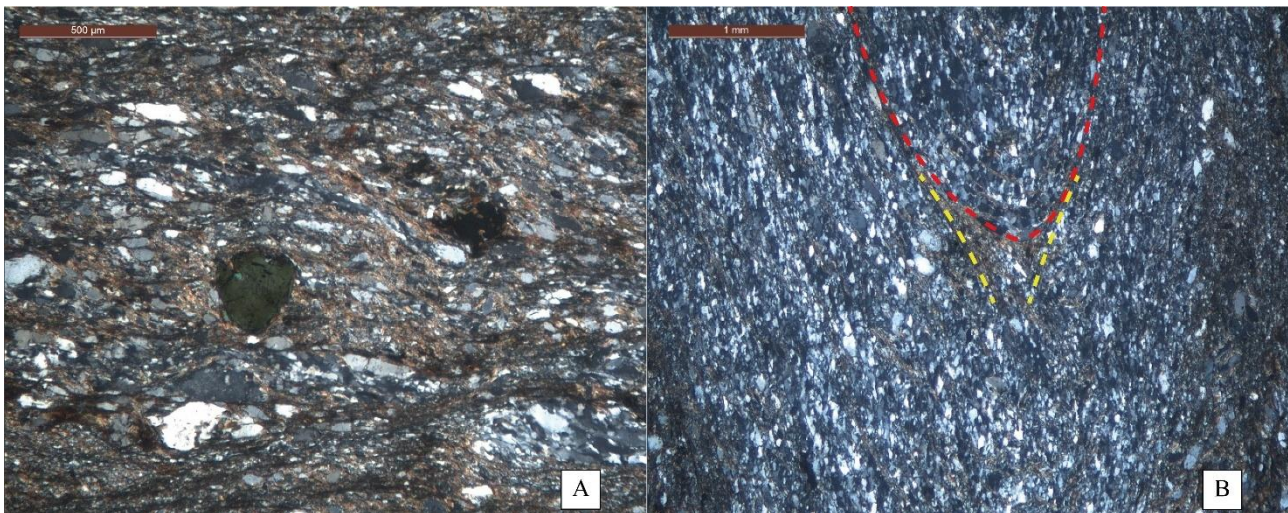
1008 The microstructure that indicated quartz recrystallization by bulging of this unit matches the
 1009 mylonitization in greenschist facies, between 300°C and 400°C (Stipp et al., 2002).
 1010



1011
 1012 Figure 3. Photomicrographs of the Arroio Grande Schists and Quartzites A) Detail of the mylonitic texture of
 1013 the muscovite-quartz schist with quartz ribbon, elongated muscovite and K-feldspar porphyroclasts, intensely
 1014 fractured and with a small recrystallization tail. B) General image of the quartzite, showing bulging texture on
 1015 quartz and S-C structure (difference in preferential orientation of quartz regarding the rock foliation). Qz =
 1016 quartz; Ms = muscovite; Kfs = K-feldspar; (Whitney & Evans, 2010). Scale = 500 µm.
 1017

1018 The metagreywacke ranges from dark grey to black (of micaceous composition),
 1019 equigranular texture and millimetric to centimetric bands of whitish colour (of felsic composition) in
 1020 a few portions of the outcrop. In optical microscopy it is possible to verify the general composition
 1021 of quartz, feldspar (K-feldspar and plagioclase) and biotite, and in disseminated form tourmaline,
 1022 zircon, apatite and opaque minerals (Fig. 4). Two foliations of mylonitic nature were also identified.
 1023 The first one is mainly evidenced by the elongated ribbons of quartz. The second one, transposes
 1024 the first one and produces folds and recrystallization in the grains. Quartz, as most abundant
 1025 mineral (45 %), occurs in two groups, one as extremely elongated ribbons with grain boundary
 1026 migration deformational regime (associated to the first foliation), and as small grains (associated to
 1027 the second foliation) in subgrain rotation deformational regime. The biotite (35 %) occurs along the

1028 whole thin section, with enriched levels between small grains of quartz and feldspar, or with scarce
 1029 quartz ribbons, usually highlighting the second foliation. Feldspar (20 %) occurs as isolated grains,
 1030 subhedral to anhedral, with sizes between 0,1 mm and 0,4 mm, and present elongated shape and
 1031 diffuse edges (irregular), sometimes slightly rotated. Tourmaline occurs sparsely, with green/light
 1032 green colour, with subhedral to anhedral habit, size ranging from 0.3 to 0.5 mm and with some pre-
 1033 and sin- kinematic characteristics related to the second foliation. The zircons are found between
 1034 biotite lamellae and as inclusions in quartz. Its dimensions are small (less than 0.1 mm) and
 1035 anhedral to subhedral in shape. Based on the quartz + biotite + feldspar with tourmaline, zircon,
 1036 apatite and opaque paragenesis it is possible to define a greenschist-amphibolite facies
 1037 metamorphism. The recrystallization microstructures present in quartz by grain boundary migration
 1038 and by subgrain rotation are compatible with the mylonitization in temperature conditions between
 1039 500 to 700°C and 400 to 500°C, respectively (Stipp et al., 2002). Therefore, it is possible to imply a
 1040 retrograde fabric development conditions to metagreywacke.
 1041



1042 Figure 4. General photomicrography of the metagreywacke in thin section (PF-24), crossed polars. A)
 1043 General image of the thin section, showing the features of quartz ribbons and subgrains, feldspars and
 1044 biotite, and in the center in dark green, the tourmaline. (scale = 500 µm); B) evidence of two foliations, red
 1045 marks first foliation of higher temperature and grain boundary migration texture, and yellow marks the
 1046 second foliation of medium temperature and subgrain rotation texture (scale = 1mm).
 1047
 1048

1049 3.3. Major and Trace Elements Geochemistry

1050
 1051 The results from the geochemical analysis of major elements from the Arroio Grande
 1052 Schists and Quartzites and metagreywacke (Tab. 1) shows that schists present variable content of
 1053 SiO₂ between 65 % and 75 %, among which, those depleted in SiO₂, present higher content of
 1054 Al₂O₃ (15 - 16 %), and those with higher percentage of SiO₂ have a lower content of Al₂O₃ (11 % -
 1055 14 %). The same relation occurs between Fe₂O₃ (total) and volatiles, where the percentages of
 1056 higher concentration, between 7 - 8 % of Fe₂O₃ and between 4 % - 5 % of volatiles, follow a trend
 1057 of samples with lower percentage of SiO₂ concentration (65 - 67 %).

1058 When it comes to the quartzites, the samples show SiO₂ values between 96 - 98 %, and
 1059 lower concentrations of Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, K₂O and volatiles. The trace elements of the schists
 1060 occur in higher concentration (in ppm) of the following elements Zr (178 – 203), Rb (206 – 428) e
 1061 Ba (512 – 564), Cr (95 – 292) and Y (54 – 90). Regarding the quartzites, the trace element data
 1062 show higher concentrations of Zn (10 – 73), Zr (3 – 192) and Pb (0.1 – 51). Last, the
 1063 metagreywacke present higher values of SiO₂ (70 %), Al₂O₃ (12 %), Fe₂O₃ (5 %) and less than 5 %
 1064 for TiO, MnO, MgO, CaO, Na₂O and K₂O, and values higher than 100 ppm for Ba, Cr, Sr e Zr.

Table 1: Results of major elements in oxide weight % and trace elements in ppm. LOI – Loss on ignition; nd – not detected

	Schist			Quartzite				Metagreywacke		
	PF-56	PQX – 04	PU – 01	PQX – 02	PQX – 08	PF - 29	PU – 34	PQX – 05	PQX – 03	PF – 24
SiO ₂	73.46	72.39	66.54	67.74	65.25	72.44	98.94	98.85	96.51	71.64
Al ₂ O ₃	12.20	12.74	16.03	15.54	16.77	12.97	0.31	0.26	1.81	12.70
TiO ₂	0.86	0.94	1.07	0.98	1.15	0.85	0.01	nd	0.04	0.70
Fe ₂ O ₃	5.89	6.36	8.13	7.33	7.61	6.76	nd	nd	0.51	5.53
MnO	0.07	0.06	0.02	0.03	0.02	0.15	nd	nd	nd	0.09
MgO	1.47	1.35	1.30	1.28	1.55	1.46	nd	nd	nd	2.42
CaO	0.74	0.56	nd	nd	nd	0.84	nd	nd	nd	2.18
Na ₂ O	0.51	0.26	nd	nd	nd	1.18	nd	nd	nd	1.91
K ₂ O	2.98	2.74	2.73	3.89	2.88	2.05	nd	nd	0.23	2.00
P ₂ O ₅	0.09	0.06	0.02	0.02	0.04	0.10	nd	nd	nd	0.12
LOI	2.04	2.98	4.97	4.24	5.67	1.61	0.16	0.21	0.90	0.98
Total	100.31	100.44	100.79	101.05	100.93	100.40	99.42	99.33	100.00	100.26
Y	54.6	68.9	90.7	68.8	62.6	51.4	0.1	0.1	2.6	29.4
Pb	11.7	11.1	12.3	11.1	12.8	22.7	1.9	1.9	0.7	18.8
Ni	18.8	19.2	46.0	19.3	25.9	21.5	nd	nd	1.2	27.1
Co	31.7	34.8	42.7	38.1	41.0	33.4	nd	nd	2.3	28.0
Cu	11.5	3.5	47.7	69.1	69.1	7.6	2.3	nd	1.6	31.4
Ga	12.3	15.3	96.5	20.3	20.3	13.7	1.8	nd	1.3	10.8
Sr	94.2	76.9	20.0	15.5	15.5	140.2	0.3	0.3	0.8	202.9
Zr	183.3	203.6	178.1	201.5	201.5	192.3	2.8	2.8	14.3	131.7
Zn	74.5	85.6	120.5	110.4	110.4	73.8	20.9	10.1	15.6	75.5
Nb	17.0	21.4	24.1	26.3	26.3	17.0	nd	nd	nd	8.5
Rb	228.6	223.8	428.3	206.8	206.8	153.6	nd	nd	nd	77.4
As	6.9	8.3	9.5	8.9	8.9	11.6	0.9	0.7	1.2	8.8
Cr	111.2	95.4	292.4	133.4	133.4	93.2	nd	76.7	1.0	133.1
Ba	512.0	553.9	523.4	564.7	564.7	374.1	nd	nd	17.9	405.5

1066 3.4. Sm-Nd Isotopic Geochemistry

1067 ϵ Nd and T_{DM} data were obtained from 8 samples of the studied units, being 5 schist
1068 samples, 2 quartzite samples and 1 metagreywacke sample (Tab. 2). The ϵ Nd₍₀₎ values of the
1069 schist samples vary between -11,69 and -13,95, and T_{DM} 1.356 and 1.587 Ga. For the quartzite
1070 samples the values obtained were -6,2 and -14,88, and T_{DM} 1.091 and 1.696 Ga. The
1071 metagreywacke presented 5,05 value for ϵ Nd₍₀₎ and 1.074 Ga for T_{DM} . Further data regarding
1072 concentration, ratio and errors are listed in Table 2.
1073

1074
1075

Table 2: Result of Sm-Nd isotopic geochemistry in whole rock.

Rock Type	Sample Name	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	X error (%)	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(t=0)}$	Error (ppm)	Epsilon Nd (0)	Epsilon Nd (t)	T_{DM}	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(t)}$	t
Schist	PF-56	6,0330	34,4477	0,105884	0,095346	0,511923	7	-13,9	-7,5	1.57	0,511541	550
	PQX-04	9,7744	60,5844	0,097541	0,103501	0,512005	11	-12,3	-5,3	1.35	0,511653	550
	PU-01	6,9555	40,3153	0,104308	0,096787	0,511984	9	-12,7	-6,2	1.46	0,511608	550
	PQX-02	8,4344	49,6065	0,102796	0,098211	0,512038	8	-11,6	-5,1	1.37	0,511668	550
	PQX-08	6,8023	38,3089	0,107353	0,094042	0,511929	6	-13,8	-7,5	1.58	0,511542	550
Quartzite	PF-29	5,1495	28,4610	0,109389	0,092292	0,511875	8	-14,8	-8,7	1.69	0,511481	550
	PQX-03	0,6099	3,2680	0,112823	0,089482	0,512320	20	-6,2	-0,3	1.09	0,511914	550
Meta-greywacke	PF-24	3,7678	19,0504	0,119577	0,084428	0,512379	28	-5,0	0,3	1.07	0,511948	550

3.5. Detrital Zircon U-Pb ages

Altogether, 239 zircons were analysed from 3 samples of the Arroio Grande Schists and Quartzites. The ages with concordance higher than 95% (144 in total, 51 from sample PF-24, 34 from sample PF-29 and 59 from sample PF-56) were used in the frequency histograms for the detrital zircon ages for each sample (Fig. 5).

The sample PF-24 (metagreywacke) has detrital zircons of Paleoproterozoic ages between Siderian (2.324 Ma) and the Orosirian (1.882 Ma) periods, and presents internal highly diverse textures making it difficult to define a specific group (sectorial, concentric, mixed or convoluted), although the morphology is usually rounded and spheric. The Mesoproterozoic zircons, from Stenian age (1.147 Ma – 1.037 Ma), present main internal texture as concentric and sectorial, and spherical shape and intensely rounded. Regarding the zircons of Neoproterozoic age, the ones from Tonian ages (981 Ma) are represented by grains with concentric textures, low sphericity, intense rounding and recrystallized edges. The ones from Criogenian age (660 Ma) also present concentric patterns, but some have sectorial patterns with intense rounding, and some with angular edges due to fracturing (which is not observed in zircons of previous ages), and low sphericity.

The zircons from sample PF-29 (quartzite), the Paleoproterozoic detrital group are Riacian (2.111 Ma) to Estaterian (1.621), presenting well marked rounded and spherical shapes, and its textural patterns are random (sectorial, concentric). The Mesoproterozoic zircons, from Calimian (1.403 Ma) to Ectasian (1.293 Ma), also present spherical and rounded shape, but with relatively smaller size. The detrital zircons from Neoproterozoic ages (960 Ma – 579 Ma) have prismatic shape, slightly spherical, with clues of fracturing, but all of them with a few characteristics of rounding, with angles between the grain edges.

The sample PF-56 (schist) presents detrital zircons with Paleoproterozoic Orosian age (1.982 Ma), with high level of rounding and sphericity, and variable internal igneous and metamorphic textures. The Mesoproterozoic detrital zircons, from Calimian (1.474 Ma), Ectasian (1.370 Ma – 1.253 Ma) and Estenian (1.148 Ma – 1.058 Ma), present high level of rounding on its edges, but presents low sphericity, with oscillatory textural pattern. The population of detrital zircons of Neoproterozoic age (995 Ma – 548 Ma) present slightly rounded morphology, with textural characteristics such as oscillatory and/or sectorial patterns. The less spherical grains show visible signs of fractures, where the textural patterns are abruptly interrupted.

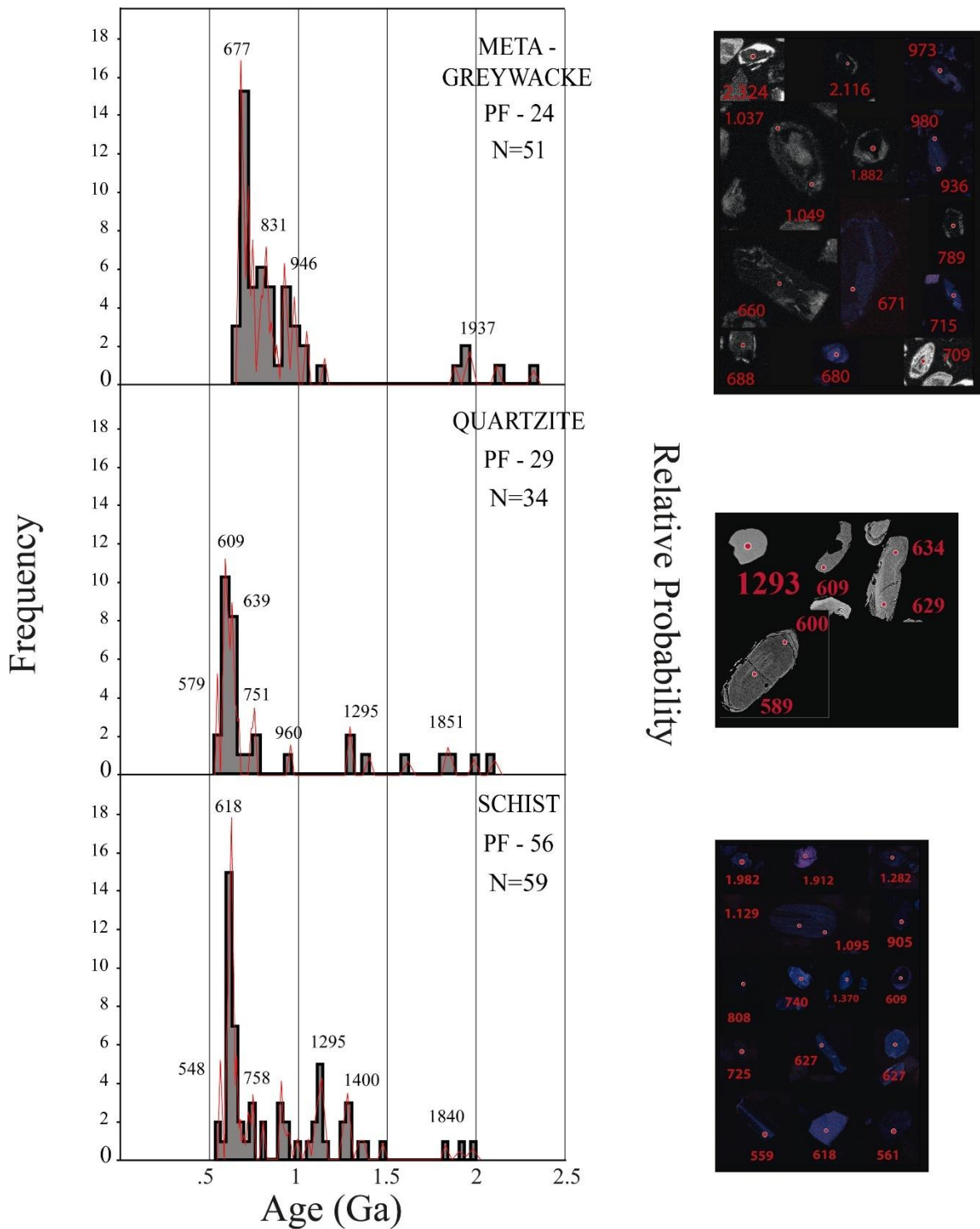


Figure 5. Frequency histogram of $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages of detrital zircons from the samples PF-24 (metagreywacke), PF-29 (quartzite) and PF-56 (schist). The peaks of higher expression match with the age of higher detrital influence (grey peaks) and the relative probability of each age from the analysis error (red peaks).

4. Discussion

4.1. Metasedimentary units from the Arroio Grande Complex

U-Pb isotopic data from detrital zircons shows expressive contribution from ediacaran units for the sedimentation and consequent formation of the Arroio Grande Schists and Quartzites. The metagreywacke, on the other hand, present more complex textures with two mylonitic foliations, marking a first high temperature mylonitization and a second low temperature event, which transposes the first one and is provided by the sedimentation of mainly criogenian units, without the presence of any ediacaran sediments, attested by the U-Pb ages in detrital zircon.

Ramos et al., (2019) discusses, based on petrography and mineral chemistry from metamafic-ultramafic units from the Arroio Grande Complex, that there are two metamorphic events on the region, the event M1, with minimum age of 640 Ma, and M2 with age between 610 – 585 Ma. When observing the U-Pb age histograms from the zircons of the metasedimentary units of Arroio Grande and comparing it to the previously described metamorphic features, due to its older age, the metagreywacke unit shows two metamorphic events, and the Arroio Grande Schists and Quartzites of younger age present only one record of metamorphism. The isotopic data from Sm-Nd ratio in whole rock also show differences mainly between schists and metagreywacke, due to the ϵNd values, between -11 and -13 for schist samples, and -5 to metagreywacke sample (Table 2). This indicates the influence of different source areas for the metagreywacke and schists, and it is highlighted when the values of ϵNd versus T_{DM} are compared (Fig 6.).

Based on these data, we propose that the metagreywacke and schists and quartzites from Arroio Grande are all distinct, having in mind the sedimentary component and the difference of minimum age and frequency peaks of the zircon ages (Fig. 5), as well as the comparison of the ϵNd and T_{DM} values between the units. This interpretation is reinforced when observing the post-sedimentary history in relation to the metamorphism/deformation in which the units were involved.

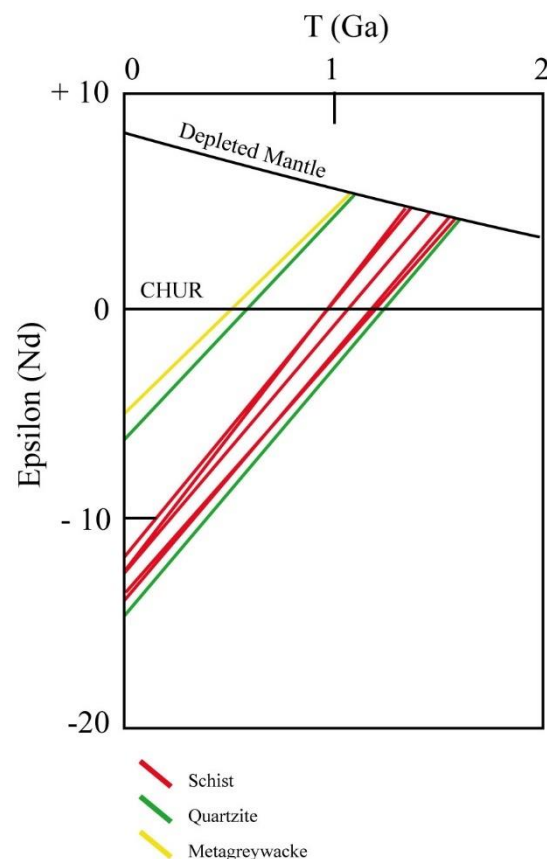


Figure 6. Epsilon (Nd) versus T_{DM} graphic comparing the ϵNd values obtained for the Arroio Grande Schists and Quartzites and the metagreywacke unit.

4.2. Source area and sedimentation setting

The U-Pb results of the detrital zircons of the studied units indicate that the frequency peaks of the histograms reflect the most expressive sedimentary load for each unit, being 670 – 660 Ma for metagreywacke, 640 – 610 Ma for quartzite and 620 – 615 Ma for schist. Based on this information it is possible to infer possible source-areas for those units, considering the topographic factors controlled by the erosion and sedimentation area. The metagreywacke unit has main source-areas probably related to the orogenic event that formed the Piratini Arc (Vieira et al., 2019), due to the high topography that existed on the region during that period. The Piratini Gneisses present crystallization age ~ 780 Ma and metamorphism ~ 660 Ma (Silva et al., 1999; Tambara, 2019), the Arroio Pedrado Gneisses present crystallization age of 680 Ma, and 660 Ma for metamorphism (Vieira et al., 2019) and can be considered as possible sources for the metagreywacke sedimentation. For the Arroio Grande Schists and Quartzites, the main source-areas are related to the Dom Feliciano orogenic event, with units from the Pinheiro Machado Complex (618 Ma U-Pb; Loureiro, 2015) as the main source of sediments of this basin. The younger ages of the detrital zircons were to represent the sediments from the granitic units of Três Figueiras (585 Ma U-Pb; Klein et al., 2018), and Chasqueiro (crystallization age of 574 Ma U-Pb Vieira et al., 2017), for example.

Regarding Sm-Nd ratios, for ϵNd e T_{DM} , it is shown that the sediments which compose the studied rocks came from a crustal source with $\epsilon Nd_{(0)}$ between -11 a - 14, and T_{DM} signatures between 1,0 Ga and 1,6 Ga (Fig 6). Based on compararisions of those parameters with a few units that probably were the source of the sediments, a graphic was made with ϵNd versus time, where the Arroio Grande Schists and Quartzites resembles the data from Pinheiro Machado Complex, with $\epsilon Nd_{(0)}$ between -11 and -14, and T_{DM} between 1,3 and 1,7 Ga (Loureiro et al., 2015) in the east part of DFB as well as the values for the Arroio Pedrado Gneiss with $\epsilon Nd_{(0)}$ between -10 and -13, and T_{DM} between 1,4 and 1,6 Ga (Vieira et al., 2019), and Chácara das Pedras Gneiss with $\epsilon Nd_{(0)}$ between -13 and - 15, and T_{DM} between 1,7 and 1,9 Ga (Koester et al., 2016).

Bhatia (1983) describes the relation between the major elements of a sedimentary unit to infer the sort of provenance, as well as the geotectonic setting of the sedimentary basin. The author concludes that sediments derived from an ocean island arc (volcanic arc separating the fore-arc basin from a back-arc basin and with sedimentation of mainly calcic-alkaline or tholeiitic rocks) present high TiO, Al₂O₃, Na₂O e Fe₂O₃, and low de SiO₂ e K₂O. For sediments that derive from continental island arc (sedimentation on fore-arc, back-arc and inter-arc settings, with main origin related to felsic volcanic rocks), a wider representativity is noted, with SiO₂ and K₂O, K₂O/Na₂O between 0,6 and lower in Fe₂O₃ + MgO (when compared to ocean arc sediments). In an active continental margin (sedimentary basins related to the andean-type orogeny or basins related to a transcurrent setting, and sediments from granitic-gneissic rocks and siliceous volcanic), the sediments present high SiO₂ and K₂O, and K₂O/Na₂O of 1. A passive margin setting (maturated sedimentation based on recycling of sedimentary and metamorphic units that are old and within intracratonic basins), shows wider representativity only of SiO₂, K₂O/Na₂O bigger than 1, and narrower in representativity of TiO, Al₂O₃, Na₂O and CaO. Associated to this idea, it is possible to suggest that the sedimentation of the Arroio Grande Schists, Quartzite and metagreywacke took place in an arc of oceanic or continental origin (or tectonically active) (Fig. 7). Another possibility is that the Arroio Grande Schists and Quartzites could represent a tectonic melange related to strike-slip deformation (Festa et al., 2010).

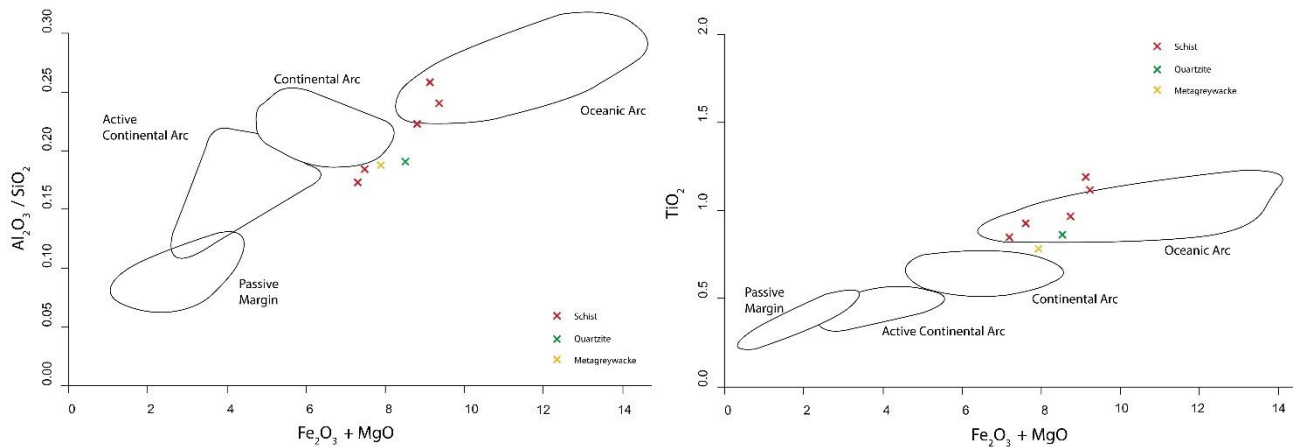


Figure 7. Graphic of $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ versus $(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2)$ and (TiO_2) , where these elements reproduce the origin and setting of sedimentation for the sedimentary units (Bhatia, 1983). The results show a possible arc tectonic setting for the Arroio Grande Schists and Quartzites and the metagreywacke unit, based on the relation between major elements of the sedimentary units.

4.3. Metasedimentary units of the Cuchilla Dionisio – Pelotas Terrane

Observing the U-Pb age data in detrital zircons of the metasedimentary units of the eastern portion of the Dom Feliciano Belt, it is possible to distinguish the units according to the younger age of each one and then relate with the major events that took place in the same period on the region (Fig. 8). The metagreywacke unit has the older minimum deposition age (660 Ma of the youngest zircon). Cruz (2019) presents the minimum provenance age of 636 Ma for the Arroio Telho Complex, 613 Ma for the Guarda Nova Complex (youngest zircon) and for the metasedimentary unit Arroio Grande, based on U-Pb in detrital zircon, younger age of 668 Ma. In this study, an age of 548 Ma was obtained for the Arroio Grande Schists and Quartzites. With that, it is possible to distinguish two groups of Neoproterozoic basins, the first one of criogenian age (composed by the metagreywacke unit and Arroio Telho Complex) and the second one, of ediacaran age, composed by the Guarda Nova Complex and Arroio Grande Schists and Quartzites).

From the model proposed by Ramos et al., (2017) for the geotectonic evolution of the Western Domain of the Dom Feliciano Belt, it is possible to insert the metasedimentary units to each stage. The metagreywacke unit and the metasedimentary units of the Arroio Telho Complex are related to the closure stage of the Marmora Basin (between 700 – 600 Ma) with deposition of derived from the Piratini Arc (Vieira et al., 2019). The Arroio Grande Schists and Quartzites and the Guarda Nova Complex could also be related to the final stages/post-closure (amalgamation) between the Cuchilla Dionisio – Pelotas Terrane and the Namaqua Belt (between 600 – 500 Ma). It's debatable the possibility that the siliciclastic metasedimentary units presented on this study represent an only basin initiated in 660 Ma and closed in 548 Ma, or that the both groups (criogenian and ediacaran sedimentation) represent an only criogenian basin and an only ediacaran basin, but no data was obtained that could further help the development of this discussion. At first sight it is tried to obtain bigger and better data quantity in the field, in thin section description and in geochemical data (major and trace elements, whole-rock Sm-Nd and U-Pb dating in detrital zircon), so it's possible to help further discussions about the geotectonic setting of the region. The Arroio Grande Complex is already correlated to an ophiolitic unit in Uruguay, where there're Neoproterozoic metasedimentary units (Paso del Dragon Complex – La Micaela Schists; Peel, 2018) and Namibia (Marmora Terrane – Oranjemund Terrane; Basei et al., 2005). Therefore, the possibility for new studies to complement the Neoproterozoic sedimentary history of Gondwana are necessary.

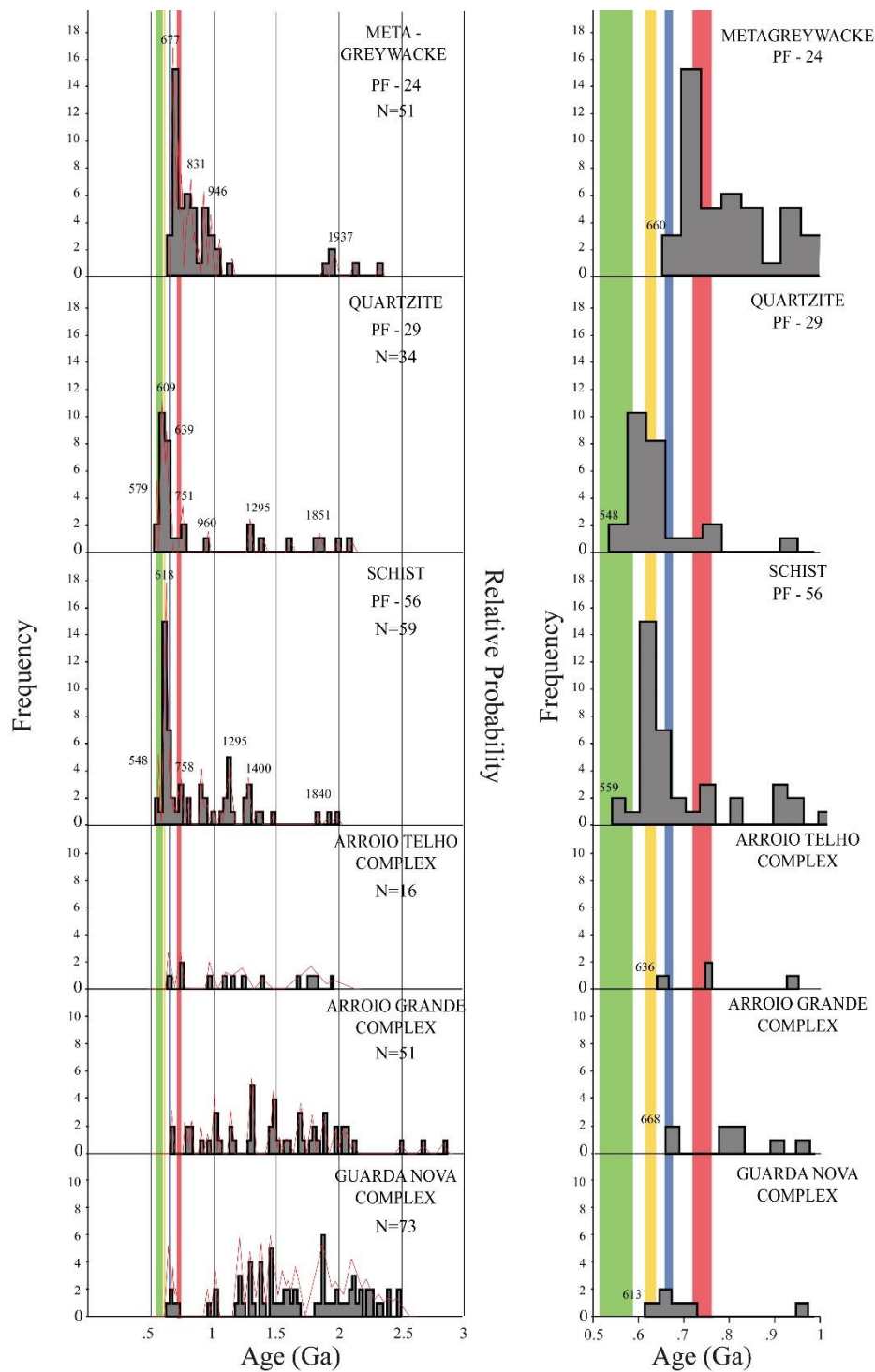


Figure 8. Age frequency histograms of U-Pb dating of detrital zircons. In the left, complete histogram of the studied units in this paper (schist, quartzite and metagreywacke) and histograms made based on data provided by Iglesias (2018) about the Arroio Telho Complex, and provided by Cruz (2019) about the Arroio Grande Complex and Guarda Nova Complex. In the right, and horizontal increase between 0.5 and 1 Ga, to highlight Brasiliano events. Marked in red, the period that represents the magmatic event of the Piratini Arc. Marked in blue, the period representing the continental collision metamorphic event. In yellow, magmatic period related to the DFB and Pinheiro Machado Complex. Marked in green, the period that represents a late-orogenic magmatism (Três Figueiras Granite, Chasqueiro Granite and Dom Feliciano Suite).

5. Conclusion

Based on the results presented on this paper, it is proposed that:

- The Arroio Grande Schists and Quartzites are defined as a metasedimentary unit with greenschist facies metamorphism, with medium- to low-temperature mylonitization (300 – 400°C) and main deposition age as ediacaran, with maximum age of 548 Ma (younger zircon found);
- The metagreywacke is under greenschist-amphibolite facies metamorphism, with mylonitization record in two steps, the first one in high temperature (500 – 700 °C), and the second one of medium temperature (400 – 500 °C), with deposition ages predominantly criogenian, and maximum age of 660 Ma (youngest zircon found);
- The Arroio Grande Schists and Quartzites and the metagreywacke belong to distinct depositional stages of the evolution of the eastern Dom Feliciano Belt, based on characteristics observed in petrography and geochemical data;
- The metagreywacke unit is the older siliciclastic metasedimentary unit found in the southeastern Dom Feliciano Belt, until this date;
- The Arroio Grande Schists and Quartzites are the youngest metasedimentary units found in the southeastern Dom Feliciano Belt, until this date.

Acknowledgements

The authors thank the editor M. Santosh and reviewers for their insightful comments and suggestions on the manuscript; to CPGq- UFRGS and AIR - UFOP for providing geochemical and geochronology analysis; to Taís Fontes Pinto and Daniel Grings Cedeño for providing language help.

6. References

- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito-Neves, B.B. & Fuck, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Science Review*, 17: 1-29.
- 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.
- Basei, M.A.S., Siga Jr. O., Masquelin, H., Harara, O. M., Reis Neta, J.M. & Preciozzi, F. 2000. The Dom Feliciano Belt of Brazil and Uruguay and its Foreland Domain, the Rio de la Plata Craton, framework, tectonic evolution and correlation with similar provinces of Southwestern Africa. *In: Cordani, U., Milani, E.J. & Campos, D.A. (Org.). Tectonic Evolution of South American Platform*. Rio de Janeiro, SBG, v. 1, p. 311-334.
- 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 – evidence from a reconnaissance provenance study. *Precambrian Research*, 139: 195-221.
- Basei, M.A.S., Peel, E., Sánchez-Betucci, L., Preciozzi, F. & Nutman, A. 2011. The basement of the Punta del Este Terrane (Uruguay): an African Mesoproterozoic fragment at the eastern border of the South American Río de La Plata craton. *International Journal of Earth Sciences*, 100: 289-304.
- Bhatia, M. R. 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstone. *The Journal of Geology*, 91, No. 6, pp. 611-627.
- Beloni, M.S., Porcher, C.C., Koester, E., Ramos, R.C., Lana, C., Wegner, A.C. 2016. Caracterização U/Pb de zircão detrítico e geoquímica isotópica (Sm/Nd) em rocha-total dos xistos e quartzitos de Arroio Grande – RS. *In: XLVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, Anais*.
- 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): 186-189.
- Bitencourt, M.F. 1983. Metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS - Geologia e relações com o corpo granítico. In: I Simpósio Sul-brasileiro de Geologia, 1983, Porto Alegre. Atas do I Simpósio Sul-brasileiro de Geologia. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1983. v. 1. p. 34-38.
- Blanco, G., Rajesh, H.M., Gaucher, C. & Chemale Jr., F. 2011. Provenance of the Arroyo del Soldado Group (Ediacaran to Cambrian, Uruguay): implications for the paleogeographic evolution of southwestern Gondwana. *Precambrian Research*, 171(1/4): 57-73.
- Bossi, J. & Gaucher, C. 2004. The Cuchilla Dionisio Terrane, Uruguay: An allochthonous block accreted in the Cambrian to SW-Gondwana. *Gondwana Research*, 7(3): 661-674.
- Brito-Neves, B.B., Fuck, R.A. & Pimentel, M.M. 2014. The Brasiliano collage in South America: a review. *Brazilian Journal of Geology*, 44(3): 493-518.
- Chemale Jr., F. 2000. Evolução geológica do Escudo Sul-Rio-Grandense. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (Eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, edição CIGO/UFRGS, p. 13-52.
- Cruz, R.F., Iglesias, C.M.F., Camozzato, E. 2016. Mapeamento geológico do sudeste do Rio Grande do Sul, descrição de novas unidades geológicas em novo domínio geotectônico no extremo sul do estado. In: XLVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, Resumos.
- 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. Porto Alegre: CPRM, 2019. 173 p.: il. color.
- DePaolo, D.J. 1981. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, California, *J. Geophys. Res.*, 86(B11), 10470–10488
- Farina, F., Albert, C., Lana, C., 2015. The Neoproterozoic transition between medium- and high-K granitoids: Clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). *Precambrian Research*, v. 266, p. 375-394, 2015
- Fedo, C. M., Sircombe, K., Rainbird, R., 2003. Detrital zircon analysis of the sedimentary record. In: Hanchar, Jonh M. & Hoskin, Paul W. O.; *Zircon: Reviews in mineralogy & geochemistry*. V. 53; cap 10.
- Fernandes, L.A.D., Menegat, R., Costa, A.F.U., Koester, E., Porcher, C.C., Tommasi, A., Kraemer, G., Ramgrab, G.R. & Camozzato, E. 1995a. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sulriograndense: Parte II – Uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 351-374.
- Fernandes, L.A.D., Menegat, R., Costa, A.F.U., Koester, E., Porcher, C.C., Tommasi, A., Kraemer, G., Ramgrab, G.R. & Camozzato, E. 1995b. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sulriograndense: Parte II – Uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 375-384.
- Festa, A., Pini, G.A., Dilek, Y., Codegone G. 2010. Mélange and mélange-forming process: a historical overview and new concepts. *International Geology Review*, 52 (2010), pp. 1040-1105
- Fragoso-César, A.R.S.; Figueiredo, M.C.H.; Soliani Jr., E.; Faccini, U.F. 1986. O Batólito Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, 1986, Goiânia. Anais. Goiânia, SBG, v. 3, p. 1322-1343.
- Fragoso-César, A.R.S. Tectônica de placas no Ciclo Brasiliano: as orogenias dos cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul. 1991. 362 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- Frimmel, H.E., Basei, M.A.S. & Gaucher, C. 2011. Neoproterozoic geodynamic evolution of SW Gondwana: a southern African perspective. *International Journal of Earth Sciences*, 100: 323-354.
- Gaucher, C., Frimmel, H.E. & Germs, G.J.B. 2009. Tectonic events and palaeogeographic evolution of Southern Gondwana in the Neoproterozoic and Cambrian. In: Gaucher, C., Sial, A.N., Halverson, G.P. & Frimmel, H.E. (Eds.). *Neoproterozoic-Cambrian tectonics, global change and evolution: a focus on southwestern Gondwana*. Elsevier, *Developments in Precambrian Geology*, 16: 295-316.
- Gehrels, G., 2014, Detrital Zircon U-Pb Geochronology Applied to Tectonics. *The Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2014. 42: p 127-149.

- Gerhard, N.P. 2015. Aspectos de campo e petrográficos das intrusões máficas e félsicas nos Mármore Matarazzo, sudeste do Cinturão Dom Feliciano, RS. Monografia de Graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 63p.
- Gray, D.R., Foster, D.A., Meert, J.G., Goescombe, B.D., Armstrong, R., Trouw, R.A.J. & Passchier, C.W. 2008. A Damara orogen perspective on the assembly of southwestern Gondwana. *In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito-Neves, B.B. & De Wit, M.J. (Eds.). West Gondwana: Pre-Cenozoic correlations across the South Atlantic Region. Geological Society of London, Special Publication, 294: 257-278.*
- Gruber, L., Porcher, C.C., Koester, E., Bertotti, A.L., Lenz, C., Fernandes, L.A.D. & Remus, M.V.D. 2016. Isotope geochemistry and geochronology of syn-depositional volcanism in Porongos Metamorphic Complex, Santana da Boa Vista Antiform, Dom Feliciano Belt, Brazil: onset of an 800 Ma continental arc. *Journal of Sedimentary Environments, 1(2): 202-221.*
- Hartmann, L.A., Chemale Jr., F., Philipp, R.P. 2007. Evolução geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano. *In: Ianuzzi, R.; Frantz, J.C. (Eds.). 50 Anos de Geologia: Instituto de Geociências. Contribuições. Porto Alegre, Comunicação e Identidade, p. 97-123.*
- Hartmann, L.A., Lopes, W.R., Savian, J.F. 2016. Integrated evaluation of the geology, aerogamaspectrometry and aeromagnetometry of the Sul-Riograndense Shield, southernmost Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences, 88(1): 75-92.*
- Höfig, D.F., Marques, J.C., Basei, M.A.S., Giusti, R.O., Kohlrausch, C., Frantz, J.C., 2018. Detrital zircon geochronology (U-Pb LA-ICP-MS) of syn-orogenic basins in SW Gondwana: new insights into the Cryogenian-Ediacaran of porongos complex, Dom Feliciano belt, southern Brazil. *Precambrian Res. 306, 189–208.*
- Iglesias, C. M. F. Geologia e recursos minerais da Folha Passo São Diogo, SH.22-Y-C-IV: Escala 1:100.000, estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2018.
- Ingersoll, R. V. (2011) Tectonics of Sedimentary Basins, with Revised Nomenclature, in Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances (eds C. Busby and A. Azor), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9781444347166.ch1
- Klein, F. G., Koester, E., Vieira, D. T., Porcher, C. C., Ramos, R. C. & Philipp, R. P. Geologia do Granito Três Figueiras: magmatismo peraluminoso de 585 Ma no sudeste do Cinturão Dom Feliciano. *Pesquisas em Geociências*, submetido.
- 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, 68: 155-166.*
- Lenz, C., Porcher, C. C., Fernandes, L. A. D., Masquelin, H., Koester, E. & Conceição, R. V. 2013. Geochemistry of the Neoproterozoic (800-767 Ma) Cerro Bori orthogneisses, Dom Feliciano Belt in Uruguay: tectonic evolution of an ancient continental arc. *Mineralogy and Petrology, 107(5): 785-806.*
- Lopes C. G., Pimentel, M. M. Philipp, R. P., Gruber, L., Armstrong, R., Junges, S. L., 2015 Provenance of the Passo Feio complex, São Gabriel terrane, Dom Feliciano belt, southern Brazil, implications for the tectonic setting of deposition, age of the São Gabriel Arc and origin of Paleoproterozoic detrital zircons (3.3-3.63 Ga). *Journal South America Earth Science., 58 (2015), pp. 9-17.*
- Loureiro, P., Koester, E., Weinberg, R. F., Porcher, C. C., Pimentel, M. M., Knijnik, D. Magmatic Evolution Of Pinheiro Machado Complex In Monte Bonito Region, Southern, Brazil. *In: The 8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks, 2015, Florianópolis SC. Books of Abstracts p. 125.*
- Ludwig, K. R., 2012. Programa IsoplotEx 4. Berkeley Geochronology Center. Disponível em: http://www.bgc.org/isoplot_etc/isoplot.html. Acesso em novembro de 2015.
- Machado, R., Philipp, R. P. & Mello, F. 1995. Reconhecimento de zonas de cisalhamento dúcteis de alto ângulo com cinemática superposta na extremidade sul do Batólito Pelotas, RS. *In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 5, 1995, Gramado. Boletim de Resumos Expandidos, p. 52-53.*

- Marsaglia, K. M. (2011) Sedimentation at Plate Boundaries in Transition, in *Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances* (eds C. Busby and A. Azor), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9781444347166.ch14
- 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: 1161-1183.
- Neis, L. P. 2017. *Aplicação da razão $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ e geoquímica em mármore do Escudo Sulriograndense*. Porto Alegre, 80p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Passchier, C. W., Trouw, R. A. J. 2005. *Microtectonics*. 2 ed. Springer, Alemanha.
- Passchier, C., Trouw, R., Schmitt, R.S. 2016. How to make a transverse triple junction - New evidence for the assemblage of Gondwana along the Kaoko-Damara belts, Namibia. *Geology*, October 2016; v. 44; no. 10; p. 843–846.
- Peel, E., Sánchez-Bettucci, L., Basei, M.A.S., 2018. Geology and geochronology of Paso del Dragón Complex (northeastern Uruguay): implications on the evolution of the Dom Feliciano Belt (Western Gondwana). *J. South Am. Earth Sci.* 85, 250–262.
- Philipp, R. P., Machado, R., Nardi, L. V. S., Lafon, J. M., 2002. O magmatismo granítico Neoproterozóico do Batólito Pelotas no sul do Brasil: novos dados e revisão de geocronologia regional. *Rev. Bras. Geociências* 32 (2), 277–290.
- Philipp, R. P. & Machado, R. 2002. Ocorrência e significado dos septos do embasamento encontrados nas suítes graníticas do Batólito Pelotas, RS, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 29(1): 43-60.
- 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(1): 83-104.
- 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.
- Ramos, R. C.; Koester, E. 2013. O Complexo Ofiolítico Arroio Grande, sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense. In: VIII Simpósio Sul-brasileiro de Geologia, Porto Alegre, Resumos
- Ramos, R. C. & Koester, E. 2015. Litho-geochemistry of the meta-igneous units from Arroio Grande Ophiolitic Complex, southernmost Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 45(1): 65-78.
- Ramos, R. C., Koester, E. & Porcher, C. C. 2017. Chemistry of chromites from Arroio Grande Ophiolite (Dom Feliciano Belt, Brazil) and their possible connection with the Nama Group (Namibia). *Journal of South American Earth Sciences*, 80:192-206.
- Ramos, R. C., Koester, E., Vieira, D. T., Porcher, C. C., Gezatt, J. N. & Silveira, R. L. 2018. Insights on the evolution the Arroio Grande Ophiolite (Dom Feliciano Belt, Brazil) from Rb-Sr and SHRIMP U-Pb isotopic geochemistry. *J. South Am. Earth Sci.*, 86 (2018), pp. 38-53
- Ramos, R. C., Koester, E., Vieira, D. T. 2019. Plagioclase-hornblende geothermobarometry of metamafites from the Arroio Grande Ophiolite, Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol: 95, Page: 102262. 2019
- Remus, M. V. D., McNaughton, N. J., Hartmann, L. A., Koppe, J. C., Fletcher, I. R., Groves, D. I., Pinto, V. M. 1999. Gold in the Proterozoic juvenile Bossoroca Volcanic Arc of southernmost Brazil: isotopic constraints on timing and sources. *Journal of South American Earth Sciences*, 12: 349-366.
- Saalmann, K., Remus, M. V. D., Hartmann, L. A. 2006. Structural evolution and tectonic setting of the Porongos belt, southern Brazil. *Geological Magazine*, 143(1): 59-88.
- 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.
- Santos, J. O. S., Chernicoff, C. J., Zappettini, E. O., McNaughton, N. J. & Hartmann, L. A. 2017. Large geographic and temporal extensions of the Río de la Plata Craton, South America, and its metacratonic eastern margin. *International Geology Review*,
- Silva, L. C. 1999. Geocronologia U-Pb SHRIMP e Sm-Nd na Província Mantiqueira meridional, no

Cinturão Saldania (África do Sul) e a evolução do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 243p.

Silva, L. C., McNaughton, N. J., Armstrong, R., Hartmann, L. A., Fletcher, I. R. 2005a. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U-Pb geochronologic subdivision for the Brasileiro/Pan-African systems of orogens. *Precambrian Research*, 136: 203-240.

Soliani Jr., E., 1986. Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica. PhD thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 425.

Stipp, M., Holger, S., Renée, H., Stefan, M. S. 2002. *The eastern Tonale fault zone: a 'natural laboratory' for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range of 250 to 700°C. Journal of Structural Geology*, 24: 1861–1884.

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

Van Achterbergh, E., Ryan, C. G., Jackson, S. E., Griffin, W. L. (2001). Data reduction software for LA-ICP-MS: appendix. In: P. J. Sylvester (Ed.), *Laser Ablation-ICP Mass Spectrometry in the Earth Sciences: Principles and Applications* (vol. 29, 239-243). Ottawa: Mineralog. Assoc. Canada (MAC) Short Course Series.

Vieira, D. T., Koester, E., Porcher, C. C., 2016a. Magmatismo Neoproterozoico (680 Ma) no sudeste do Escudo Sul-RioGrandense: U-Pb e Lu-Hf LA-MC-ICP-MS em zircão. In: 48th Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre. Proceedings, ID 8889.

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*, Volume 95, 2019.

COMPLEMENTOS:

A) TABELA DE DADOS DE ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS

	Arroio Grande									
	Xistos					Quartzitos				Metagrauvaca
	PF-56 LAB421	PQX – 04 LAB431	PU – 01 LAB432	PQX – 02 LAB433	PQX – 08 LAB435	PF - 29 LAB424	PU – 34 LAB426	PQX – 05 LAB428	PQX – 03 LAB434	PF – 24 LAB427
SiO₂	73,46	72,39	66,54	67,74	65,25	72,44	98,94	98,85	96,51	71,64
Al₂O₃	12,20	12,74	16,03	15,54	16,77	12,97	0,31	0,26	1,81	12,70
TiO₂	0,86	0,94	1,07	0,98	1,15	0,85	0,01	nd	0,04	0,70
Fe₂O₃	5,89	6,36	8,13	7,33	7,61	6,76	nd	nd	0,51	5,53
MnO	0,07	0,06	0,02	0,03	0,02	0,15	nd	nd	nd	0,09
MgO	1,47	1,35	1,30	1,28	1,55	1,46	nd	nd	nd	2,42
CaO	0,74	0,56	nd	nd	nd	0,84	nd	nd	nd	2,18
Na₂O	0,51	0,26	nd	nd	nd	1,18	nd	nd	nd	1,91
K₂O	2,98	2,74	2,73	3,89	2,88	2,05	nd	nd	0,23	2,00
P₂O₅	0,09	0,06	0,02	0,02	0,04	0,10	nd	nd	nd	0,12
LOI	2,04	2,98	4,97	4,24	5,67	1,61	0,16	0,21	0,90	0,98
Total	100,31	100,44	100,79	101,05	100,93	100,40	99,42	99,33	100,00	100,26
Y	54,6	68,9	90,7	68,8	62,6	51,4	0,1	0,1	2,6	29,4
Pb	11,7	11,1	12,3	11,1	12,8	22,7	1,9	1,9	0,7	18,8
Ni	18,8	19,2	46,0	19,3	25,9	21,5	nd	nd	1,2	27,1
Co	31,7	34,8	42,7	38,1	41,0	33,4	nd	nd	2,3	28,0
Cu	11,5	3,5	47,7	69,1	69,1	7,6	2,3	nd	1,6	31,4
Ga	12,3	15,3	96,5	20,3	20,3	13,7	1,8	nd	1,3	10,8
Sr	94,2	76,9	20,0	15,5	15,5	140,2	0,3	0,3	0,8	202,9
Zr	183,3	203,6	178,1	201,5	201,5	192,3	2,8	2,8	14,3	131,7
Zn	74,5	85,6	120,5	110,4	110,4	73,8	20,9	10,1	15,6	75,5
Nb	17,0	21,4	24,1	26,3	26,3	17,0	nd	nd	nd	8,5
Rb	228,6	223,8	428,3	206,8	206,8	153,6	nd	nd	nd	77,4
As	6,9	8,3	9,5	8,9	8,9	11,6	0,9	0,7	1,2	8,8
Cr	111,2	95,4	292,4	133,4	133,4	93,2	nd	76,7	1,0	133,1
Ba	512,0	553,9	523,4	564,7	564,7	374,1	nd	nd	17,9	405,5

B) TABELA DE DADOS DE Sm/Nd EM ROCHA-TOTAL

Rock Type	Lab Name	Sm (ppm)	Nd (ppm)	147Sm/144Nd	Erro de X (%)	143Nd/144Nd _(t=0)	erro (ppm)	Epsilon Nd (0)	Epsilon Nd (t)	T _{DM}	143Nd/144Nd _(t)	t
Xisto	PF-56	6,0330	34,4477	0,105884	0,095346	0,511923	7	-13,951707	-7,578501	1574,100126	0,511541	550
	PQX-04	9,7744	60,5844	0,097541	0,103501	0,512005	11	-12,351453	-5,388762	1355,76935	0,511653	550
	PU-01	6,9555	40,3153	0,104308	0,096787	0,511984	9	-12,765512	-6,279699	1467,760798	0,511608	550
	PQX-02	8,4344	49,6065	0,102796	0,098211	0,512038	8	-11,695821	-5,102073	1373,619336	0,511668	550
	PQX-08	6,8023	38,3089	0,107353	0,094042	0,511929	6	-13,829667	-7,559658	1586,801539	0,511542	550
Quartzito	PF-29	5,1495	28,4610	0,109389	0,092292	0,511875	8	-14,887694	-8,762438	1696,344578	0,511481	550
	PQX-03	0,6099	3,2680	0,112823	0,089482	0,512320	20	-6,200659	-0,305101	1090,539112	0,511914	550
Metagravaca	PF-24	3,7678	19,0504	0,119577	0,084428	0,512379	28	-5,054438	0,367260	1074,123297	0,511948	550

PF – 29 (QUARTZITO)

	Pb206*	Pb207*	Th/U	207/206	1s	206/238	1s	207/235	1s	206/207		206/238		207/235	208/232	Conc	207/235	206/238	RHO				
5.sSMPABC121	43939.78381	2517.934417	0,083208449	0,06387	0,00106	0,12541	0,0011	1,1044	0,01671	737,3283071	34,64	761,6	6,3	755,5	8,06	657,2	15,83	100,8009454	1,1044	0,01671	0,12541	0,0011	0,579709564
5.sSMPABC109	11379	686	0,418461238	0,05955	0,00229	0,09758	0,00116	0,80114	0,02979	587,2627362	81,36	600,2	6,81	597,5	16,79	608,7	13,34	100,44985	0,80114	0,02979	0,09758	0,00116	0,319694444
5.sSMPABC073	37077,6889	2298,751277	0,310351029	0,06115	0,00116	0,10595	0,00103	0,8933	0,01583	644,5144611	40,1	649,2	6,01	648,1	8,49	556,5	7,06	100,1694393	0,8933	0,01583	0,10595	0,00103	0,548596058
5.sSMPABC101	44776	2754	0,234188981	0,05951	0,00123	0,09569	0,00097	0,78549	0,01544	585,8046587	44,36	589,1	5,73	588,6	8,78	502,9	8	100,0848752	0,78549	0,01544	0,09569	0,00097	0,515701678
5.sSMPABC060	260080	29661	0,060493574	0,11251	0,00127	0,33051	0,00283	5,12648	0,04992	1840,350037	20,25	1840,9	13,73	1840,5	8,27	1617,5	18,21	100,0217285	5,12648	0,04992	0,33051	0,00283	0,879319131
5.sSMPABC018	68061	5857	0,155347314	0,08456	0,00098	0,22292	0,00184	2,59874	0,02553	1305,46764	22,4	1297,3	9,71	1300,3	7,2	1108,5	10,12	99,76875048	2,59874	0,02553	0,22292	0,00184	0,840196378
5.sSMPABC090	38746	5201	0,170410664	0,13214	0,00235	0,38763	0,00389	7,06346	0,11464	2126,597795	30,79	2111,8	18,05	2119,5	14,44	1869,3	41,69	99,63538214	7,06346	0,11464	0,38763	0,00389	0,61832034
5.sSMPABC013	19045,40236	1142,960224	0,231161594	0,06492	0,00127	0,1241	0,00118	1,11068	0,02027	771,7448728	40,72	754,1	6,76	758,5	9,75	621,8	10,41	99,41652301	1,11068	0,02027	0,1241	0,00118	0,521009244
5.sSMPABC058	123650	10639	0,163265779	0,08522	0,00166	0,22219	0,00214	2,61063	0,04699	1320,549307	37,37	1293,4	11,3	1303,6	13,21	1054,3	31,81	99,21138086	2,61063	0,04699	0,22219	0,00214	0,535092845
5.sSMPABC069	15762,53568	1005,057175	0,620477081	0,07201	0,00137	0,1607	0,0015	1,59569	0,02816	986,2231687	38,33	960,7	8,33	968,5	11,02	869,3	8,86	99,18809202	1,59569	0,02816	0,1607	0,0015	0,528921542
5.sSMPABC116	25905	1603	0,425121797	0,06101	0,00123	0,09906	0,00092	0,83341	0,01572	639,5866192	42,89	608,9	5,38	615,5	8,71	518,3	6,52	98,91607817	0,83341	0,01572	0,09906	0,00092	0,492374632
5.sSMPABC070	3398,260684	143,8479147	0,757322306	0,06117	0,00369	0,09917	0,0015	0,8363	0,04934	645,2171889	124,73	609,5	8,8	617,1	27,28	622,7	13,8	98,75307629	0,8363	0,04934	0,09917	0,0015	0,256373952
5.sSMPABC114	18932	1753	0,296852135	0,09126	0,00223	0,24322	0,0027	3,06053	0,07023	1452,03375	45,85	1403,4	14,03	1422,9	17,56	1137,6	27,69	98,61051732	3,06053	0,07023	0,24322	0,0027	0,483769465
5.sSMPABC068	61089	3658	0,489283959	0,05889	0,00087	0,09207	0,00078	0,74746	0,0098	563,0318537	31,46	567,7	4,58	566,8	5,69	502,8	3,94	100,1585344	0,74746	0,0098	0,09207	0,00078	0,646157427
5.sSMPABC094	46194	2955	0,00583517	0,06269	0,0011	0,1044	0,001	0,90254	0,01482	697,731508	37	640,2	5,82	653,1	7,91	2612,8	117,56	97,98500469	0,90254	0,01482	0,1044	0,001	0,583334626
5.sSMPABC088	7071	439	0,948326846	0,06134	0,00187	0,09645	0,00102	0,81576	0,02394	651,1778203	64,12	593,6	5,97	605,7	13,39	531,8	5,9	97,9615903	0,81576	0,02394	0,09645	0,00102	0,360359686
5.sSMPABC075	48187	5121	0,446044117	0,10421	0,00298	0,28591	0,00384	4,10237	0,11052	1700,415248	51,7	1621,1	19,27	1654,8	21,99	1515,2	35,33	97,92116464	4,10237	0,11052	0,28591	0,00384	0,498535203
5.sSMPABC123	36222	2203	0,469849286	0,06107	0,00135	0,0938	0,00093	0,78985	0,01645	641,7004285	46,77	578	5,48	591,1	9,33	546,5	6,76	97,73356401	0,78985	0,01645	0,0938	0,00093	0,476056863
5.sSMPABC023	41737	2658	0,277481254	0,06263	0,00084	0,1024	0,00086	0,88418	0,01046	695,6913143	28,38	628,5	5,02	643,2	5,64	539,9	4,67	97,66109785	0,88418	0,01046	0,1024	0,00086	0,709916871
5.sSMPABC097	3814,360315	58,19582061	0,548205184	0,06184	0,00242	0,09651	0,00109	0,82295	0,03132	668,5801253	81,52	593,9	6,4	609,7	17,44	493,3	9,49	97,33961946	0,82295	0,03132	0,09651	0,00109	0,296760353
5.sSMPABC111	41183	2638	0,136722403	0,06292	0,00105	0,10265	0,00095	0,89076	0,01376	705,5279167	34,96	629,9	5,57	646,8	7,39	537,4	8,82	97,31703445	0,89076	0,01376	0,10265	0,00095	0,599110491
5.sSMPABC101	57581,95624	2997,131925	0,197541138	0,05884	0,00103	0,09094	0,00086	0,73772	0,012	561,1810592	37,62	561,1	5,08	561,1	7,01	517	7	100	0,73772	0,012	0,09094	0,00086	0,5813716
5.sSMPABC015	27947	3735	0,311849914	0,13073	0,00181	0,36305	0,00337	6,54276	0,08026	2107,793833	24,03	1996,6	15,95	2051,7	10,8	1740,8	20,74	97,24030852	6,54276	0,08026	0,36305	0,00337	0,756702719
5.sSMPABC093	31042	3809	0,930692438	0,12098	0,0019	0,33477	0,00334	5,58473	0,0805	1970,727643	27,76	1861,5	16,11	1913,7	12,41	1572,7	13,88	97,19580983	5,58473	0,0805	0,33477	0,00334	0,692159582
5.sSMPABC014	33732	2299	0,324422119	0,06674	0,00102	0,12167	0,00108	1,11952	0,01543	829,6704659	31,47	740,2	6,2	762,7	7,39	628,1	6,29	96,96028101	1,11952	0,01543	0,12167	0,00108	0,644030119
5.sSMPABC072	17152	1105	0,105722688	0,06346	0,00128	0,10348	0,00096	0,90552	0,01698	723,682533	42,17	634,8	5,64	654,7	9,05	582,5	16,19	96,86515438	0,90552	0,01698	0,10348	0,00096	0,494737892
5.sSMPABC096	16208	1018	0,276054406	0,06228	0,00169	0,09599	0,00105	0,82425	0,02126	683,7373716	56,76	590,8	6,16	610,4	11,83	530,7	10,79	96,68246445	0,82425	0,02126	0,09599	0,00105	0,424090948
5.sSMPABC038	6965	444	0,876615321	0,06267	0,00329	0,09642	0,00159	0,83275	0,04208	697,0517363	107,96	593,4	9,33	615,1	23,31	492,5	11,81	96,34310752	0,83275	0,04208	0,09642	0,00159	0,326338947
5.sSMPABC027	24259,91716	1121,814309	0,268203054	0,06364	0,00207	0,102	0,00127	0,89494	0,02767	729,6879171	67,31	626,1	7,43	649	14,82	482,5	13,53	96,34243731	0,89494	0,02767	0,102	0,00127	0,402706194
5.sSMPABC081	42485	2739	0,397171418	0,0635	0,00083	0,10059	0,00086	0,8808	0,01022	725,0190416	27,54	617,9	5,04	641,4	5,52	549,2	3,79	96,1967956	0,8808	0,01022	0,10059	0,00086	0,736834672
5.sSMPABC100	3584	178	0,381272165	0,04919	0,00478	0,10149	0,0002	0,07111	0,00678	156,8971368	212,67	67,2	1,28	69,8	6,43	60,5	3,15	96,13095238	0,07111	0,00678	0,10149	0,0002	0,199965693
5.sSMPABC110	19795,70928	1170,625458	0,297672611	0,06337	0,0018	0,09902	0,00113	0,8653	0,02353	720,6712395	59,02	608,6	6,61	633	12,81	491,6	10,42	95,99079855	0,8653	0,02353	0,09902	0,00113	0,41966263
5.sSMPABC024	56577	3776	0,191806245	0,06577	0,00083	0,10948	0,0009	0,99266	0,01087	799,0643698	26,34	669,7	5,25	700,1	5,54	614,7	5,41	95,46065402	0,99266	0,01087	0,10948	0,0009	0,750721232
5.sSMPABC067	54062	3630	0,915577063	0,06577	0,00115	0,10742	0,00103	0,97394	0,01589	799,0643698	36,38	657,7	5,98	690,5	8,18	567,8	4,55	95,01292383	0,97394	0,01589	0,10742	0,00103	0,587706349

PF – 56 (XISTO)

	Pb206*	Pb207*	TlU	207/206	Is	206/238	Is	207/235	Is	206/207	206/238	207/235	208/232	Conc	207/235	206/238	RHO						
5.sSMPABC057	71733	9234	0.411936523	0.12443	0.00207	0.36014	0.00383	6.17389	0.0956	2020.701146	29.17	1982.9	18.14	2000.8	13.53	1661.9	22.58	99.09728176	6.17389	0.0956	0.36014	0.00383	0.686797031
5.sSMPABC037	20429	2679	0.151328172	0.1276	0.0031	0.34544	0.00461	6.07159	0.13897	2065.169354	42.29	1912.8	22.08	1986.2	19.95	1762.8	66.47	96.16269343	6.07159	0.13897	0.34544	0.00461	0.583055209
5.sSMPABC125	282261.5147	34967.5741	0.248552842	0.12225	0.00137	0.32761	0.00274	5.52199	0.0527	1989.321394	19.84	1826.8	13.31	1904	8.2	1606.5	11	95.77403109	5.52199	0.0527	0.32761	0.00274	0.87635166
5.sSMPABC139	77110	7355	0.210566426	0.09411	0.00108	0.25707	0.00221	3.33575	0.03316	1510.322952	21.42	1474.9	11.35	1489.5	7.77	1340.8	9.76	99.0102038	3.33575	0.03316	0.25707	0.00221	0.8648083
5.sSMPABC164	302812.5224	26353.70427	0.082645623	0.0863	0.00095	0.23683	0.00206	2.8181	0.02714	1344.910768	21.03	1370.2	10.74	1360.4	7.22	1196.2	8.62	100.7152241	2.8181	0.02714	0.23683	0.00206	0.903185719
5.sSMPABC023	88762.02071	8004.098523	0.171188751	0.08893	0.00112	0.23196	0.00208	2.84338	0.03183	1402.652401	23.82	1344.8	10.86	1367.1	8.41	1267.9	13.13	98.34176086	2.84338	0.03183	0.23196	0.00208	0.801029482
5.sSMPABC085	118523	10559	0.351963194	0.08767	0.001	0.22012	0.00183	2.66064	0.02582	1375.262814	21.78	1282.5	9.69	1317.6	7.16	1209.5	7.35	97.26315789	2.66064	0.02582	0.22012	0.00183	0.856685594
5.sSMPABC113	205870	18227	0.098494469	0.08745	0.00111	0.21996	0.00198	2.65192	0.03013	1370.429429	24.11	1281.7	10.45	1315.2	8.38	1180.6	13.81	97.38628384	2.65192	0.03013	0.21996	0.00198	0.792287431
5.sSMPABC161	155210.6034	13451.87146	0.229836992	0.08727	0.00101	0.2194	0.00193	2.64024	0.02714	1366.463372	22.12	1278.7	10.22	1311.9	7.57	1209.8	8.01	97.40361304	2.64024	0.02714	0.2194	0.00193	0.855764465
5.sSMPABC092	78077	7148	0.111714132	0.08975	0.00129	0.21656	0.00186	2.67908	0.03373	1420.215375	27.14	1263.7	9.88	1322.7	9.31	710.5	19.63	95.33117037	2.67908	0.03373	0.21656	0.00186	0.682187948
5.sSMPABC160	183329.306	14823.6019	0.080348935	0.08098	0.0011	0.21465	0.00199	2.39622	0.02995	1220.959054	26.51	1253.5	10.54	1241.5	8.95	1171.8	16.23	100.9573195	2.39622	0.02995	0.21465	0.00199	0.74174059
5.sSMPABC152	61993	5093	0.201760118	0.081	0.00099	0.19509	0.00167	2.17883	0.02323	1221.44438	23.76	1148.9	9.03	1174.3	7.42	1082.5	8.95	97.78918966	2.17883	0.02323	0.19509	0.00167	0.802889166
5.sSMPABC078	39019	3181	0.15648001	0.07984	0.00135	0.19332	0.00176	2.12777	0.03261	1193.038286	33.03	1139.4	9.52	1157.9	10.59	1061	19.42	98.37633842	2.12777	0.03261	0.19332	0.00176	0.594031895
5.sSMPABC056	79257	6261	0.332745254	0.07736	0.00111	0.19202	0.00164	2.04788	0.02594	1130.485198	28.29	1132.3	8.85	1131.6	8.64	981.3	9.85	100.0618211	2.04788	0.02594	0.19202	0.00164	0.674267016
5.sSMPABC013	99644	8100	0.299524257	0.07932	0.00099	0.19148	0.00169	2.09371	0.02334	1180.131701	24.57	1129.4	9.17	1146.7	7.66	985.3	7.91	98.46821321	2.09371	0.02334	0.19148	0.00169	0.679173391
5.sSMPABC041	27735	2282	0.513077735	0.08071	0.00115	0.19035	0.00169	2.11823	0.02729	1214.392061	27.8	1123.3	9.14	1154.8	8.89	999.6	7.79	97.19576249	2.11823	0.02729	0.19035	0.00169	0.689133564
5.sSMPABC049	99767	8402	0.10700057	0.08282	0.00137	0.18859	0.00185	2.15125	0.0329	1264.976994	31.85	1113.7	10.02	1165.5	10.6	1223.5	22.43	95.34883721	2.15125	0.0329	0.18859	0.00185	0.644428206
5.sSMPABC071	50554	4253	0.188166025	0.08278	0.00112	0.18696	0.00168	2.13376	0.02586	1264.033432	26.02	1104.9	9.12	1159.8	8.38	762.6	9.84	95.03122455	2.13376	0.02586	0.18696	0.00168	0.741442764
5.sSMPABC014	67063	5505	0.337362622	0.08061	0.00095	0.18516	0.00156	2.0578	0.02088	1211.952681	23.02	1095.1	8.49	1134.9	6.93	980.8	6.65	96.36562871	2.0578	0.02088	0.18516	0.00156	0.830328787
5.sSMPABC026	53245.91755	4247.291416	0.171333129	0.07831	0.0015	0.17743	0.00179	1.91625	0.03404	1154.748842	37.5	1052.9	9.79	1086.8	11.85	1009.7	19.69	96.78032102	1.91625	0.03404	0.17743	0.00179	0.567921872
5.sSMPABC042	29515	2028	0.087127369	0.06782	0.00173	0.16705	0.00172	1.56151	0.03779	863.0581705	51.96	995.9	9.51	955.1	14.98	-15.5	35.49	104.0967969	1.56151	0.03779	0.16705	0.00172	0.42545129
5.sSMPABC058	68526.38202	5200.563068	0.295169398	0.07425	0.00097	0.15803	0.0014	1.6177	0.01908	1048.270472	26.22	945.8	7.82	977.1	7.4	844.8	7.05	96.69063227	1.6177	0.01908	0.15803	0.0014	0.75117898
5.sSMPABC083	243527	16799	0.119517702	0.06754	0.00081	0.15453	0.00139	1.43838	0.01568	854.4702796	24.81	926.3	7.77	905	6.53	807.7	7.26	102.299471	1.43838	0.01568	0.15453	0.00139	0.825143671
5.sSMPABC084	172191.0505	11814.551	0.095058779	0.06783	0.00088	0.15121	0.00124	1.41393	0.01578	863.3640102	26.67	907.8	6.93	894.8	6.64	798.1	9.67	101.4320335	1.41393	0.01578	0.15121	0.00124	0.734788046
5.sSMPABC131	24659	1811	0.203847132	0.07268	0.00147	0.15084	0.00155	1.51147	0.0289	1005.043762	40.63	905.7	8.69	935	11.68	951.8	16.03	96.7649332	1.51147	0.0289	0.15084	0.00155	0.53742376
5.sSMPABC114	193732.6191	13785.04159	0.091706668	0.07068	0.00088	0.1503	0.00125	1.46457	0.01577	948.1730663	25.37	902.6	6.98	915.9	6.5	800.5	9.02	98.52647906	1.46457	0.01577	0.1503	0.00125	0.772377249
5.sSMPABC140	50441	3534	0.169954039	0.06874	0.00135	0.13353	0.00124	1.26517	0.02293	990.9477639	40.16	808	7.07	830.2	10.28	806	14.79	97.25247525	1.26517	0.02293	0.13353	0.00124	0.512374688
5.sSMPABC168	81569.80736	5611.822538	0.138287689	0.07043	0.0014	0.13131	0.0012	1.27197	0.02305	840.9156258	40.33	795.3	6.85	833.3	10.3	801.6	14.86	95.22192883	1.27197	0.02305	0.13131	0.0012	0.504300482
5.sSMPABC167	160080	10495	0.003184199	0.0648	0.00081	0.12247	0.00105	1.09428	0.01214	767.8494485	26.17	744.7	6.05	750.6	5.89	807.7	6.32	99.20773466	1.09428	0.01214	0.12247	0.00105	0.757280391
5.sSMPABC059	29553	1975	0.172471282	0.06567	0.00109	0.12175	0.00107	1.10228	0.01688	795.8748731	34.47	740.6	6.15	754.5	8.15	638.1	10.9	98.1231434	1.10228	0.01688	0.12175	0.00107	0.573897447
5.sSMPABC091	54548.61731	3337.019408	0.354042651	0.06334	0.00104	0.1191	0.00103	1.03996	0.01534	719.6661955	34.35	725.4	5.95	723.9	7.64	671.6	7.02	100.2067825	1.03996	0.01534	0.1191	0.00103	0.58629574
5.sSMPABC141	37906	2530	0.139501895	0.06558	0.00094	0.11734	0.00102	1.06105	0.01363	792.9987739	29.65	715.3	5.9	734.3	6.71	685.9	9.07	97.34377184	1.06105	0.01363	0.11734	0.00102	0.676696736
5.sSMPABC155	6984	452	0.514781491	0.06428	0.00332	0.11322	0.00176	1.00345	0.05032	750.8568769	105.39	691.4	10.19	705.6	25.5	591.7	16.21	97.94619612	1.00345	0.05032	0.11322	0.00176	0.309987814
5.sSMPABC142	108181	7230	0.176339249	0.06609	0.00102	0.10976	0.00095	1.00012	0.01391	809.2274065	32.07	671.4	5.55	703.9	7.06	670.6	8.14	95.15936848	1.00012	0.01391	0.10976	0.00095	0.622306718
5.sSMPABC061	35704.35526	2120.287129	0.287436316	0.06129	0.00107	0.10697	0.00094	0.90379	0.01455	649.427021	37.19	655.1	5.48	653.8	7.76	595.5	7.34	100.198443	0.90379	0.01455	0.10697	0.00094	0.545846332
5.sSMPABC105	108896	6899	0.171763822	0.06234	0.0007	0.1066	0.00091	0.91613	0.00894	685.7930535	23.85	653	5.28	660.3	4.74	603.5	3.89	98.8820827	0.91613	0.00894	0.1066	0.00091	0.874789927
5.sSMPABC129	23127.71578	1003.74391	0.594961223	0.06167	0.00125	0.1058	0.00107	0.89954	0.01726	662.6847877	42.81	648.3	6.24	651.5	9.22	555.5	5.6	99.50640136	0.89954	0.01726	0.1058	0.00107	0.527081531
5.sSMPABC128	-545.622086	-313.2036804	0.665048866	0.0608	0.00606	0.10336	0.00171	0.86644	0.0855	632.1660041	201.32	634.1	9.99	633.6	46.51	564.1	18.86	100.0788519	0.86644	0.0855	0.10336	0.00171	0.167654799
5.sSMPABC143	24819.98325	1506.671131	0.24642826	0.05856	0.00104	0.10324	0.00093	0.83367	0.01373	550.7766754	38.19	634.4	5.41	615.6	7.61	621.6	7.58	102.8102305	0.83367	0.01373	0.10324	0.00093	0.546963806
5.sSMPABC107	30388	1916	0.376685806	0.06194	0.00108	0.10281	0.00095	0.87806	0.01424	672.0377351	37.03	630.9	5.53	639.9	7.7	547.4	5.85	98.57346648	0.87806	0.01424	0.10281	0.00095	0.569737367
5.sSMPABC127	1931	117	0.752208424	0.05977	0.00543	0.10236	0.00164	0.84357	0.0757	595.2583427	185.85	628.2	9.61	621.1	41.69	397.8	16.91	101.1302133	0.84357	0.0757	0.10236	0.00164	0.178541351
5.sSMPABC103	9946	615	1.100613907	0.																			

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
“ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DOS XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE”
Área de Concentração: Geoquímica
Autor: Matheus Souza Beloni
Orientadora: Profa. Dra. Carla Cristine Porcher
Examinador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Dorneles Remus
Data: 26 de março de 2020
Conceito: A (Excelente)
PARECER:
<p>O tema do Mestrado discute a proveniência e a origem tectônica das rochas metamórficas do Complexo Arroio Grande (Xisto, Quartzitos e metagrauvas) encontrados numa paleobacia situada na porção sudeste do Cinturão Dom Feliciano. O autor utiliza trabalho de campo, petrografia ótica, microscopia eletrônica e determina a composição química elementar e dos isótopos de Sm-Nd em rocha total, juntamente com U-Pb em zircão para determinar a proveniência e a assinatura do ambiente tectônico dos metassedimentos do Complexo Arroio Grande. O manuscrito apresenta boa redação com ilustrações adequadas e com mínimos erros de concordância e ortografia. Tendo em vista que estas rochas possuem foliação milonítica e ocorrem associadas a granitoides, creio ser importante fazer uma discussão da origem magmática x sedimentar de tais litologias. Exemplos deste tipo são bem ilustrados na região de Santana da Boa Vista nos quartzo-milonitos da área. Possivelmente diagramas químicos discriminantes (rocha total) e dados texturais petrográficos e de campo poderiam auxiliar na comprovação da origem assumida (metassedimentar). Adicionalmente a textura dos grãos de turmalina e sua composição química e zonação poderiam complementar a discussão. Uma questão que se coloca. Qual a origem das turmalinas? Seriam detríticas e depois recristalizadas ou metassomáticas, ou hidrotermais e tardi-magmáticas?</p> <p>Os dados das diferentes técnicas e metodologias utilizadas são integrados adequadamente numa perspectiva de arcabouço tectônico do Precambriano do Cinturão Dom Feliciano, permitindo ao autor definir as idades de deposição dos Xistos/Quartzitos e metagrauvas. O trabalho ainda discrimina as diferentes idades/episódios para a deposição destas unidades baseado nos valores obtidos em zircão detrítico, integrado com idades modelo Sm e parâmetro épsilon Nd. As diferentes idades obtidas, baseado no zircão mais jovem encontrado nas diferentes unidades e respectivas assinaturas Sm-Nd são consistentes. Entretanto, o número de amostras é relativamente pequeno e seria desejável que mais dados fossem agregados a esta coleção, para validar os espectros de idade U-Pb no zircão e de TDM x parâmetro épsilon. Algumas fotos de CL da Figura 5 estão muito escuras e creio que seria interessante melhorar seu brilho.</p>

Finalmente considero que o trabalho possui muitos méritos e atribuo o conceito A (Excelente) para o Mestrado.

Assinatura:



Data: 26/03/2020

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
“ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DOS XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE”
Área de Concentração: Geoquímica
Autor: Matheus Souza Beloni
Orientadora: Profa. Dra. Carla Cristine Porcher
Examinadora: Profa. Dra. Cristine Lenz
Data: 22/03/2020
Conceito: A
PARECER:

PARECER:

Prezado Sr. Matheus Souza Beloni

A dissertação de mestrado intitulada “ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DOS XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE” apresenta dados de petrografia, geoquímica de rocha total e isotópica e idades U-Pb de tres litotipos da região de Arroio Grande.

- a) *Título:* Sugiro inserir as grauvacas no título: Eu gostei do teu título em ingles e sugiro a utilização do mesmo título na dissertação. Apesar da idade deposicional das grauvacas ser diferente dos xistos e quartzitos, as tres unidades foram deformadas durante o mesmo evento, podendo ser incluídas no mesmo complexo: dessa forma sugiro a substituição do termo Xistos e Quartzitos Arroio Grande por Metassedimentos Arroio Grande ao longo de todo o texto.
- b) Estrutura geral da dissertação: Não acho necessário a inclusão do item Resultados no corpo do texto, sendo que já consta no artigo esses mesmos resultados, escritos de forma exatamente igual.
- c) Em relação a nomenclatura de tempos geológicos, sugiro a leitura do artigo: *Sobre o uso dos termos geocronológicos e cronoestratigráficos*, de Mitsuru Arai e Pércio de Moraes Branco, da revista *Terra e Didática*, v.13, numero 3, 217-224, ano 2018. Esses autores sugerem a grafia de todos os períodos, éons e eras com a primeira letra Maiúscula, como é feito no ingles. Porém como há regras no portugues que possibilitam a grafia da “idade” com letra minuscula, deixo á voce a escolha do critério no texto da dissertação. Lembrando que no artigo em ingles, a grafia deve iniciar com Maiúsculo sem exceções.
- d) Artigo: O artigo apresenta dados científicos de qualidade, porém com algumas considerações a serem feitas:
 - 1) A tradução para o ingles não está boa: a sensação é a de que o texto em portugues foi jogado no google tradutor sem arrumações

posteriores. Há partes em que a compreensão da frase é praticamente impossível. Sugiro enviar para um tradutor ou para um nativo, para melhorar a língua.

- 2) O texto do artigo não está justificado e todas as páginas a partir do Sumário são de número 16.
- 3) Há algumas discordâncias em relação a nomenclatura de unidades. Na sua figura 1A , suas rochas estão inseridas dentro do Terreno Punta del Este (Verde musgo), enquanto que no texto vc diz que eles fazem parte do Terreno Cuchilla Dionisio-Pelotas (que está a oeste da zona de cisalhamento Ayrosa-Galvão). No item 2.2.vc fala dos metassedimentos do Cuchilla Dionísio e logo após fala que o Arroio Telho faz parte do Terreno Sudeste??
- 4) Colocar no mapa da figura 01 B a localização de todas as amostras estudadas, não apenas de 03 delas.
- 5) No texto referente às microestruturas vc chega numa temperatura entre 500 e 700 graus falando que tem GBM e SGR, porém na imagem que vc coloca (B) não é visível ver nem uma nem a outra. Nem mesmo a foliação mais antiga é visível. Sugiro trocar por uma imagem em que o GBM é visível (já que é a temperatura mais alta dos litotipos e se possível uma imagem com menos zoom do litoclasto mimetizado da figura B.
- 6) Vc fala de dois eventos metamórficos diferentes na unidade das grauvacas e que houve transposição da foliação. Entretanto pela imagem 4B a parte central superior da imagem aparenta ser um antigo litoclasto, agora totalmente recristalizado. Esse evento metamórfico mais antigo, que vc cita, não poderia ser do clasto que serviu de área fonte para essa paleobacia?
- 7) Caso contrario se na concepção realmente existe uma diferença de idade significativa entre esses dois eventos metamórficos, deveriam existir dois eventos tectonicos que alterariam a geoterma (arco magmático, colisão etc). Quais eventos, dentro do CDF seriam esses?
- 8) Além disso, quando vc cita e de certa forma concorda com o trabalho de Ramos et al., (2019) sugerindo um evento metamórfico mais jovem de 610-585 e depois sugere áreas fonte dessas mesmas rochas metamórficas de composicao graníticas de 585 e 574 (cristalizaram nessa idade na crosta média, soerguem e viram área fonte, depois depositam e ainda metamorfizam em 585 Ma). Ou seja, ou a fonte não eh desses granitos ou essa idade metamórfica não condiz com esse evento. Acho importante vc discutir isso.
- 9) Não acho que vc deva utilizar a geoquímica de elementos maiores em rochas de protólito sedimentar, com pelo menos dois eventos metamórficos registrados e próximos de grandes zonas de cisalhamento. O indicado é a utilização de elementos imóveis (Zr, Y, Nb) ou Cr, Ni, etc. A interpretação deles caindo em um ambiente de arco de ilha também não fecha com a região, já que o Gnaisse Piratini e Cx Pinheiro Machado, ambos interpretados como possível área fonte são arcos continentais e nenhuma amostra caiu nesse campo.
- 10) A quantidade de elementos compatíveis dos xistos, inclusive de

uma das amostras do quartzito é admirável, pois são amostras que geralmente tem valores desprezíveis desses elementos (Cr, Ni, Cu, Co). Essa quantidade desses elementos pode significar uma área fonte juvenil para essas rochas. Seria interessante fazer o spidergrama para ver se existe anomalia negativa de Nb para avaliar se a área fonte poderia ser apenas as rochas mais primitivas do Piratini e Pinheiro Machado ou se precisaria de uma fonte de magmatismo extensional associada (um back arc ou plato oceanico, ou áreas de bacia oceanica).

- 11) Tem uma amostra de quartzito que cai junto com a gravaca, mas vc não cita o porque disso.
- 12) Em termos de interpretações finais sugiro a comparação das rochas metassedimentares dessa região com outras áreas do Uruguay (La Micaela) e da África (Marmora e Oranjemund) para gerar um interessa mais mundial para o trabalho.

Como conclusões finais, considero o trabalho com ótimos dados, porém necessita de mais trabalho para melhorar a parte da linguagem e para embasar as discussões finais em relação á área fonte (dados de geoquímica de rocha total e dois dados da geoquímica isotópica sugerem fontes mais juvenis como área fonte, podendo ser os dioritos ou gabros do Piratini ou Pinheiro Machado ou então sedimentos como uma afinidade mais oceanica (plato, bacias oceanicas no geral ou então um back arc).

A questão da idade do metamorfismo x idade de minima deposição da bacia precisa ser discutido também, além dos outros comentários acima citados.

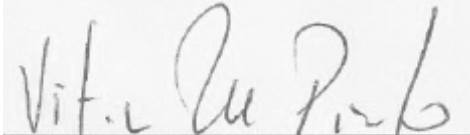
Assinatura:

Data:

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
“ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DOS XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE”
Área de Concentração: Geoquímica
Autor: Matheus Souza Beloni
Orientadora: Profa. Dra. Carla Cristine Porcher
Examinador: Prof. Dr. Viter Magalhães Pinto
Data: 30/03/20
Conceito: A
PARECER:
A dissertação ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DOS XISTOS E QUARTZITOS ARROIO GRANDE de MATHEUS SOUZA BELONI, obteve dados, interpretações, discussões e respostas acerca dos xistos e quartzitos Arroio Grande e da unidade metagrauvaca inserida no Complexo Arroio Grande, a sudeste do Cinturão Dom Feliciano, na porção brasileira. Para essa finalidade foi realizada análise petrográfica, obtidos e interpretado dados de geoquímica de elementos maiores e traços, geoquímica isotópica em rocha-total (Sm/Nd) e idades U-Pb em zircão detrítico das unidades metassedimentares. Sua principal contribuição, com base nos dados, sugere que as unidades pertencem a momentos distintos de deposição na evolução leste do Cinturão Dom Feliciano, e que os xistos e quartzitos Arroio Grande (548 Ma) são as unidades metassedimentares mais jovens encontrada à leste desse cinturão e que representariam o estágio final na amalgamação do Gondwana. O Matheus S. Beloni cumpriu com os requisitos necessário para o título de mestre.
Algumas Recomendações
Texto integrador:
Revisar a formatação geral do texto com títulos, sub títulos, início de parágrafos etc.;
Poucos exemplos:
linha 196: para a datação, pois assim é obtem-se idades que representam de forma;
Linhas 250, 251, 252: formatação
Linha 473: rochas <u>metassemdiemntares</u>
Linha 475: idades de zircão <u>detríticoas</u>
Artigo
Revisar toda a escrita. Muitos erros que precisam de correção, Alguns exemplos:
Linha 700: This paper describes the Arroio Grande S chists and Q uartzites and the metagraywacke;
L 705: medium/low ...medium to low...(400 to 300°C)...
L 707: se são só duas amostras não podem ser entre (between). Uma é -6 e outra -14!
L 711: in medium to high temperature (500-700 °C)... explique essa temperatura de 700°C.
L 729: as well as climatic and deformational conditions during the orogenic events

REFERÊNCIAS????
L 738-740: este parágrafo não tem referências...saiu tudo dos autores? Revisar inglês.
L746: on these cases to access/recover...EVITE USAR /. MELHORAR INGLÊS
A INTRODUÇÃO ESTÁ CONFUSA. REESCREVER
L758-762: isso é informação do ambiente geológico, não é aqui.
L 801-810: Those terranes with distinct crustal evolution, were formed during three orogenic events (Silva et al., 2005): Brasiliano I (climax between 730-700 Ma – only São Gabriel Terrane, related to the São Gabriel Orogeny and to the closure of the São Gabriel/Charrua paleo-ocean, Saalman et al., 2011), Brasiliano II (climax between 640-620 Ma – related to the Dom Feliciano Orogeny at the Cuchilla Dionisio-Pelotas Terrane, represented by the expressive volume of magmatism and intense crustal reworking, possibly related to the closure of the South Adamastor paleo-ocean and back-arc basins related; Chemale Jr., 2000; Frimmel et al., 2011; Ramos et al., 2017), and Brasiliano III (climax between 590-550 Ma – related to the syntectonic and post-orogenic magmatism, and to the late stages of amalgamation of the Western Gondwana) (Babinski et al., 1997; Brito-Neves et al., 2014).
Nossa isso tudo é uma frase? Por favor coloque ponto, vírgula, respire...
L 815: Cuchilla Dionisio-Pelotas Terrain and Punta del Este Terrain, near
Um terreno é maiúsculo outro minúsculo...
Figure 1: melhorar a legenda das rochas relacionadas ao estudo (Arroio Grande and passo del dragon? matarazzo marbles...sugiro separar e destacar estas unidades.
L 837-838: sugiro não misturar metodologias diferentes...sei que tuas idades próximas a 550 Ma podem ser relacionadas, mas não estas idades...além disso tuas idades mais jovens podem ser valorizadas (olhar os erros e MSWD)
L 847-859: melhorar a descrição deste parágrafo. Tá confuso e linguagem quebrada...
L879: guarda Velha Complex... por que não está no mapa? ou são os "Herval Schist"? se são porque usar duas nomenclaturas...
L910-914: não é necessário repetir a descrição! Foi descrito acima por Ramos et al. 2018.
Remover
L922-923: tirar southernmost RS! Já sabemos disso. Também já se sabe que está na cidade de AG.
L928: figura 2A não parece ter 5m
Assinatura: 
Data: 30/03/20
Ciente do Orientador:
Ciente do Aluno: