



**CARACTERIZAÇÃO U/Pb DE ZIRCÃO DETRÍTICO E GEOQUÍMICA
ISOTÓPICA (Sm/Nd) EM ROCHA-TOTAL DAS ROCHAS
METASSEDIMENTARES DE ARROIO GRANDE – RS**

MATHEUS SOUZA BELONI

PORTO ALEGRE, 2015

MATHEUS SOUZA BELONI

**CARACTERIZAÇÃO U/Pb DE ZIRCÃO DETRÍTICO E GEOQUÍMICA
ISOTÓPICA (Sm/Nd) EM ROCHA-TOTAL DAS ROCHAS
METASSEDIMENTARES DE ARROIO GRANDE - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia no Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul.

Orientadores: Carla Cristine Porcher
Edinei Koester
Supervisão: Rodrigo Chaves Ramos

PORTO ALEGRE, 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Beloni, Matheus Souza

Caracterização U/Pb de zircão detrítico e geoquímica isotópica (Sm/Nd) em rocha-total das rochas metassedimentares de Arroio Grande - RS . / Matheus Souza Beloni. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2015.

[69 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2015.

Orientador(es):Carla Cristine Porcher
Coorientador(es):Edinei Koester

1. Geocronologia 2. Proveniencia 3. Metassedimentares 4.
Complexo Ofiolítico Arroio Grande I. Título.

CDU 55

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Miriam Alves

CRB 10/1947

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso **“CARACTERIZAÇÃO U/Pb DE ZIRCÃO DETRÍTICO E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA (Sm/Nd) EM ROCHA-TOTAL DAS ROCHAS METASSEDIMENTARES DE ARROIO GRANDE - RS”**, elaborado por **“MATHEUS SOUZA BELONI”**, como requisito parcial para obtenção do grau Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Luiz Alberto Vedana

Maria de Fátima Aparecida Saraiva Bitencourt

Tiago Luis Reis Jalowitzki

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores/orientadores Carla e Edinei, e ao meu supervisor Rodrigo, agradeço por terem toda a paciência e sabedoria para me orientar. Saibam que toda dedicação depositada em mim e todo aprendizado adquirido de vocês será aproveitado para vida toda!

Pelo apoio, incentivo, conselhos e confiança que sempre depositaram em mim, agradeço ao meu pai, Daniel, minha mãe, Gislaine e a minha irmã, Brenda. Obrigado por tudo!

A toda a minha (enorme) família, Beloni's e Souza's, por me ajudarem durante todo o trajeto para essa grande conquista. Nunca esquecerei o que todos fizeram por mim.

Aos meus amigos que me aguentaram durante os 5 anos de geologia (graças ao deus Peridotito!!), Daniel, Willian, Márcio, Taís e Bruna pelos infinitos encontros, infinitas cervejas, infinitas discussões, infinitas risadas, infinitas... Obrigado!

Aos amigos que, durante a realização desse trabalho foram vitais para que eu não enlouquecesse: Pâmela, Laércio, Henrique, Raquel, Elis, Denise, Cristine, Renata, Jade. Tem chimarrão na sala, é só chegar....

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Geologia Isotópica, agradeço a cada um pela ajuda, ensinamentos e paciência repassados a mim.

A todos, que em algum momento influenciaram nas minhas decisões, e que me aconselharam e me apoiaram nos momentos de alegria e nos momentos de desespero.

Agradecimento especial aos integrantes da banca examinadora Tiago, Fátima e Vedana, que auxiliaram com ideias, sugestões e correções no trabalho apresentado.

MUITO OBRIGADO!

“É o que traduzirei dizendo que o homem está condenado a ser livre.

*Condenado porque não se criou a si próprio;
e, no entanto, livre porque, uma vez lançado ao mundo,
é responsável por tudo quanto fizer.”*

(Jean Paul Sartre)

*“...cada célula, todo fio de cabelo
falando assim parece exagero
mas se depender de mim
eu vou até o fim”*

(Humberto Gessinger)

RESUMO

Os Xistos e Quartzitos de Arroio Grande (XQAG) correspondem, juntamente com os Mármore Matarazzo e as rochas metassedimentares de Herval, uma das unidades metassedimentares do Complexo Ofiolítico Arroio Grande no Domínio Oriental do Cinturão Dom Feliciano (CDF). No presente trabalho foram obtidos dados de campo, petrografia, geoquímica isotópica (Sm/Nd) e idade U/Pb em zircão detrítico que auxiliaram na investigação dos protólitos sedimentares do XQAG, com relação à sua proveniência e na interpretação do contexto geotectônico de sua deposição. As rochas do XQAG são xistos com predominância de muscovita e quartzo, textura em fita e estrutura S-C, e os quartzitos possuem textura *bulging* representado pelo quartzo e estrutura S-C insipiente, e são metamorfizadas na fácies xisto verde. Imagens de catodoluminescência (CL) em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) permitiram reconhecer características morfológicas, e texturais dos zircões detríticos que auxiliaram nas interpretações das idades U/Pb adquiridas a partir destes zircões. As idades U/Pb obtidas dos zircões detríticos mostram uma importante contribuição de sedimentos à partir de áreas-fontes de idades neoproterozóicas (entre 560 Ma a 650 Ma), seguida áreas fontes menos representativas neoproterozóicas (entre 800 Ma a 1000 Ma), mesoproterozóica (entre 1.000 Ma e 1400 Ma) e de área-fontes paleoproterozóicos. Os resultados de isótopos de Sm/Nd produzem T_{DM} entre 1,2 e 1,6 Ga e ϵ_{Nd} negativos entre -7 e -12, indicando que as áreas-fonte dos sedimentos possuem uma assinatura crustal predominante. Os resultados contestam a correlação entre os XQAG em relação aos Mármore Matarazzo, por possuírem idades deposicionais mais antigas ($^{87}Sr/^{86}Sr = 820-870$ Ma). Os valores mais frequentes de idades U/Pb de zircão detrítico ediacaranas-criogenianas vinculados a morfologia pouco arredondada e prismática destes zircões e textura predominantemente ígnea, indicam uma área-fonte possível oriunda das rochas graníticas do Domínio Leste do CDF, como por exemplo, as rochas do Complexo Pinheiro Machado.

Palavras-chave: Geocronologia, Proveniência, Metassedimentares, Complexo Ofiolítico Arroio Grande e Zircão.

ABSTRACT

Arroio Grande's Schists and Quartzites (AGSQ) correspond, along with the Matarazzo Marbles and the metasedimentary rocks of Herval, to one of the metasedimentary units of the Arroio Grande Ophiolitic Complex on the Dom Feliciano Belt (DFB) Eastern Domain. In this work, field data, petrography, isotopic geochemistry (Sm/Nd) and U/Pb ages in detrital zircons were obtained, which helped on the investigation of the sedimentary protoliths of AGSQ, concerning its provenance and interpretation of the geotectonic context at the time of deposition. AGSQ rocks consists of schists with predominance of muscovite and quartz, ribbon texture and S-C structure, and the quartzite have bulging texture represented by quartz and incipient S-C structure, and are metamorphosed in green schist facies. Cathodoluminescence (CL) images obtained in a scanning electron microscope (SEM) allowed the recognition of morphological and textural characteristics of detrital zircons, which aided in the interpretation of the acquired U/Pb ages. The ages obtained in such detrital zircons show an important contribution of sediments from source areas of Neoproterozoic ages (between 560 and 650 Ma), followed by less representative Neoproterozoic sources (ages between 800 and 1000 Ma), Mesoproterozoic (between 1000 and 1300 Ma) and from Paleoproterozoic source areas. The results from Sm/Nd isotopes produced a T_{DM} ranging between 1,2 and 1,6 Ga and negative ϵ_{Nd} ranging between -7 and -12, indicating that the sediments source areas possess predominant crustal signature. The results obtained contest the correlation between AGSQ and Matarazzo Marbles, for the reason that the last has older depositional ages ($^{87}Sr/^{86}Sr = 820 - 870$ Ma). The more frequent Ediacaran-Cryogenian U/Pb ages, obtained from detrital zircons, linked to the slightly rounded and prismatic morphologies and the prevailing igneous texture of these zircons, indicate a probable source area from the granitic rocks of the DFB Eastern Domain, such as Pinheiro Machado Complex rocks.

Key-words: Geochronology; Provenance; Metasedimentary; Arroio Grande Ophiolitic Complex; Zircon.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa do Estado do Rio Grande do Sul e do País Uruguai, mostrando a localização do município de Arroio Grande em relação a capital Porto Alegre e a Montevideu e índice de folhas adjacentes à Folha Arroio Grande. 13
- Figura 2. A) Configuração do Gondwana com as principais áreas cratônicas e cinturões relacionados ao Cinturão Dom Feliciano; B) Mapa geológico do Cinturão Dom Feliciano e do Cráton Río de La Plata no sul do Brasil e Uruguai; C) Localização do Cinturão Dom Feliciano e cinturões africanos adjacentes na configuração do Gondwana. O retângulo preto inserido no CDF mostra a área de estudo do presente trabalho, apresentado a seguir na Figura 3. (Modificado de Ramos, 2014). 14
- Figura 3. Mapa geológico do extremo sul do Escudo Sul-rio-grandense e nordeste do Escudo Uruguaio. Idades: Granito Três Figueiras, Tickyj et al. (2004); Granitos Chasqueiro e Capão do Leão, Philipp et al. (2002). Modificado de Ramos e Koester (2014). 15
- Figura 4. A) Mapa geológico da área estudada. B) diagrama equiárea (hemisfério inferior) com os pólos das foliações das rochas metaultramáficas (triângulos brancos), metamáficas (triângulos pretos) e metassedimentares (quadrados brancos) (N = 70); C) diagrama equiárea (hemisfério inferior) das lineações minerais das rochas metaultramáficas (triângulos brancos) e metamáficas (triângulos pretos) (N = 37); D) Seção geológica esquemática XY. Retirado de Ramos e Koester (2014). 17
- Figura 5. Variações de morfologia externa (grãos entre 70 e 250 μm) de 1 a 21. Variação das características morfológicas em termos de comprimento, largura e tipologia. Nota-se a também a presença de núcleos de xenocristais, inclusões e grau de faturamento. Imagens por SEM, BM e TL. (1) Grão prismático euédrico; (2) Somente uma pirâmide desenvolvida em um subnúcleo largo; (3-4) Grão com núcleo xenocríptico subédrico; (5) Núcleo xenocríptico fantasma, evidenciado apenas por estruturas de bolha; (6) Grão subvulcânico; (7) Germinação complexa; (8) Grão sem nenhuma face prismática; (9-10) Cristais germinados de geometria plana; (11-12) Prismas típicos de baixa velocidade de cristalização; (13-14-15) Fragmentos de zircão; (16) Prismas alongados típicos de cristalização rápida; (17-18) Prismas

fraturados de zircões oriundos de gabro; (19-20-21) Núcleos proeminentes sobrecrecidos sobre prismas límpidos; (22) Agregado de zircão em plutônica tipo-A; (23) Cristal de zircão de borda fina vazia; (24) Fragmento típico de populações extraídas de rochas máficas; (25-26-27); Grãos reabsorvidos compostos [cauliflor]: 25 e 27 típicos de metatrondhemitos e 26 típicos de gnaiss máfico; (28-29-30) Zircões reabsorvidos, magmáticos sem sobrecrecimento: 28 xenocristal solto em granitóide e 29 e 30, xenocristais reabsorvidos em rocha vulcânica piroclástica; (31-32-33-34) Zircões subarredondados a multifacetados: 31 em metagabro, 32 em leucogranito, 33 e 34 em xenólito crustal profundo; (35-36) Zircões relacionados a impacto de meteoritos: 35 reabsorvido com traços de deformação planar e 36, crescimento pós-impacto de zircão policristalino. Modificado de Corfu *et al.* (2003).

..... 19

Figura 6. Imagem sobre as possíveis classificações sobre as formas de zircão referente ao transporte sedimentar. A) Relação do zircão referente ao arredondamento (escala: 50 μm); B) Relação do zircão em referente à esfericidade e com a razão de alongação do grão (escala: 20 μm); C) Grãos de zircão com os diferentes tipos de fratura (escala: 10 μm); D) Diferentes tipos de fraturas no grão de zircão, resultantes de colisão, extensão volumétrica, delaminação em camadas (escala: 20 μm); E) Diferentes classes de zircão com marcas de colisão (escala: 10 μm). Retirado de Gärtner *et al.* (2013)..... 20

Figura 7. Imagem referente aos tipos de zonação de zircões magmáticos. (1-2) Crescimento por zonação complexa, com reabsorção local em zircão de granito anatótico; (3-4) Zonação setorial: 3 paralelo ao eixo C e 4, seção normal ao eixo C; (5-6) Zonação em trilha: 5 zircão de norito, com larga banda zonada superimposta por domínio textural irregular e 6, pontos claros indicando fraturas alteradas perturbando a zonação original; (7-8) Crescimento de esqueleto: 7 fragmentos de zircão incompletos com crescimento em aldos opostos ao do plagioclásio e 8, zircão incompleto devido ao rápido arrefecimento, seção perpendicular ao eixo C. Modificado de Corfu *et al.* (2003). 21

Figura 8. Imagem referente ao equipamento de separação magnética Frantz, utilizado para concentrar minerais com diferentes amperagens. 24

Figura 9. *Mount* produzido a partir das técnicas de laboratório, para a fixação dos grãos de zircão para a posterior análise..... 25

Figura 10. Imagem do microscópio da marca <i>Leica DMLP</i> utilizado para as descrições petrográficas das lâminas do projeto.	26
Figura 11. 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.....	27
Figura 12. Colunas com resina aniônica, utilizadas para a concentração dos ETR's para análise de geoquímica isotópica.....	30
Figura 13. Espectrômetro de Massas da marca Thermo Scientific® Neptune Plus®, utilizado para obter as análises de geoquímica isotópica (Sm/Nd) do projeto.	30
Figura 14. Mapa esquemático dos afloramentos visitados, com as estruturas representadas.....	33
Figura 15. Fotografia de afloramento de Xisto intercalado com lentes Quartzito. É possível observar o intenso grau intempérico da rocha, devido a coloração avermelhada.	34
Figura 16. Afloramento mostrando a relação espacial entre as rochas do XQAG com as rochas metaultramáficas da região. (Orientação da fotografia horizontal = SE-NW)	35
Figura 17. Estereograma referente às medidas de xistosidade dos XQAG (pólos representados como círculos e linha representada por triângulo). Os pólos dos planos mostram uma concentração no quadrante sudeste, indicando uma orientação preferencial NE-SW, e com mergulho de alto ângulo, entre 60° a 90°.	36
Figura 18. Fotomicrografias das lâminas PF-56 (A e B) e PQX-04 (C) [imagens esquerda = nd; imagens direita = nc]. A) Detalhe da textura milonítica dos Muscovita Quartzo Xisto com as fitas de quartzo e muscovita alongadas, e a os porfiroclastos de K-feldspato, intensamente fraturados e com pequena cauda de recristalização. B) Geral da lâmina, com foco principal na estrutura S-C, marcada principalmente na mudança de orientação das fitas de muscovita (traço laranja=plano C) em relação a foliação (traço azul). C) Detalhe da turmalina em lâmina, mostrando a relação da foliação da lâmina em relação ao mineral, formando zonas de sobra de pressão. Qz = quartzo; Ms = muscovita; Kfs = K-feldspato; Tur = turmalina (Whitney & Evans, 2010). Escala = 1 mm.	38
Figura 19. Fotomicrografia da lâmina PF-29 (Quartzito com Muscovita). Imagem geral mostra a textura do quartzo (<i>bulging</i>) e a estrutura S-C visto também no	

Quartzito, mostrando a diferença de orientação do mineral quartzo (traço laranja) em relação a foliação da rocha (traço em azul).....	40
Figura 20. Mosaico das imagens obtidas em MEV-CL do <i>mount</i> dos zircões detríticos do muscovita-quartzo xisto.	42
Figura 21. Imagem em detalhe dos zircões representativos dos 3 padrões morfotexturais (A, B e C) descritos dos <i>mounts</i> de zircões detríticos das rochas metassedimentares. A) Padrão referente a família metamórfica, mostrando a relação textural setorial e morfológica descrita. B e C) Zircões ígneos (zonação oscilatória), mostrando em B, uma preservação da forma original do grão, com arredondamento expressivo, mas pouco esférico, e em C, um alto arredondamento e esfericidade, indicando um intenso desgaste devido ao transporte do grão durante o processo sedimentar. Alguns zircões ígneos são compostos, apresentando bordas texturalmente diferentes em relação ao núcleo.	43
Figura 22. Imagem referente ao MEV-SE da lâmina PF-56 (Muscovita Quartzo Xisto). A) Geral da lâmina, mostrando a trama dos minerais em relação a ocorrência do zircão, nesse caso, incluso no mineral de quartzo. Ms = Muscovita; Qz = Quartzo; Zrn = Zircão (Whitney e Evans, 2010). B) Detalhe, a forma do mineral de zircão da imagem A.	44
Figura 23. Análise em EDS, mostrando a composição química do zircão.	44
Figura 24. Diagrama de Frequência das idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ em zircão detrítico das amostras PF-24 (metagrauvaca), PF-29 (quartzito) e PF-56 (xisto). As rochas metassedimentares de Arroio Grande apresentam idades de zircão detrítico similares entre si, com idade de proveniência mais significativa entre 600 Ma a 700 Ma. Idade detrítica mais jovem 543 Ma.	46
Figura 25. Diagrama de Frequência das idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ em zircão detrítico das amostras PF-24 (metagrauvaca), PF-29 (quartzito) e PF-56 (xisto) representadas em um único histograma, mostrando as idades de zircão mais frequentes entre 600 Ma a 700Ma.	47
Figura 26. Gráfico de evolução de $\epsilon(\text{Nd})$ para as amostras metassedimentares de Arroio Grande, comparadas com o Complexo Pinheiro Machado, o Complexo Metamórfico Porongos e o embasamento – Gnaiss Encantadas e Granitoides Milonitizados Santana da Boa Vista. Dados de Chemale Jr. (2000), Saalman <i>et al.</i> (2006), Gruber (2007) e Loureiro (2015). Modificado de Gruber <i>et al.</i> (2011).	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela de valores ϵ_{Nd} (T=0) e T_{DM} das amostras do XQAG. Observam-se valores negativos de ϵ_{Nd} , mostrando uma contribuição química crustal para as rochas-fonte dos sedimentos, e valores de T_{DM} entre 1,2 a 1,5 Ma.....	43
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

BSE - elétrons retro-espalhados (*Backscattered electrons*)

CDF - Cinturão Dom Feliciano

CHUR - Reservatório Condritico Uniforme (*Chondritic Uniform Reservoir*)

CL - Catodoluminescência

CMP - Complexo Metamórfico Porongos

COAG - Complexo Ofiolítico Arroio Grande

EDS - Espectroscopia de Energia Dispersiva (*Energy Dispersive X-Ray Detector*)

ETR - Elemento Terras Raras

ϵ_{Nd} - Épsilon Neodímio

Kfs - K-feldspato

(LA)-ICP-MS - Espectrômetro de Massa com Nebulização a Laser por Plasma Individualmente Acoplado (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*)

LGI - Laboratório de Geologia Isotópica

MEV - Microscópio Eletrônico de Varredura

Ms - Muscovita

Qz - Quartzo

SE - Elétrons Secundários (*Secondary Electrons*)

T_{DM} - Idade-Modelo de depleção mantélica (*Time of Depleted Mantle*)

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

XQAG - Xistos e Quartzitos Arroio Grande

ZCAG - Zona de Cisalhamento Arroio Grande

ZCAYG - Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão

ZCH - Zona de Cisalhamento Herval

Sumário

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS	viii
1. Introdução	12
1.1. Caracterização do problema	12
1.2. Hipótese	12
1.3. Objetivo	13
1.4. Localização da área de estudo	13
1.5. Contexto geológico.....	13
2. Estado da arte.....	16
3. Metodologias	23
3.1. Trabalho de campo	23
3.2. Preparação de Amostras	24
3.3. Lâminas Petrográficas	25
3.4. MEV	26
3.5. U/Pb.....	28
3.6. Sm/Nd.....	29
4. Resultados.....	32
4.1. Trabalho de Campo	32
4.2. Petrografia	36
4.3. Zircão.....	40
4.4. U/Pb.....	45
4.5. Sm/Nd.....	47
5. Discussões.....	49

6. Conclusões.....	52
7. Referências.....	53
APÊNDICE.....	57
U/Pb (PF-24).....	57
U/Pb (PF-29).....	59
U/Pb (PF-56).....	61

1. Introdução

O presente trabalho refere-se ao estudo de proveniência das rochas metassedimentares do Complexo Ofiolítico Arroio Grande (COAG) (Ramos e Koester, 2014), ao sul do Domínio Leste do Cinturão Dom Feliciano (CDF). Serão descritos aspectos macroscópicos e microscópicos dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande (Ramos e Koester, 2014) que compõem a unidade, além de análises texturais e morfológicas dos zircões que foram utilizados para os dados de proveniência, e por fim, as interpretações dos dados analíticos de idade U/Pb e geoquímica isotópica (Sm/Nd) em rocha-total que responderam as questões propostas para o trabalho.

1.1. Caracterização do problema

As unidades metassedimentares do COAG compreendem os Mármore Matarazzo e Xistos e Quartzitos Arroio Grande (XQAG) (Ramos e Koester, 2014), e considera-se que essas unidades metassedimentares possam corresponder respectivamente, à deposição carbonática e siliciclástica da bacia de *back-arc*. Dados isotópicos $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para os mármore Matarazzo sugerem idades de deposição 820-870 Ma (Neis, 2013), e informações sobre a deposição dos XQAG eram desconhecidas.

1.2. Hipótese

A hipótese discutida no presente trabalho foi sobre a idade de deposição dos sedimentos formadores das rochas metassedimentares que pertencem ao COAG. Ramos e Koester, (2014) afirmam que essas rochas, o Mármore Matarazzo e os Xistos e Quartzitos Arroio Grande, pertencem a mesma bacia. Assim, foi utilizada a hipótese de que essas rochas pertençam ao mesmo evento deposicional, com idades de deposição próximas.

1.3. Objetivo

O objetivo do trabalho foi a utilização de técnicas para a obtenção de idades U/Pb dos zircões detríticos, aliados a dados da geoquímica isotópica de Sm/Nd em rocha-total, para investigar a origem dos sedimentos formadores dos XQAG e determinar suas idades máximas de deposição.

1.4. Localização da área de estudo

O projeto tem como área de estudo a região sudeste do RS, aos arredores do município de Arroio Grande, há 350 km da capital Porto Alegre, pela BR-116. O município de Arroio Grande está situada na folha SI.22-A-II-2 1:50000 (Folha Arroio Grande) e possui as folhas adjacentes representadas pela Figura 1.

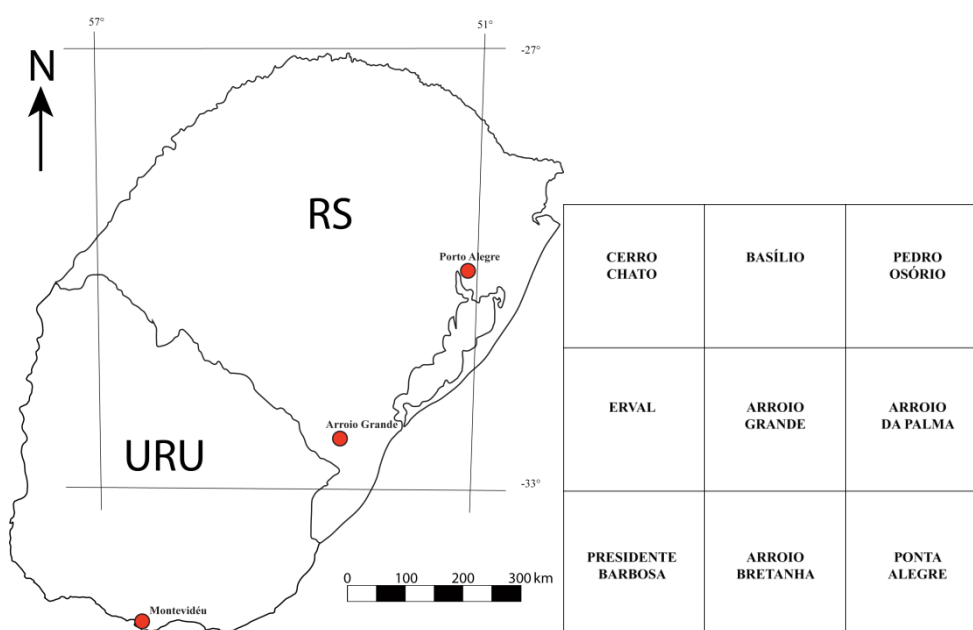


Figura 1. Mapa do Estado do Rio Grande do Sul e do País Uruguai, mostrando a localização do município de Arroio Grande em relação a capital Porto Alegre e a Montevidéu e índice de folhas adjacentes à Folha Arroio Grande.

1.5. Contexto geológico

O Complexo Ofiolítico Arroio Grande (COAG) localiza-se no extremo sul do Domínio Leste do CDF (Figura 2; Fernandes *et al.*, 1995). A ocorrência do COAG restringe-se a uma área de aproximadamente 5x15 km a oeste da cidade de Arroio

Grande, configurando uma lente com orientação preferencial NE-SW, condizente com a orientação da foliação das rochas metamórficas que compõe a unidade das rochas metassedimentares (Ramos e Koester, 2014).

Os xistos são os litotipos predominantes e estão intercalados com lentes com variação de 50 cm a 1 m de largura e até 5 m de comprimento de quartzitos. Intercala-se também com as rochas metamáficas e metaultramáficas e estão limitados tectonicamente com as rochas graníticas do Domínio Oriental do CDF (Granito Três Figueiras, Granito Chasqueiro e o Complexo Pinheiro Machado) pelas zonas de cisalhamento da região (Figura 3).

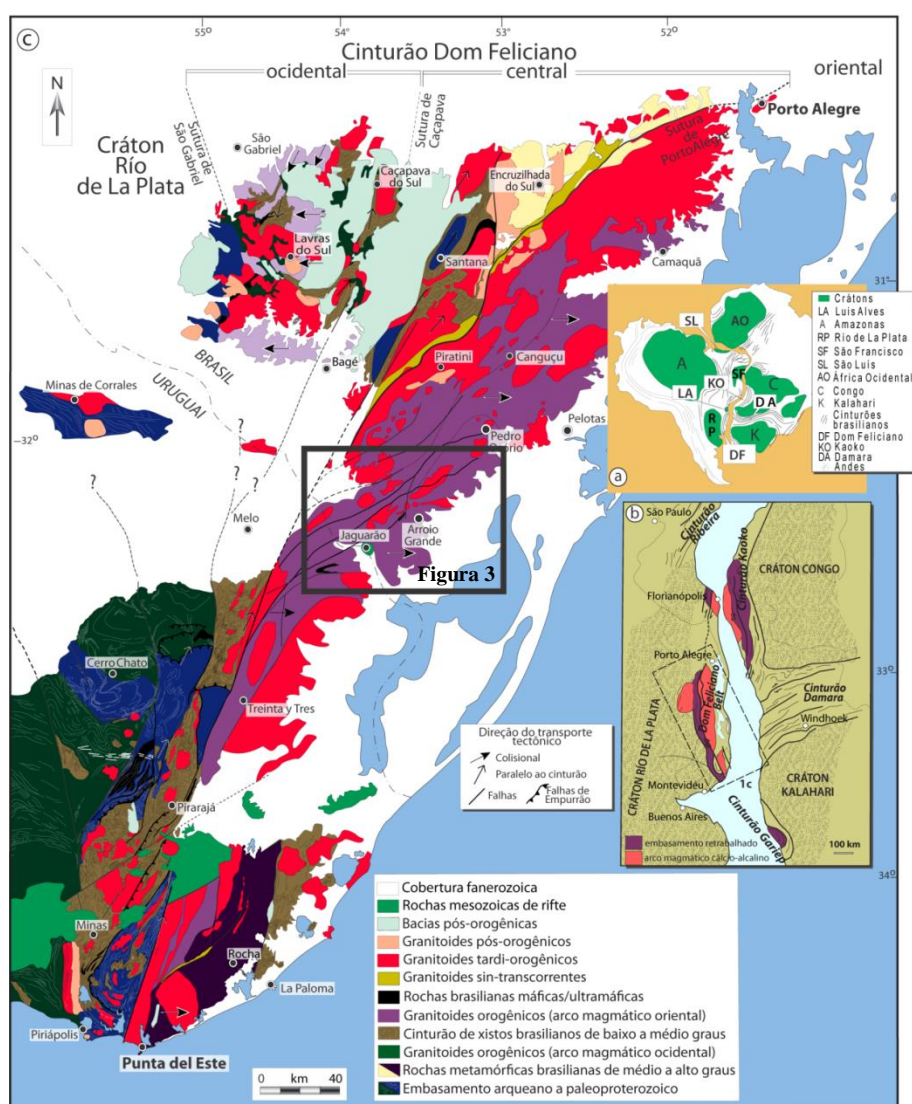


Figura 2. A) Configuração do Gondwana com as principais áreas cratônicas e cinturões relacionados ao Cinturão Dom Feliciano; B) Mapa geológico do Cinturão Dom Feliciano e do Cráton Río de La Plata no sul do Brasil e Uruguai; C) Localização do Cinturão Dom Feliciano e cinturões africanos

adjacentes na configuração do Gondwana. O retângulo preto inserido no CDF mostra a área de estudo do presente trabalho, apresentado a seguir na Figura 3. (Modificado de Ramos, 2014).

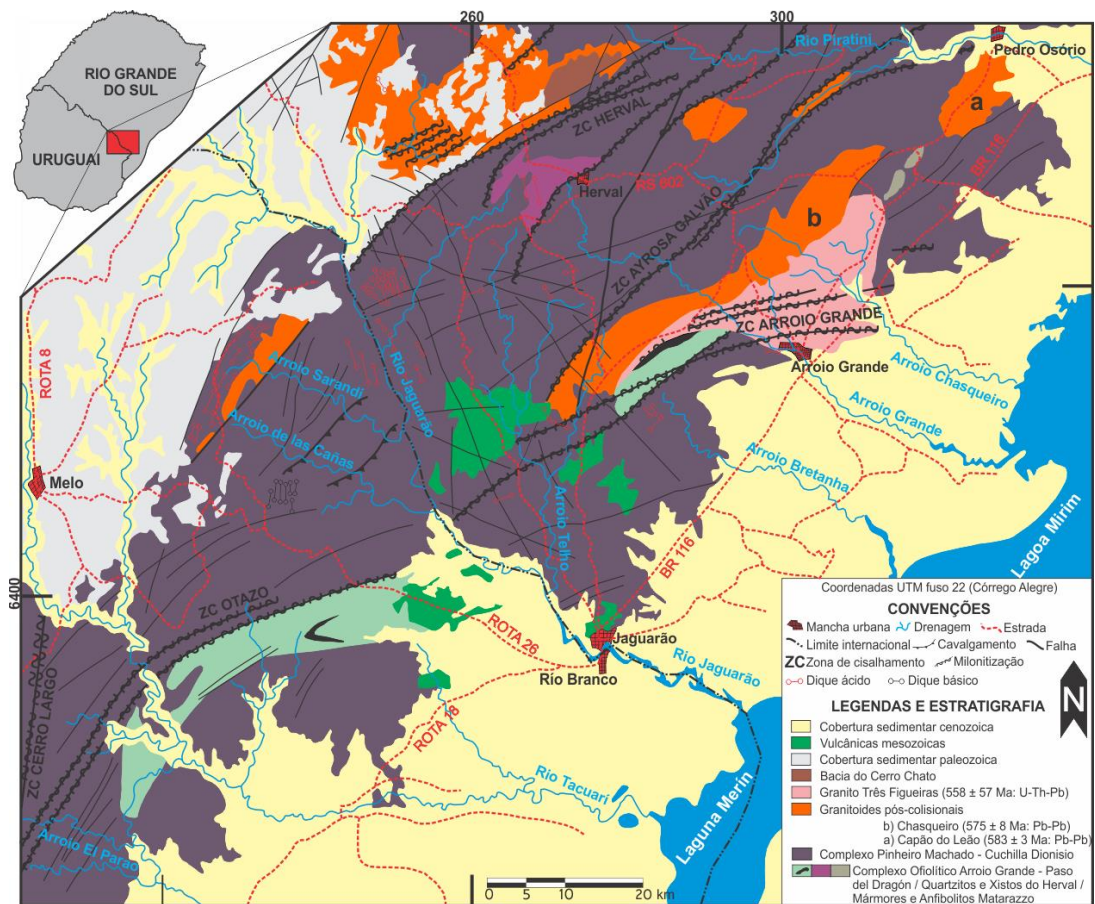


Figura 3. Mapa geológico do extremo sul do Escudo Sul-rio-grandense e nordeste do Escudo Uruguaio. Idades: Granito Três Figueiras, Tickyj et al. (2004); Granitos Chasqueiro e Capão do Leão, Philipp et al. (2002). Modificado de Ramos e Koester (2014).

2. Estado da arte

As referências sobre os Xistos e Quartzitos de Arroio Grande são poucas, sendo sempre associadas às sequências de rochas metassedimentares de Herval descritas por UFRGS (1972) durante o trabalho de mapeamento geológico e por Fragoso Cesar et al. (1986), mas sem terem passado por um estudo mais detalhado, apenas com descrições macroscópicas. São descritos como quartzitos puros, micáceos e feldspáticos, com espessura variável, intercalados com pacotes xistosos intensamente intemperizados.

As principais estruturas regionais na região de Arroio Grande (Figura 4.) são zonas de cisalhamento dúcteis denominadas de Zona de Cisalhamento Ayrosa Galvão (ZCAYG), Zona de Cisalhamento Herval (ZCH) e Zona de Cisalhamento Arroio Grande (ZCAG) (Machado *et al.*, 1995). Segundo esses autores a ZCAG, mais antiga, possui cinemática dextral e alto ângulo próximo a 75° a NE, enquanto as outras duas possuem cinemática sinistral e direção, 45° para NE (ZCAYG) e 65° para NE (ZCH). Ramos (2014) atesta a relação da ZCAG com os XQAG, afirmando ser ela a responsável pela milonitização e forma alongada dos corpos.

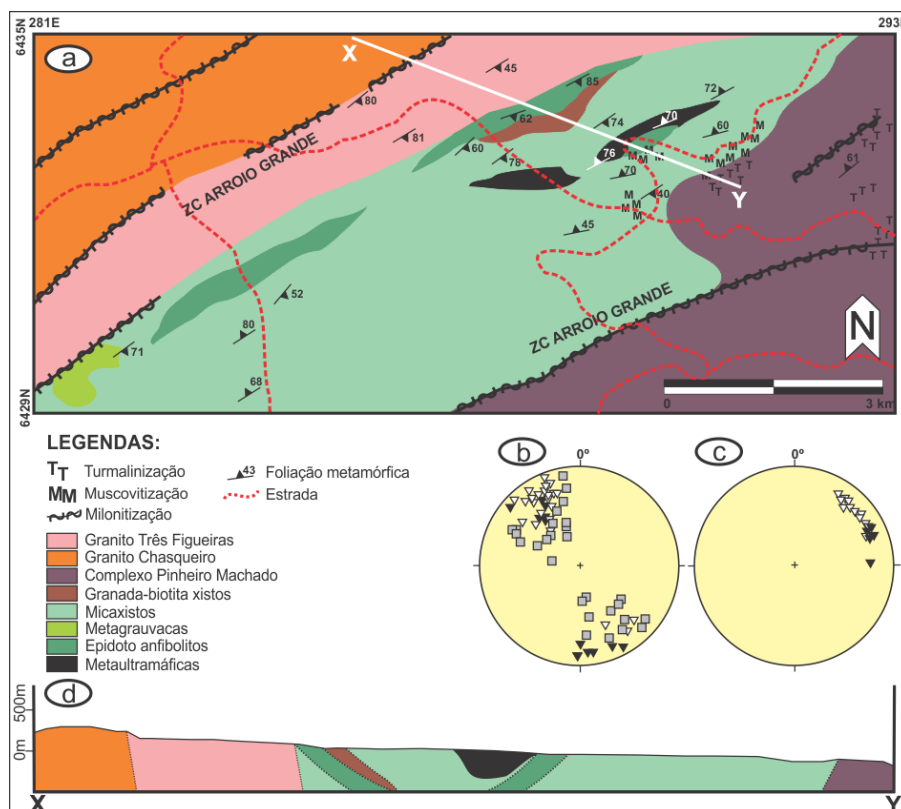


Figura 4. A) Mapa geológico da área estudada. B) diagrama equiárea (hemisfério inferior) com os pólos das foliações das rochas metaultramáficas (triângulos brancos), metamáficas (triângulos pretos) e metassedimentares (quadrados brancos) (N = 70); C) diagrama equiárea (hemisfério inferior) das lineações minerais das rochas metaultramáficas (triângulos brancos) e metamáficas (triângulos pretos) (N = 37); D) Seção geológica esquemática XY. Retirado de Ramos e Koester (2014).

Mais recentemente, Ramos (2013) e Ramos e Koester (2014) propõem uma ideia acerca da evolução e idade das rochas metassedimentares de Arroio Grande. Segundo esses autores, as rochas metassedimentares pertenceriam ao Complexo Ofiolítico Arroio Grande (serpentinitos cromíferos com paragênese de fácies anfibolito, epidoto anfibolitos além das metassedimentares) com idade neoproterozoica (relacionado ao fechamento do paleo-oceano Adamastor). Adicionalmente, é proposta uma possível associação com ocorrências de xistos, anfibolito e migmatitos do Complexo La Tuna no Uruguai e com litologias metavulcânicas máficas, metassedimentares turbidíticas e *mélange* com rochas metavulcânicas e metassedimentares carbonáticas e siliciclástica pertencentes ao Terreno Marmora (W do Cinturão Gariep – Namíbia) (Ramos *et al.*, 2013).

Em lâmina, os xistos apresentam quartzo (granulação muito fina a fina e possui recristalização), plagioclásio, feldspato, biotita e muscovita (granulação fina e estão orientadas formando agregados e bandas de acúmulo de minerais). A textura predominante é granoblástica, lepidoblástica nos agregados nas bandas de micas. Os quartzitos foram estudados apenas macroscopicamente e foi observada uma composição de aproximadamente 80% de quartzo além de feldspato e mica, possuindo textura geral granoblástica (Ramos 2014).

Ramos (2014) cita ocorrências de metagrauvasas como xenólitos no Granito Tres Figueiras, descrevendo-os como granulometria, maciços, de composição quartzo-feldspática com biotita e argila (< 50 %).

2.1. Zircão

O zircão ($ZrSiO_4$) é um mineral importante para a obtenção de idades geocronológicas para o estudo de proveniência de sedimentos das rochas sedimentares e metassedimentares, pois sua estrutura permite que o mineral resista ao intemperismo, diagênese e deformação (Harley e Kelly, 2007). Sua ocorrência é esperada com uma grande variedade de tipos morfológicos e texturais, porque essas características evidenciam as diferentes fontes de contribuição de sedimentos (Gehrels, 2014).

- Morfologia

O mineral de zircão tem como forma cristalográfica tetragonal e hábito prismático, variando a razão de alongação dos cristais entre 1 a 5 em relação à espessura e comprimento (Corfu, 2003). Essas informações traduzem a velocidade de cristalização e auxiliam no entendimento a respeito das condições de temperatura e composição do protólito onde foi formado o mineral (Pupin, 1980). Na figura 5 é possível observar a relação de forma do grão com a sua origem de cristalização (Corfu, 2003).

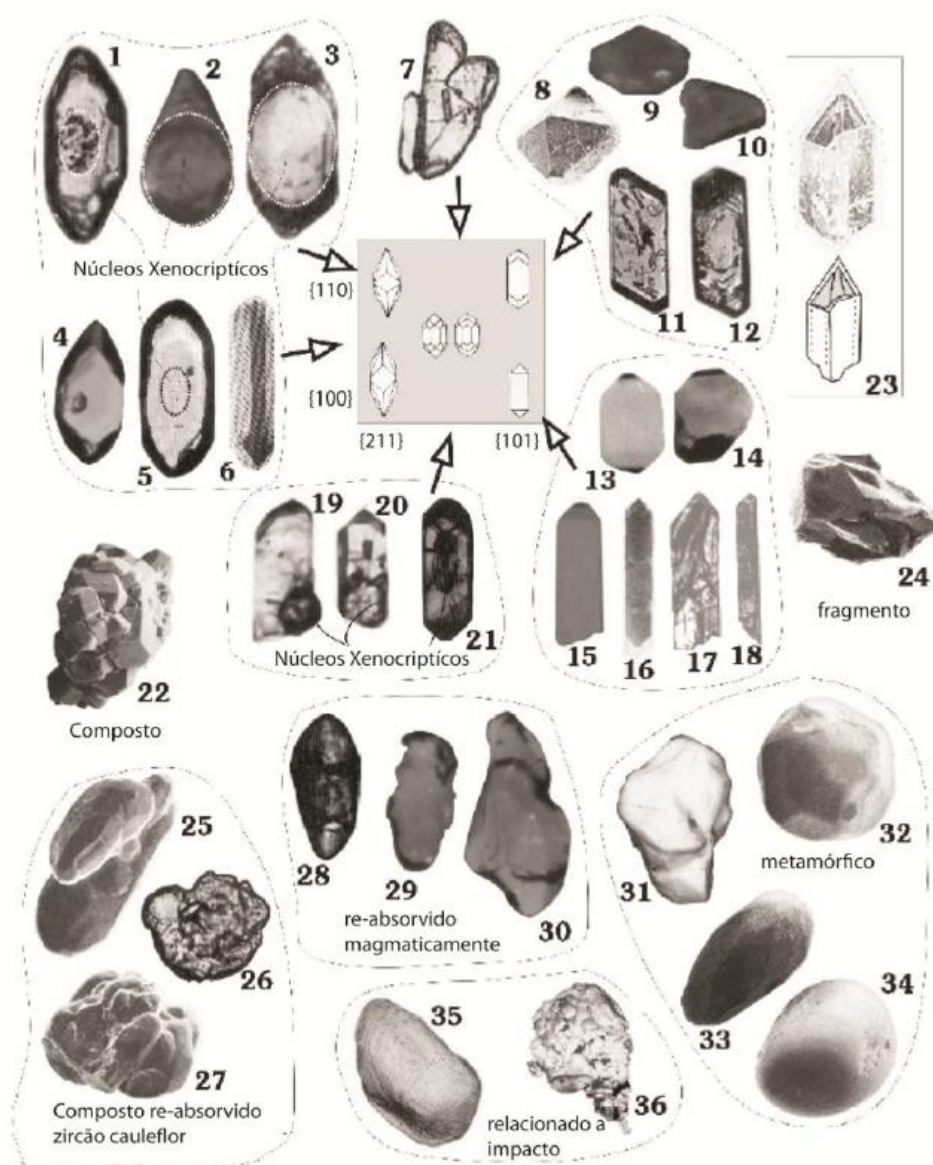


Figura 5. Variações de morfologia externa (grãos entre 70 e 250 μm) de 1 a 21. Variação das características morfológicas em termos de comprimento, largura e tipologia. Nota-se a também a presença de núcleos de xenocristais, inclusões e grau de faturamento. Imagens por SEM, BM e TL. (1) Grão prismático euédrico; (2) Somente uma pirâmide desenvolvida em um subnúcleo largo; (3-4) Grão com núcleo xenocriptico subédrico; (5) Núcleo xenocriptico fantasma, evidenciado apenas por estruturas de bolha; (6) Grão subvulcânico; (7) Germinação complexa; (8) Grão sem nenhuma face prismática; (9-10) Cristais germinados de geometria plana; (11-12) Prismas típicos de baixa velocidade de cristalização; (13-14-15) Fragmentos de zircão; (16) Prismas alongados típicos de cristalização rápida; (17-18) Prismas fraturados de zircões oriundos de gabro; (19-20-21) Núcleos proeminentes sobrecrecidos sobre prismas límpidos; (22) Agregado de zircão em plutônica tipo-A; (23) Cristal de zircão de borda fina vazia; (24) Fragmento típico de populações extraídas de rochas máficas; (25-26-27); Grãos reabsorvidos compostos [cauliflor]: 25 e 27 típicos de metatrandhjemitos e 26 típicos de gnaiss máfico; (28-29-30) Zircões reabsorvidos, magmáticos sem sobrecrecimento: 28 xenocristal solto em granitóide e 29 e 30, xenocristais reabsorvidos em rocha vulcânica piroclástica; (31-32-33-34) Zircões subarredondados a multifacetados: 31 em metagabro, 32 em leucogranito, 33 e 34 em xenólito crustal profundo; (35-36) Zircões relacionados a impacto de meteoritos: 35 reabsorvido com traços de deformação planar e 36, crescimento pós-impacto de zircão policristalino. Modificado de Corfu *et al.* (2003).

Gärtner *et al.* (2013), sugere uma caracterização morfológica dos grãos detríticos de zircão. Utilizando características como arredondamento (Figura 6A) e esfericidade (Figura 6B), é possível retirar informações a respeito da intensidade do transporte e a distância da área-fonte dos zircões. As fraturas sofridas ocorrem sempre paralelo ou perpendicular ao eixo de maior alongação (eixo C) como é mostrado na Figura 6D. (Gärtner *et al.*, 2013).

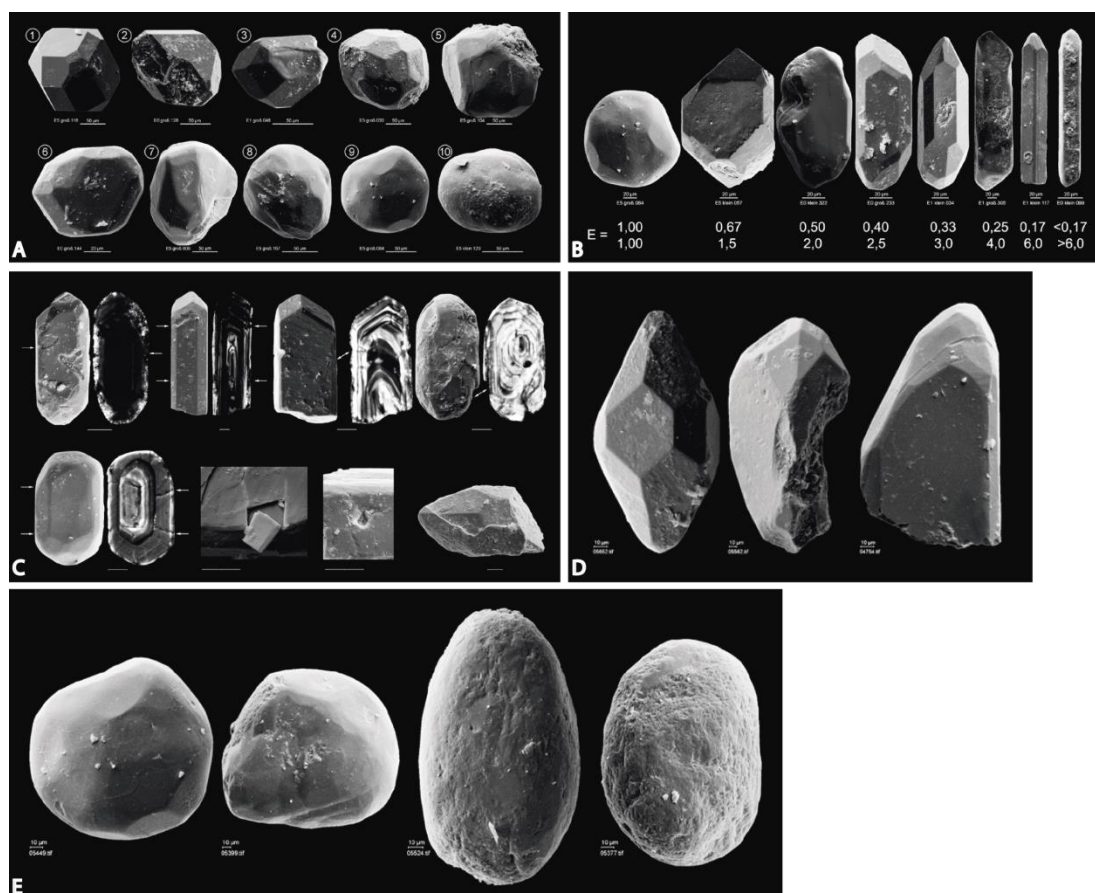


Figura 6. Imagem sobre as possíveis classificações sobre as formas de zircão referente ao transporte sedimentar. A) Relação do zircão referente ao arredondamento (escala: 50 μm); B) Relação do zircão em referente à esfericidade e com a razão de alongação do grão (escala: 20 μm); C) Grãos de zircão com os diferentes tipos de fratura (escala: 10 μm); D) Diferentes tipos de fraturas no grão de zircão, resultantes de colisão, extensão volumétrica, delaminação em camadas (escala: 20 μm); E) Diferentes classes de zircão com marcas de colisão (escala: 10 μm). Retirado de Gärtner *et al.* (2013).

- Textura interna

Assim como a morfologia dos cristais, a textura interna do grão nos remete às condições de cristalização tais como temperatura, pressão, e até deformação no momento da cristalização ou após a solidificação do mesmo. O desenvolvimento das zonas de crescimento ocorre a partir de um núcleo, mostrando ser uma característica principal dos grãos de origem magmática. Na Figura 7 é apresentada uma síntese dos aspectos texturais internos dos grãos de zircão magmáticos e seus principais significados, proposta por Corfu (2003).

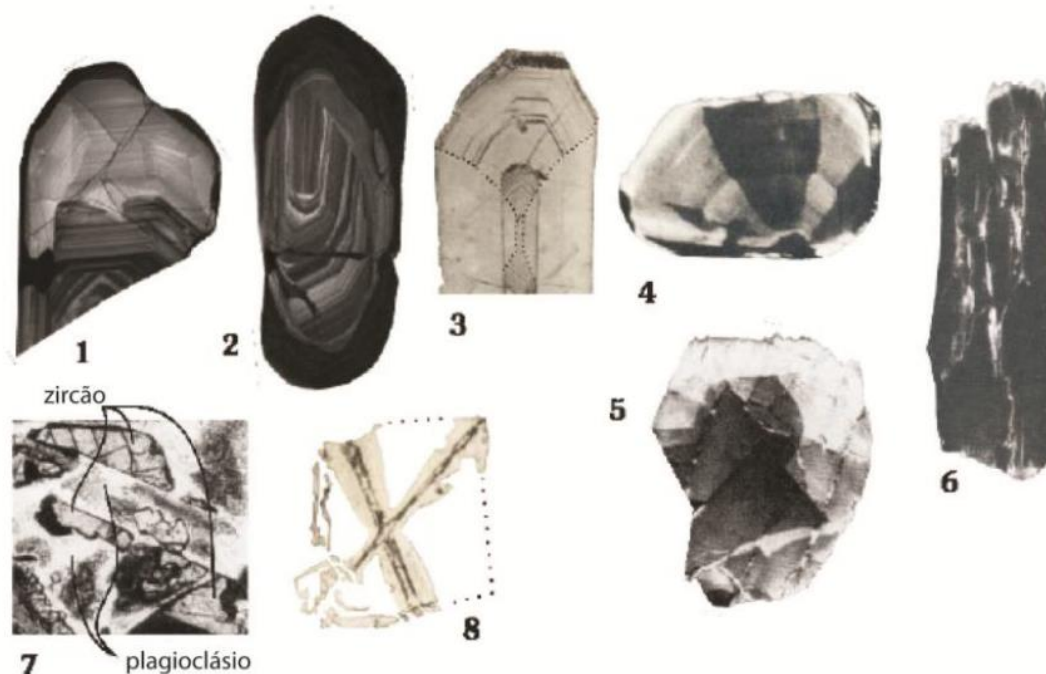


Figura 7. Imagem referente aos tipos de zonação de zircões magmáticos. (1-2) Crescimento por zonação complexa, com reabsorção local em zircão de granito anatótico; (3-4) Zonação setorial: 3 paralelo ao eixo C e 4, seção normal ao eixo C; (5-6) Zonação em trilha: 5 zircão de norito, com larga banda zonada superimposta por domínio textural irregular e 6, pontos claros indicando fraturas alteradas perturbando a zonação original; (7-8) Crescimento de esqueleto: 7 fragmentos de zircão incompletos com crescimento em lados opostos ao do plagioclásio e 8, zircão incompleto devido ao rápido arrefecimento, seção perpendicular ao eixo C. Modificado de Corfu *et al.* (2003).

Para estudo de proveniência dos sedimentos formadores das rochas metassedimentares foi utilizado como base, para interpretar os dados obtidos, a análise qualitativa dos grãos (Fedo *et al.*, 2003). Essa análise considera a utilização de todas as populações de zircão para a datação, independente de sua quantidade na amostra, pois somente de forma randômica e imparcial (Gehrels, 2014) é possível obter as idades que represente de forma mais precisa as áreas-fonte dos sedimentos. Como as análises de U/Pb nos zircões sedimentares não revelam importância para um gráfico de concórdia, é possível utilizar os valores de idade para a produção de histogramas de frequência, onde a repetição das idades reproduzem as da área-fonte mais significativa para a formação das rochas metassedimentares (Fedo *et al.*, 2003).

3. Metodologias

As etapas realizadas para o desenvolvimento do projeto foram estabelecidas com a finalidade de envolver os melhores métodos para responder a hipótese definida. As etapas foram:

- Trabalho de campo
- Preparação de amostras
- Descrição de lâminas petrográficas
- MEV
- U/Pb (LA)-ICP-MS
- Sm/Nd ICP-MS

3.1. Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado entre os dias 23/02 a 02/03 e compreendeu as regiões da cidade de Arroio Grande, Herval e Jaguarão no extremo sul do Rio Grande do Sul. Ao todo, foram descritos 11 afloramentos, nos quais se observaram relações de campo entre as rochas, modo de ocorrência e estruturas deformacionais. A coleta de amostras representativas e de dados estruturais (foliação e lineação) também foi realizada, com aquisição das medidas estruturais planares em Notação em Trama, onde é medida a direção e o ângulo de mergulho do plano.

Para a realização do campo foram utilizados mapas geológicos e imagens aéreas para o planejamento dos afloramentos a serem visitados. Devido a escassez e dificuldade de acesso, foi possível descrever apenas afloramentos pontuais em cortes de estrada e lajeado em beira de sanga.

3.2. Preparação de Amostras

As amostras selecionadas foram preparadas para análise no Laboratório de Preparação de Amostras do Instituto de Geociências. Inicialmente, as amostras foram moídas em um triturador de mandíbula e posteriormente no triturador de moinho de porcelana para produzir uma fração mais fina (entre 80 e 170 *mesh*). Nesta etapa foi quarteado quantidades entre 1 kg a 1,5 kg das amostras para análise de Sm/Nd em rocha-total. O restante foi utilizado para separação de zircões.

Para a separação dos zircões, a partir de cada amostra trituradas, foi obtido o concentrado de minerais pesados presentes em cada amostra. A concentração final foi realizada no separador magnético Frantz utilizando as diferenças de respostas de cada fase mineral às diferentes amperagens aplicadas (Figura 8). Ao final, obtiveram-se os grãos de zircão para a montagem dos *mounts*.



Figura 8. Imagem referente ao equipamento de separação magnética Frantz, utilizado para concentrar minerais com diferentes amperagens.

Os *mounts* com zircão para análise U/Pb (Figura 9) foram produzidos utilizando uma mistura de resina *Buehler epoxy*, com os grãos de zircão sendo despejados sobre fita adesiva. O método de despejo foi empregado na produção do *mount*, com a finalidade de obter o maior número de grãos de zircão sem que ocorra seleção ou

escolha, mesmo que involuntariamente, dos grãos de zircão a serem analisados. (Fedo *et al.*, 2003; Gehrels, 2014).

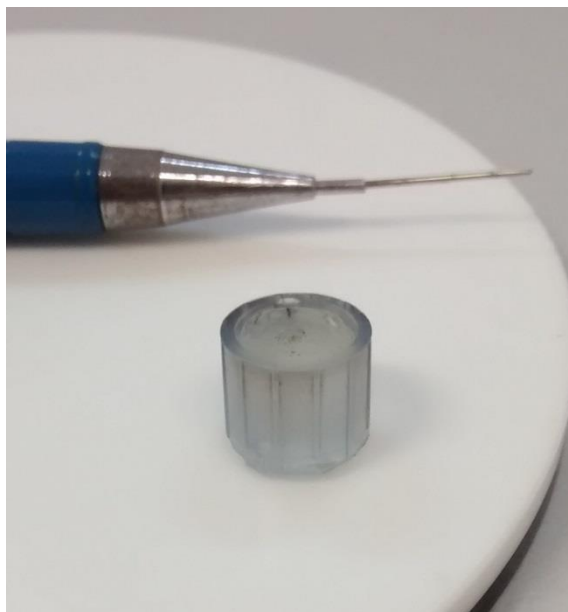


Figura 9. *Mount* produzido a partir das técnicas de laboratório, para a fixação dos grãos de zircão para a posterior análise.

As frações cominuídas de cada amostra, separadas para a análise de geoquímica isotópica de Sm/Nd em rocha-total, foram pulverizadas no “moinho de bolas” para que, em seguida, fossem processadas no LGI.

Todos os processos descritos anteriormente foram realizados com o máximo de cautela, para que não ocorresse nenhum tipo de contaminação entre as amostras e também com o ambiente externo. As etapas seguidas de preparação das amostras são padrões, seguidos pela equipe do Laboratório de Geologia Isotópica (LGI).

3.3. Lâminas Petrográficas

As lâminas petrográficas, foram obtidas das amostras menos alteradas possível, pois essas litologias encontram-se muito intemperizadas. Os cortes foram marcados ortogonais à foliação e paralelos a orientação da lineação de estiramento regional (plano X-Z do elipsoide de deformação) já que em muitos afloramentos não foi possível verificar essa estrutura, visando a melhor observação da relação entre as estruturas presentes na rocha e a assembleia metamórfica.

Foram escolhidas três amostras para laminação, duas amostras de muscovita xisto e uma de quartzito, que foram laminadas pelo Laboratório de Preparação de Amostras. As lâminas petrográficas foram descritas a partir do microscópio óptico modelo *Leica DMLP* que possui objetivas de 2.5x, 5x, 10x, 20x e 50x, e câmera acoplada modelo *Leica DC300F*, utilizado para obter as imagens das mesmas (Figura 10) pertencente ao LGI.



Figura 10. Imagem do microscópio da marca *Leica DMLP* utilizado para as descrições petrográficas das lâminas do projeto.

3.4. MEV

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) foi utilizado para obtenção de imagens em alta resolução e alta magnificação, onde é possível analisar e descrever padrões morfológicos, texturais e da maturidade dos grãos de zircões que foram separados e concentrados para o estudo de proveniência.

No MEV a amostra é irradiada com um feixe focalizado de elétrons. O feixe varre a amostra sequencialmente, e em cada pixel da região percorrida na amostra é determinado o número de elétrons secundários (*Secondary Electrons - SE*), elétrons retro-espalhados (*Backscattered electrons - BSE*) e/ou raios-X característicos. Cada

um destes fenômenos é determinado em um detector distinto e dá origem a uma imagem com características peculiares. As imagens feitas com elétrons secundários geram um contraste de relevo, as imagens com elétrons retro-espalhados geram imagens com contraste de número atômico (quando obtidas em amostras polidas, no caso, os *mounts*) e os mapas de raios-X indicam a presença de determinados elementos na região da amostra.

Além dos diferentes tipos de imagens gerados, o MEV possui um detector EDS (*Energy Dispersive X-Ray Detector* - espectroscopia de energia dispersiva) que quantifica quimicamente a região do mineral analisada, bem como pode gerar mapas composicionais, e ainda um sistema de catodoluminescência que bombardeia elétrons na amostra, fazendo com que a mesma emita radiações em um comprimento de onda entre 160-2000 nm.

O MEV utilizado para esta pesquisa é um modelo JEOL® 6610-LV equipado com EDS e Catodoluminescência (CL) (Figura 11). O equipamento possui uma resolução que varia de acordo com o vácuo produzido, sendo Alto Vácuo (*High Vacuum mode*) correspondente a 3.0 nm (30 kV), 8 nm (3 kV), 15 nm (1 kV) e Baixo Vácuo (*Low Vacuum mode*) correspondente a 4.0 nm (30 kV). Este equipamento possui magnificação de até 300.000 vezes, onde foi utilizado o intervalo de 50 a 200 vezes para a obtenção de imagens no laboratório.



Figura 11. 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.

3.5. U/Pb

Para Gehrels (2014), o método mais aplicado para estudos de proveniência, é a geocronologia U/Pb de zircão detrítico. Utilizando as imagens de MEV-CL procura-se identificar os grãos de zircão sem preferenciar algum tipo morfológico específico e evitando áreas dos grãos com inclusões, fraturas ou feições metamórficas, para obter o dado de idade dos zircões das áreas-fonte, e que ele seja estatisticamente perto do real.

Os valores obtidos são tratados e reduzidos e a partir dos resultados, comparar as distribuições de idade U/Pb com o estudo morfológico e textural dos zircões detríticos que foram datados, para poder definir a(s) possível(veis) área(s)-fonte (Gehrels, 2014).

O método de datação U/Pb é baseado no estudo sobre decaimento radioativo do ^{238}U para ^{206}Pb , ^{235}U para ^{207}Pb e ^{232}Th para ^{208}Pb , onde o U^{4+} encontra-se na estrutura do mineral zircão, substituindo o Zr^{4+} na estrutura. A principal diferença do sistema isotópico do U é sua grande grade de decaimentos para elementos-filho radiogênicos radioativos (Dickin, 1995). Considera-se que todo o valor de Pb analisado no zircão provem do decaimento do U, pois não é comum a entrada de Pb durante a cristalização do zircão e por possuir uma alta temperatura de fechamento do sistema.

As análises de razões U/Pb de zircões de 3 amostras foram obtidas utilizando o Espectrômetro de Massa com Nebulização a Laser por Plasma Individualmente Acoplado (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer* ou LA-ICP-MS), Thermo Scientific® ELEMENT 2® do laboratório de pesquisas isotópicas A.I.R (*Applied Isotope Research Group*) da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. A metodologia analítica utilizada nas análises está descrita em Farina *et al.* (2015). Os dados brutos foram reduzidos usando o programa *Glitter* (Van Achterbergh *et al.*, 2001) e as idades calculadas e plotadas em diagramas de frequência usando o programa IsoplotEX 4 (Ludwig, 2003). As incertezas para cada análise são de 1σ de incerteza.

3.6. Sm/Nd

As razões isotópicas Sm/Nd são utilizadas em estudo de proveniência pois indicam a idade de separação do manto (T_{DM}) e a natureza juvenil ou crustal da área-fonte (ϵ_{Nd}). Isso é possível uma vez que o samário e o neodímio são elementos Terras Raras (ETR), e possuem um comportamento geoquímico muito similar, de modo que os efeitos de processos de intemperismo, transporte sedimentar, deposição e a diagênese sobre as razões isotópicas da época de separação do manto são desprezíveis (Taylor e McLennan, 1985 apud Nie *et al.* 2012). Essas razões são também geralmente preservadas durante o metamorfismo, exceto em condições de alta razão de interação fluido/rocha ou fusão. Assim, a assinatura de rochas sedimentares de origem siliciclástica permite a comparação com possíveis áreas-fonte dos sedimentos. A utilização das composições de Nd e idades T_{DM} em estudos de proveniência de rochas sedimentares e metassedimentares é bastante utilizada, em particular em conjunto com análises de idades U/Pb em zircão detrítico (eg. Nie *et al.*, 2012; Caxito *et al.*, 2014).

As amostras pulverizadas foram pesadas em uma balança de precisão e adicionado a elas, um traçador (*spike*), para aumentar e facilitar a leitura dos elementos pelo Espectrômetro de Massas. Para a concentração dos Elementos Terras Raras (ETR) necessários para a geoquímica isotópica (neste trabalho, os elementos Samário e Neodímio), as amostras passaram por processos em colunas com resinas aniônicas (Figura 12.). Ao final das etapas de passagem das soluções, obtêm-se os produtos finais para a análise no espectrômetro.

Para a obtenção dos dados de Sm/Nd foi utilizado um Espectrômetro de Massa Indutivamente Acoplado (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*) ou ICP-MS da marca Thermo Scientific® Neptune Plus® equipado com 9 detectores Faraday, multiplicadora de elétrons axial (SEM) e 6 MIC's (*multi-ion channeltron*) (Figura 13). Os resultados brutos obtidos foram reduzidos com uma planilha in-house do LGI, na qual a idade modelo é calculada de acordo com (DePaolo, 1981).



Figura 12. Colunas com resina aniônica, utilizadas para a concentração dos ETR's para análise de geoquímica isotópica.



Figura 13. Espectrômetro de Massas da marca Thermo Scientific® Neptune Plus®, utilizado para obter as análises de geoquímica isotópica (Sm/Nd) do projeto.

No presente trabalho foi utilizado o parâmetro ϵ_{Nd} para a interpretação de composições isotópicas de Nd nas diversas litologias, não somente porque auxiliam para a comparação com o CHUR (*chondritic uniform reservoir*), mas também, devido ao valor numérico e ao sinal (positivo ou negativo) serem independentes de uma “normalização ou conversão” das razões isotópicas de Nd (Faure, 1977). O Nd é mais incompatível que o Sm em comparação direta, mas ambos são considerados incompatíveis, e deste modo é mais enriquecido na fusão parcial, e assim o manto é empobrecido em Nd. O manto depletado tem razão Sm/Nd mais elevada do que a crosta e apresenta ϵ_{Nd} positivo, assim como as rochas magmática derivadas diretamente dele (DePaolo, 1981). O valor de ϵ_{Nd} consiste na relação entre a razão $^{143}Nd/^{144}Nd$ (^{144}Nd é estável e independe do decaimento do ^{147}Sm) da rocha e a razão $^{143}Nd/^{144}Nd$ no CHUR, determinada através da relação matemática a seguir (Faure, 1977):

$$\epsilon_{Nd} = \left[\left(\frac{^{143}Nd}{^{144}Nd_{rocha}} \right) - \left(\frac{^{143}Nd}{^{144}Nd_{CHUR}} \right) \right] / \left(\frac{^{143}Nd}{^{144}Nd_{CHUR}} \right)$$

Com a obtenção dos dados de geoquímica isotópica de Sm/Nd em rocha-total das amostras investigadas, foram produzidos gráficos de evolução ϵ_{Nd} *versus* T_{DM} comparados com as litologias do Complexo Pinheiro Machado, as rochas metassedimentares do CMP e as rochas do Gnaisse Encantadas que representam diferentes fontes crustais.

4. Resultados

4.1. Trabalho de Campo

Os afloramentos apresentam um alto grau de intemperismo. Esta característica dificultou tanto a coleta de amostras para a laminação e preparação para a geoquímica isotópica, quanto para a medição das estruturas presentes nos afloramentos. São apresentados, na figura 14, a relação dos afloramentos visitados e suas orientações de foliação medidas.

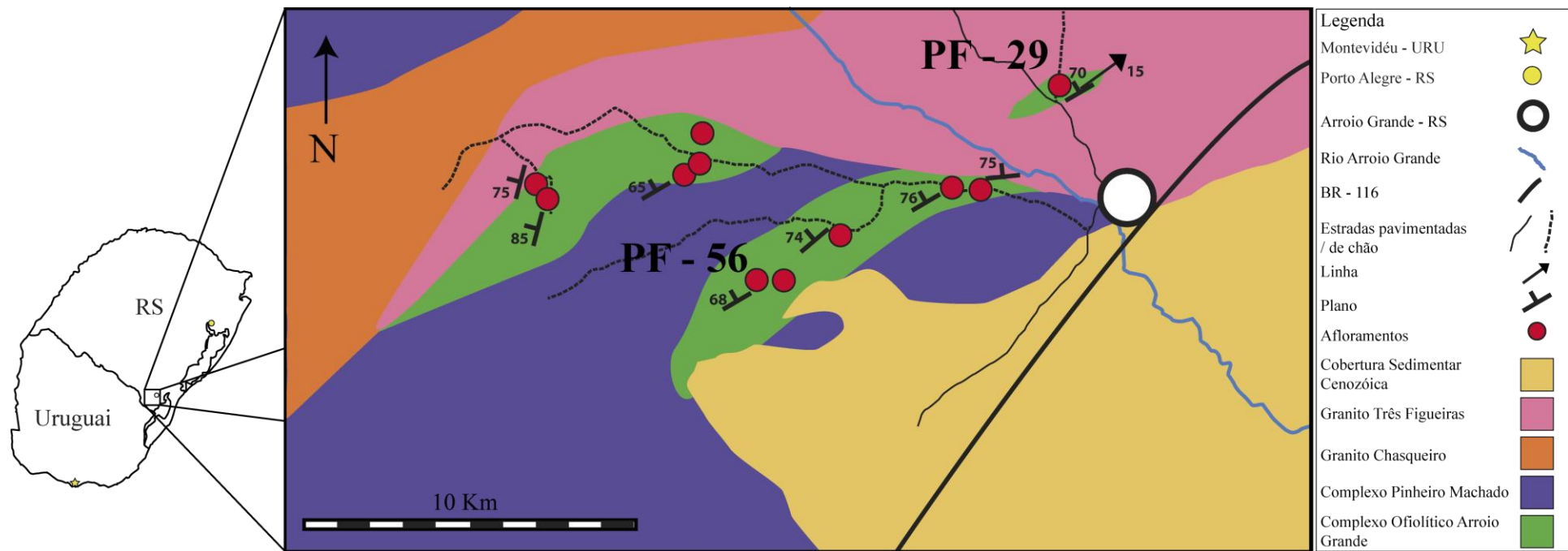


Figura 14. Mapa esquemático dos afloramentos visitados, com as estruturas representadas.

Os xistos são a litologia predominante da região (Figura 15) e é possível visualizar os minerais de quartzo e a muscovita como predominantes, formando uma foliação bem marcada por esses minerais. Apresentam uma variação de cor entre o vermelho e cinza, causado pelo intemperismo. A relação de contato entre os xistos e as rochas graníticas da região foi descrita somente em um ponto onde foi possível a observação de um contato erosivo entre o muscovita xisto e o Granito Três Figueiras (Figura 16). Neste mesmo afloramento é possível observar a presença das rochas metaultramáficas, intercalado com o muscovita xisto e o granito.

Os quartzitos, de menor ocorrência, ocorrem intercalados entre os xistos, possuem como forma geral lentes de espessuras que variam de 0,5 m a 1 m e comprimentos de até 5 m. Apresentam o quartzo como mineral principal e quantidades ainda pequenas de muscovita. O quartzo apresentam lineação de estiramento, que foi possível medir apenas em uma amostra *in situ*, com orientação (15;056).



Figura 15. Fotografia de afloramento de xisto intercalado com lentes de quartzito. É possível observar o intenso grau intempérico da rocha, devido a coloração avermelhada.



Figura 16. Afloramento mostrando a relação espacial entre as rochas do XQAG com as rochas metaultramáficas da região. (Orientação da fotografia horizontal = SE-NW)

Nota-se a partir dos estereogramas confeccionados das medidas de foliação, que há uma orientação preferencial dos planos para NE-SW com uma angulação do mergulho entre 60° a 90° (Figura 17).

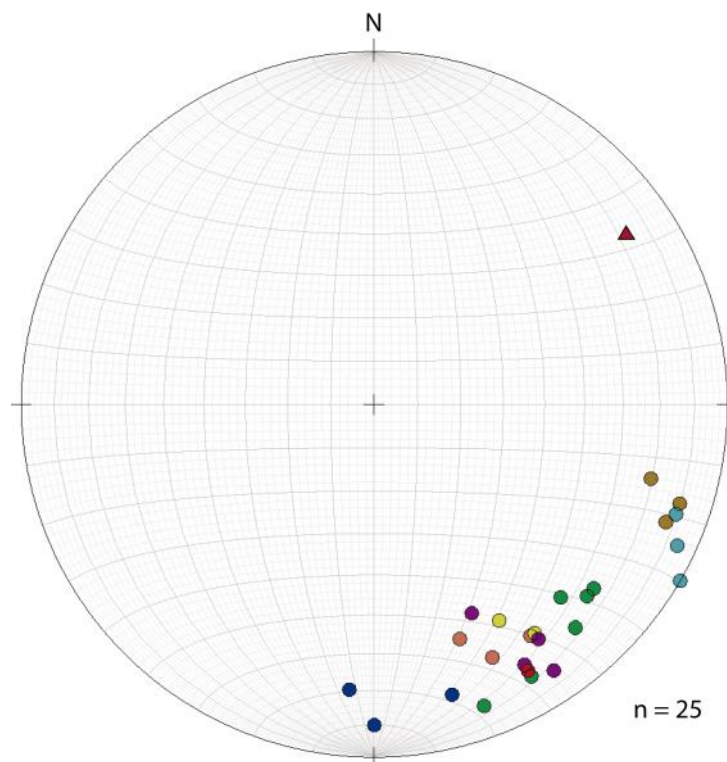


Figura 17. Estereograma referente às medidas de xistosidade dos XQAG (pólos representados como círculos e linha representada por triângulo). Os pólos dos planos mostram uma concentração no quadrante sudeste, indicando uma orientação preferencial NE-SW, e com mergulho de alto ângulo, entre 60° a 90°.

4.2. Petrografia

A petrografia foi realizada a partir de três lâminas representativas dos dois litotipos investigados, sendo duas lâminas dos xistos e uma lâmina do quartzito.

- Muscovita-quartzo xisto

O muscovita xisto, apresenta como mineralogia principal, quartzo, muscovita e K-feldspato. Como mineralogia acessória ocorre zircão e turmalina. As lâminas PF-56 e PQX-04 mostram uma trama milonítica, representada pela textura em fita (*ribbons*) (Figura 18A) marcada por quartzo e muscovita. As fitas de quartzo e muscovita variam em mais de 1 mm de alongação e 0,5 mm de espessura. Os porfiroclastos de K-feldspato apresentam-se por ora fraturados e levemente rotacionados, apresentando uma pequena cauda de recristalização cujo produto é quartzo.

Outra evidência de que o muscovita xisto sofreu milonitização é a presença de estrutura S-C (Figura 18B), marcada pela mudança de orientação das fitas de

muscovita e quartzo, onde o plano C é representado por um maior alongamento e diminuição da espessura das lamelas de muscovita. Os porfiroclastos de K-feldspato também representam uma cinemática concordante com a estrutura em S-C, pelas pequenas caudas de recristalização.

A turmalina ocorre como porfiroclastos prismáticos, com tamanhos de no máximo 1 mm, orientados segundo a foliação. Apresentam sombras de pressão não preenchidas e fraturas perpendiculares ao eixo c, onde ocorre intensa argilização (Figura 18C).

Os zircões apresentam-se com inclusões tanto no quartzo quanto na muscovita. Possuem dimensões de até 0,1 mm, com formas arredondadas e alongadas (remetendo a um hábito prismático, de origem ígnea). São observados poucos zircões com forma esférica. Possuem como característica diagnóstica, halos metamíticos.

A análise petrográfica permitiu a classificação da rocha como muscovita quartzo xisto, e a paragênese metamórfica mostra que as condições de metamorfismo são condizente com a fácies xisto verde segundo a paragênese de muscovita + quartzo em metamorfismo regional orogênico.

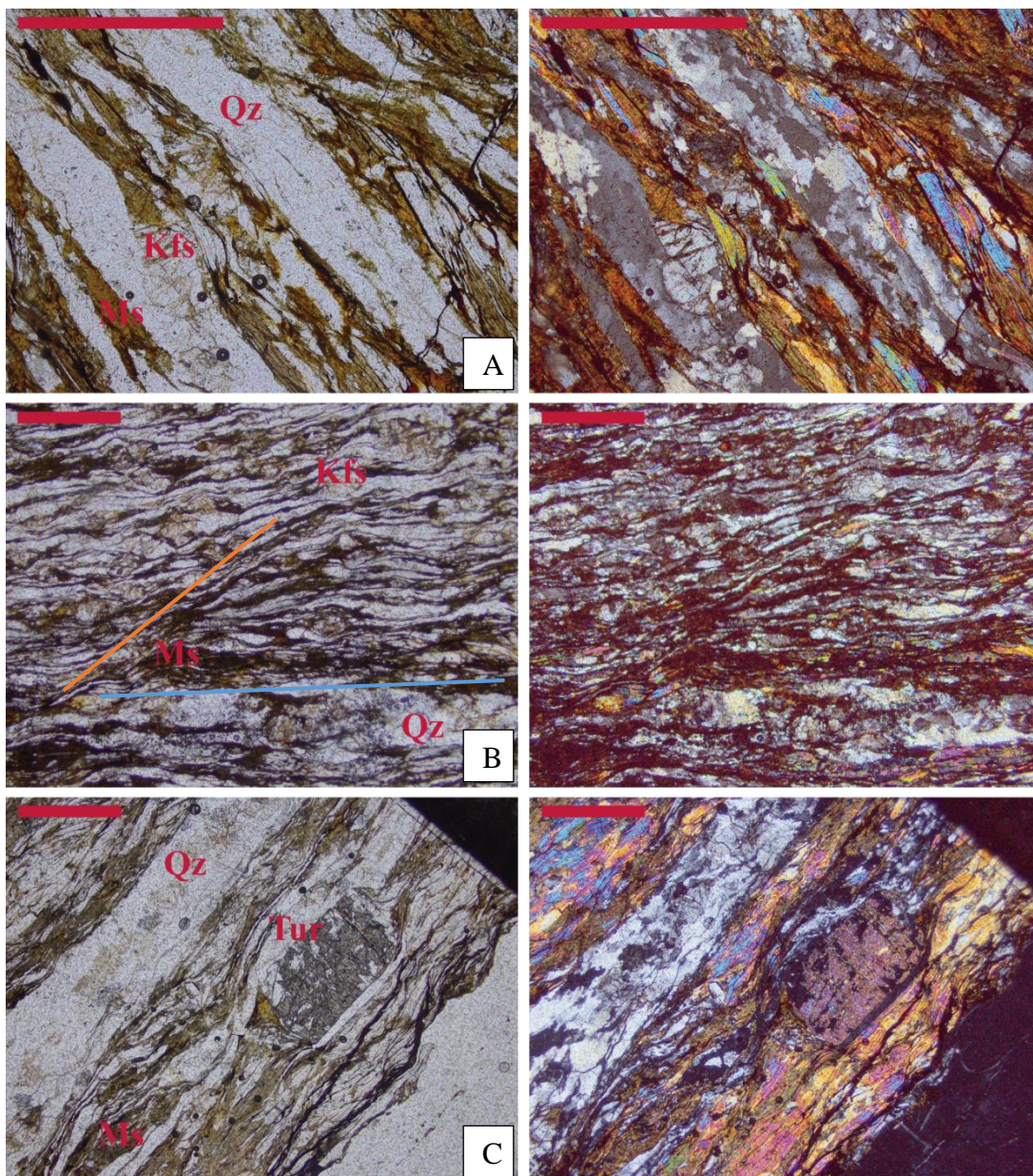


Figura 18. Fotomicrografias das lâminas PF-56 (A e B) e PQX-04 (C) [imagens esquerda = nd; imagens direita = nc]. A) Detalhe da textura milonítica dos Muscovita Quartzito com as fitas de quartzo e muscovita alongadas, e a os porfiroclastos de K-feldspato, intensamente fraturados e com pequena cauda de recristalização. B) Geral da lâmina, com foco principal na estrutura S-C, marcada principalmente na mudança de orientação das fitas de muscovita (traço laranja=plano C) em relação a foliação (traço azul). C) Detalhe da turmalina em lâmina, mostrando a relação da foliação da lâmina em relação ao mineral, formando zonas de sobre de pressão. Qz = quartzo; Ms = muscovita; Kfs = K-feldspato; Tur = turmalina (Whitney & Evans, 2010). Escala = 1 mm.

- Quartzito

O quartzito, cuja descrição macroscópica também apresentada na seção 4.1, apresenta como mineralogia principal, quartzo e muscovita e como mineralogia acessória apresenta zircão. A lâmina PF-29 mostra uma textura de *bulging* onde há migração da borda entre um cristal com menor densidade de deslocamento para outro com maior (recristalização dinâmica) que indica uma temperatura baixa referente ao quartzo, e fitas de muscovita entre os grãos, acompanhando a foliação.

O quartzo possuem contatos irregulares entre os grãos, e apresentam dimensões variadas de 10 μm a 100 μm . A textura de *bulging* do quartzo é evidenciada pela irregularidade dos contatos (contatos lobados) e em alguns casos, quase separando o grão recristalizado, formando o processo chamado *necking*.

As lamelas de muscovita possuem mais de 500 μm de alongação, mas muito finas e marcam a direção da foliação. A lâmina possui também a evidencia de estrutura S-C visível na mudança de orientação dos minerais de quartzo e muscovita (Figura 19).

O zircão apresentam-se com inclusões no quartzo. Ocorrem com dimensões de até 0,1 mm, com formas arredondadas e alongadas principalmente (remetendo a um hábito prismático, de origem ígnea) e poucos com forma esférica. Possuem como característica diagnóstica, halos metamíticos.

A descrição petrográfica permitiu classificar a rocha como quartzito com muscovita, e observando a textura em *bulging* que indica uma recristalização dinâmica em baixa temperatura entre 200° a 300°.

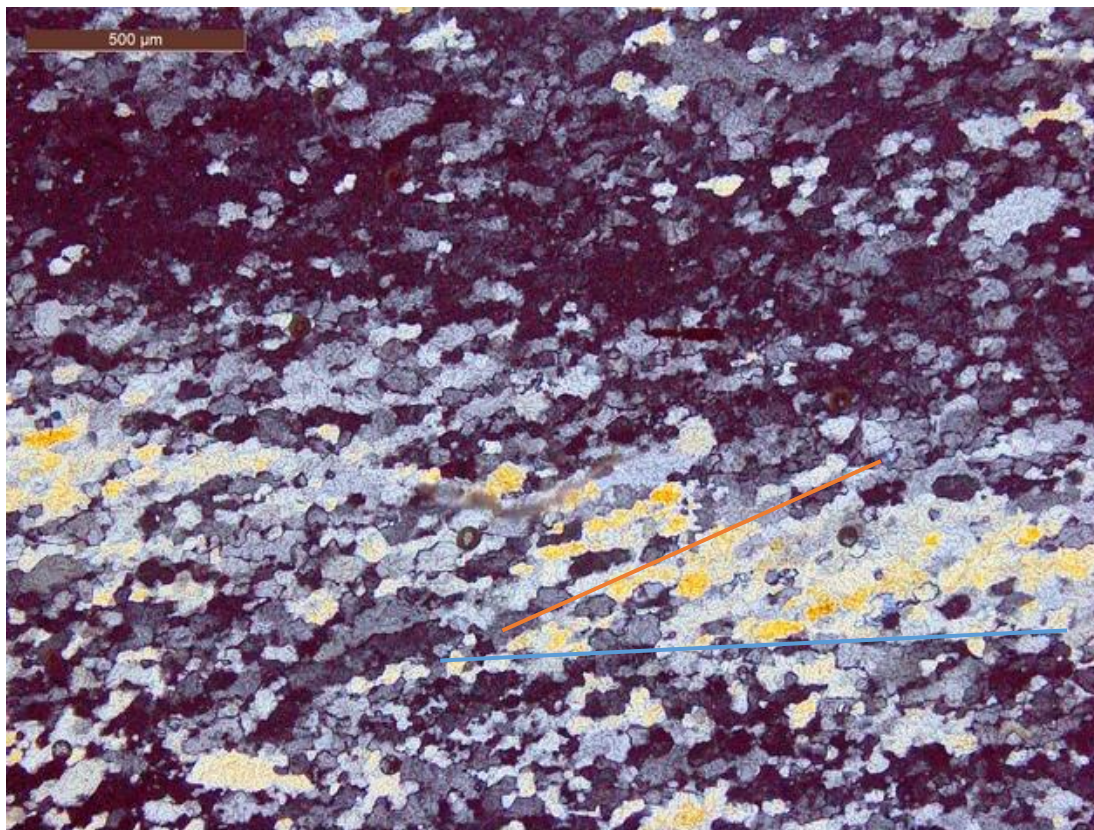


Figura 19. Fotomicrografia da lâmina PF-29 (Quartzito com Muscovita). Imagem geral mostra a textura do quartzo (*bulging*) e a estrutura S-C visto também no Quartzito, mostrando a diferença de orientação do mineral quartzo (traço laranja) em relação a foliação da rocha (traço em azul).

4.3. Zircão

Com a utilização do MEV-CL, foram obtidas imagens de zircões do *mounts* produzidos a partir do concentrado de zircões dos XQAG. A imagem mostra uma variabilidade de formas e padrões texturais dos zircões das amostras coletadas, confirmando a variabilidade de áreas-fontes dos sedimentos formadores dos xistos e quartzitos (Figura 20). As texturas internas dos zircões são caracterizadas por padrões de crescimento concêntricos e regulares do centro para a borda (zonação oscilatória), indicativo de cristalização ígnea, com ou sem núcleo composto (com crescimento diferenciado do centro pra borda) e em algumas ocorrências, possuem bordas metamórficas. Textura metamórfica é observada em zircões com textura setorial, onde o zircão se desenvolve em um processo lento, formando setores.

Os zircões de origem metamórfica tendem a ser mais arredondados em geral, e possuem uma esfericidade muito alta (Figura 21A), comparados com zircões ígneos.

Em relação aos zircões de origem ígnea (que possuem uma textura característica de origem ígnea), é possível distinguir dois grupos principais. O primeiro grupo possui um arredondamento acentuado, mas por vezes é visível a interrupção abrupta das linhas de crescimento do zircão causado pela quebra do mesmo durante o transporte (Figura 21B). Mas sua esfericidade é baixa, visto que sua forma ainda remete ao seu hábito prismático. Já o segundo grupo apresenta uma esfericidade um pouco mais elevada, assim como o arredondamento, mas não apresenta alguma característica que indique quebra do grão (Figura 21C).

A imagem obtida em *BSE* no MEV mostra a relação do zircão em lâmina, onde o zircão aparece incluso em cristais de quartzo e muscovita, apenas (Figura 22). Em relação às inclusões, é recorrente a presença de zircões na muscovita e em menor ocorrência, nos cristais de quartzo. Foram analisados alguns minerais para o controle composicional (Figura 23).

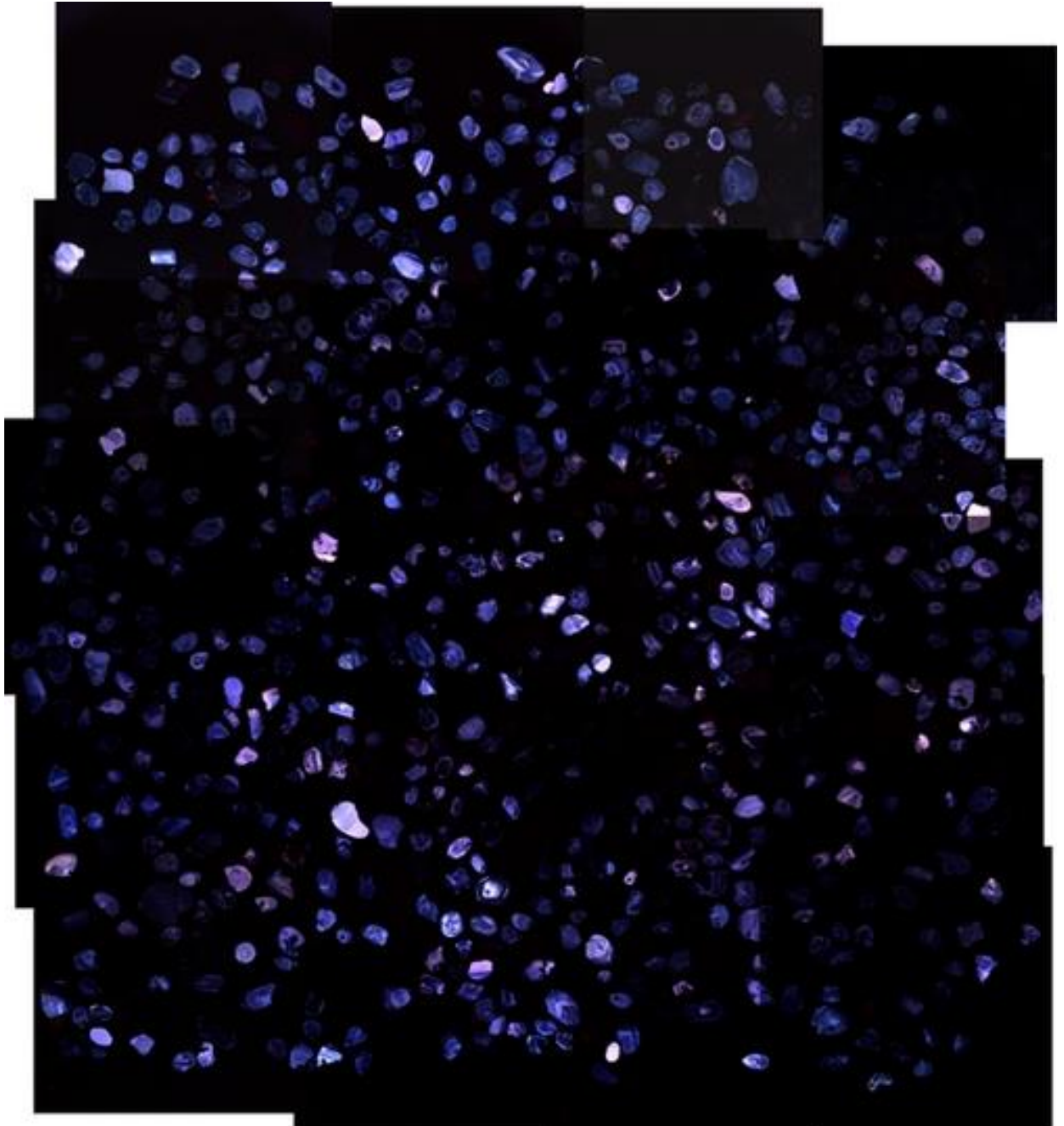


Figura 20. Mosaico das imagens obtidas em MEV-CL do *mount* dos zircões detríticos do muscovita-quartzo xisto.

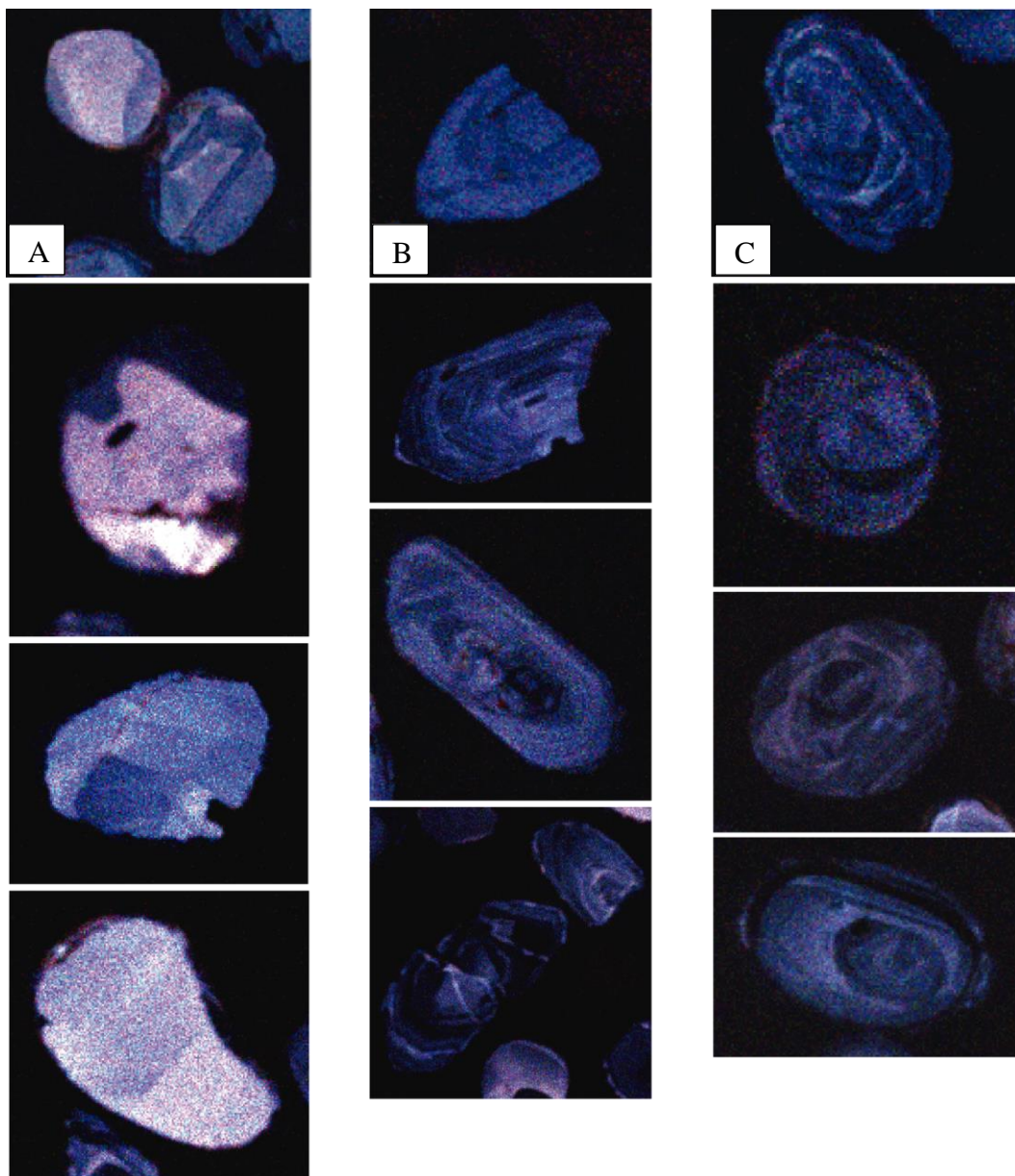


Figura 21. Imagem em detalhe dos zircões representativos dos 3 padrões morfotexturais (A, B e C) descritos dos *mounts* de zircões detríticos das rochas metassedimentares. A) Padrão referente a família metamórfica, mostrando a relação textural setorial e morfológica descrita. B e C) Zircões ígneos (zonação oscilatória), mostrando em B, uma preservação da forma original do grão, com arredondamento expressivo, mas pouco esférico, e em C, um alto arredondamento e esfericidade, indicando um intenso desgaste devido ao transporte do grão durante o processo sedimentar. Alguns zircões ígneos são compostos, apresentando bordas texturalmente diferentes em relação ao núcleo.

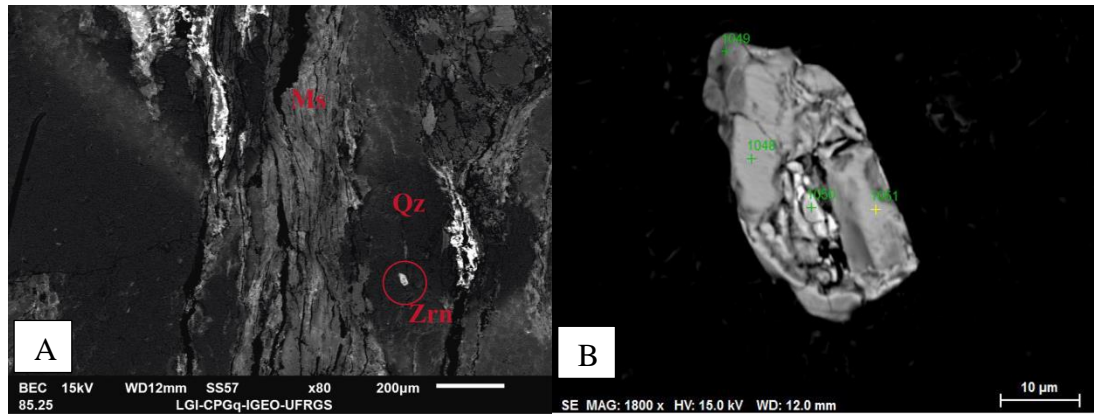


Figura 22. Imagem referente ao MEV-SE da lâmina PF-56 (Muscovita Quartzo Xisto). A) Geral da lâmina, mostrando a trama dos minerais em relação a ocorrência do zircão, nesse caso, incluso no mineral de quartzo. Ms = Muscovita; Qz = Quartzo; Zrn = Zircão (Whitney e Evans, 2010). B) Detalhe, a forma do mineral de zircão da imagem A.

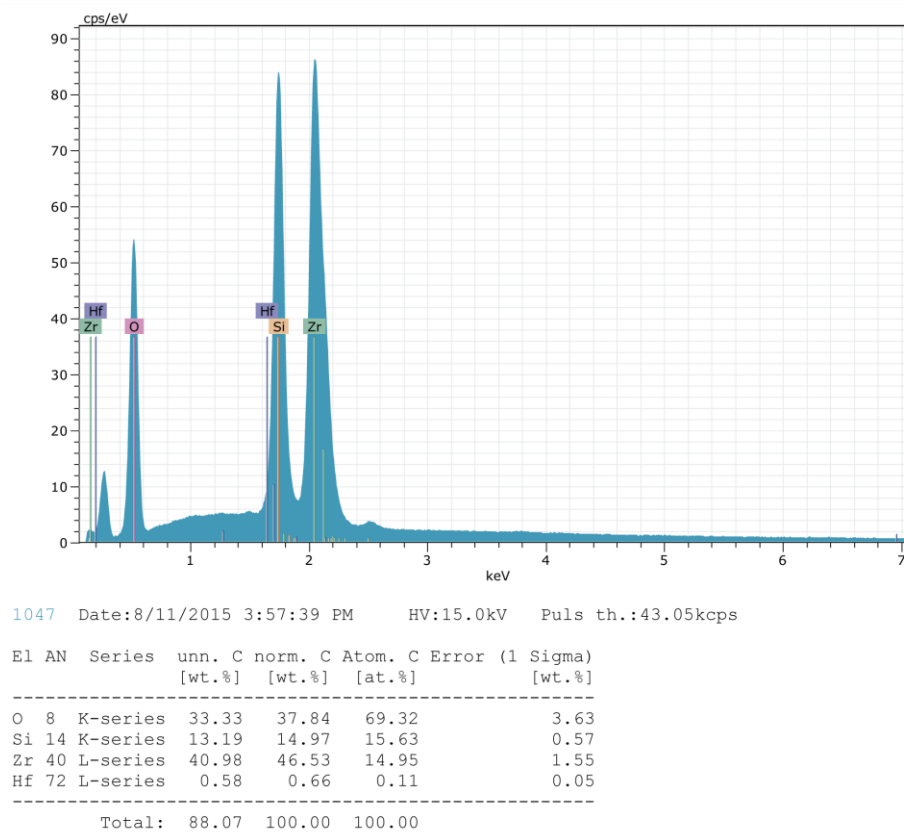


Figura 23. Análise em EDS, mostrando a composição química do zircão.

4.4.U/Pb

Ao todo, foram analisados 239 zircões (Apêndice 1) do XQAG. As idades com concordância acima de 95 % (144 no total, 51 na amostra PF-24, 34 na amostra PF-29 e 59 na amostra PF-56) (Figura 25) foram utilizadas para a confecção de diagramas de frequência das idades dos zircões detríticos para cada amostra e geral para a unidade. Podem-se distinguir duas famílias principais de idade nos diferentes *mounts* (Figura 24): grupo 1 (zircões de idade criogeniana-ediocarana - 560 Ma a 650 Ma), grupo 2 (zircões tonianos a calimianos - 800 Ma a 1400 Ma) e grupo 3 (zircões estaterianos a riacianos - 1600 Ma, 1800 Ma, 2000 Ma e 2300 Ma).

No *mount* PF-24 (metagrauvaca), há zircões detríticos paleoproterozoicos de idades entre o Sideriano e o Orosiriano com uma morfologia arredondada e esférica, e apresenta texturas interna ígnea com borda metamórfica. Zircões mesoproterozoicos do intervalo do steniano apresentam textura interna ígnea e formas quase esféricas e bem arredondadas. Já os zircões de idade neoproterozoica entre Toniano a Criogeniano apresentam um arredondamento expressivo, alguns zircões apresentam arestas angulosas devido ao faturamento por transporte (que não é observado nos zircões de idades anteriores), e esfericidade pouco expressiva. A textura interna dos zircões neoproterozoicos indica cristalização ígnea.

Em relação aos zircões do *mount* PF-29 (quartzito), o grupo detrítico paleoproterozoico entre o Riáciano e o Estateriano possuem formas arredondadas e esféricas. Os zircões mesoproterozoicos de intervalo entre o Calimiano e Ectasiano apresentam características mais esféricas e arredondadas, de tamanho relativamente menor. Os zircões detríticos neoproterozoicos possuem formas prismáticas com indicativos de fraturamento, zircões quase esféricos, mas todos poucos traços de arredondamento, mostrando alguma angulação entre as arestas dos grãos detríticos.

O *mount* PF-56 (xisto) apresenta zircões detríticos de idade paleoproterozóica Osiriano com alto grau de arredondamento e esfericidade, e com textura interna variando de ígnea e metamórfica. Os zircões detríticos mesoproterozoicos desde o Calimiano, Ectasiano e Esteniano possuem alto grau de arredondamento de suas arestas, mas apresentam baixa esfericidade, com o predomínio do padrão textural ígneo. A população de zircões detríticos neoproterozoicos com variação textural e morfológica. Possuem zircões arredondados e esféricos, com características texturais

ígneas, alguns menos esféricos (com o eixo C um pouco preservado) e zircões pouco arredondados e prismáticos, ou com características de fraturas. Esse último grupo apresentam idades mais jovens que 650 Ma.

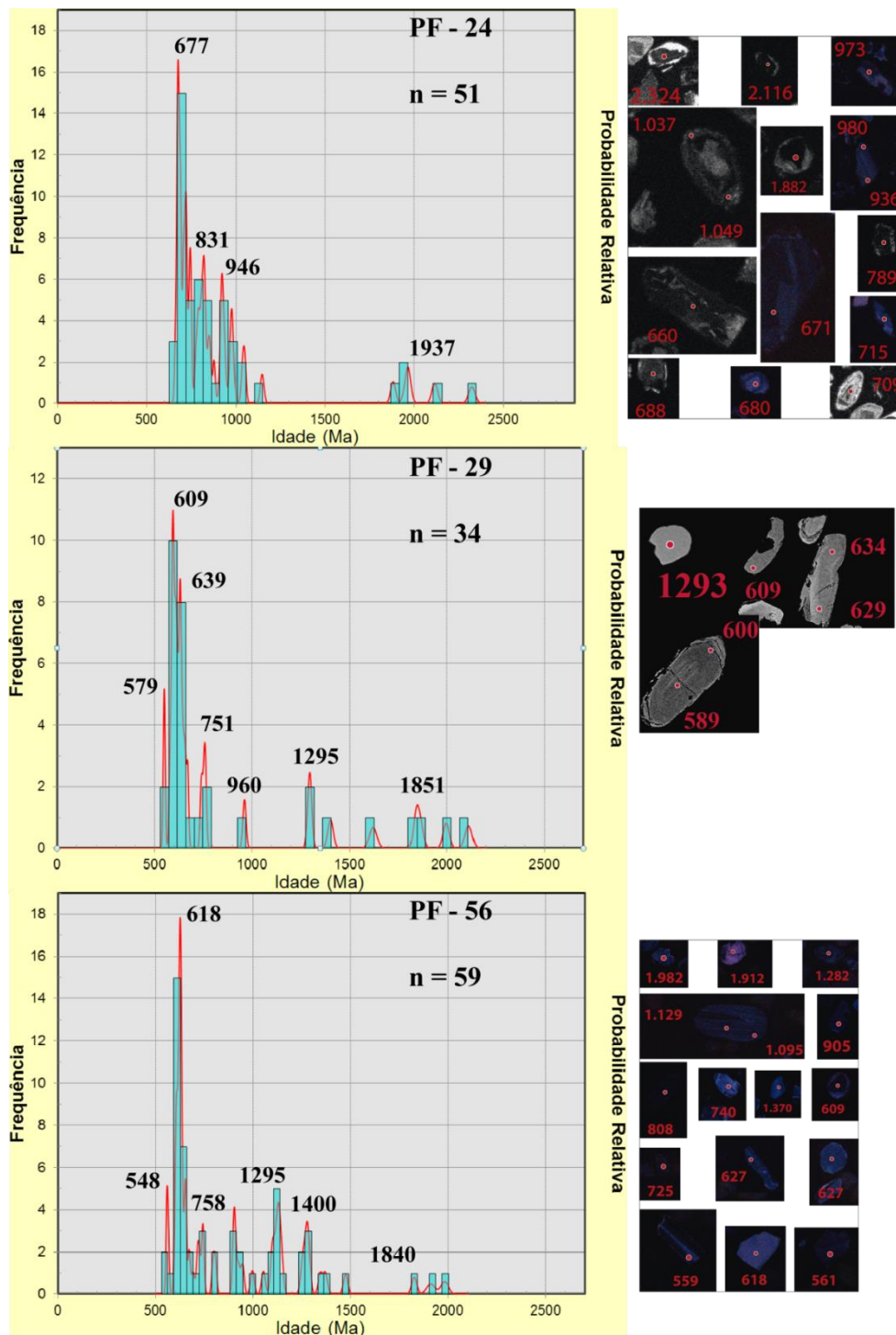


Figura 24. Diagrama de Frequência das idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ em zircão detritico das amostras PF-24 (metagrauvaca), PF-29 (quartzito) e PF-56 (xisto). As rochas metassedimentares de Arroio Grande apresentam idades de zircão detritico similares entre si, com idade de proveniência mais significativa entre 600 Ma a 700 Ma. Idade detritica mais jovem 543 Ma.

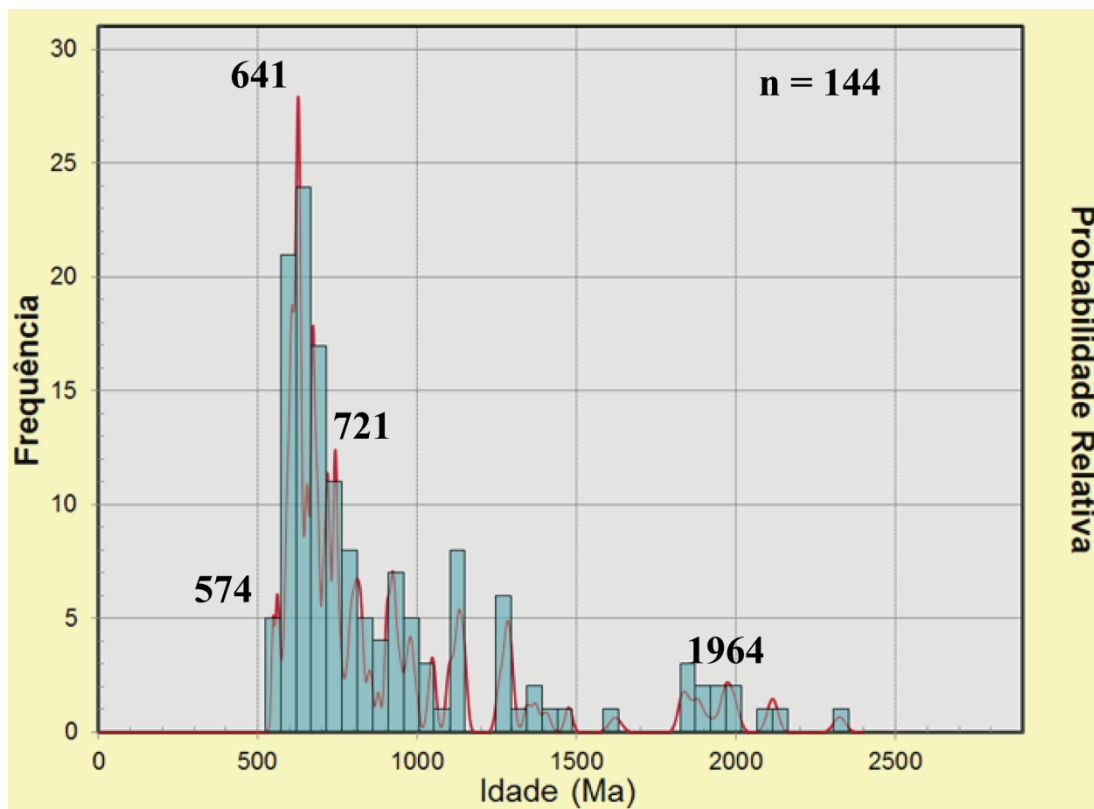


Figura 25. Diagrama de Frequência das idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ em zircão detritico das amostras PF-24 (metagrauvaca), PF-29 (quartzito) e PF-56 (xisto) representadas em um único histograma, mostrando as idades de zircão mais frequentes entre 600 Ma a 700Ma.

4.5.Sm/Nd

A partir das análises de Sm/Nd realizadas nas rochas metassedimentares, obteve-se o parâmetro de ϵ_{Nd} e T_{DM} , onde pode-se comparar com as diversas rochas da região. As três análises mostram que os sedimentos que compõem as rochas estudadas, provem de uma fonte crustal devido ao valor negativo de ϵ_{Nd} entre -7 a -12 e valores de T_{DM} entre 1200 Ma a 1600 Ma (como mostra na Tabela 1).

Tabela 1. Tabela de valores ϵ_{Nd} ($T=0$) e T_{DM} das amostras do XQAG. Observam-se valores negativos de ϵ_{Nd} , mostrando uma contribuição química crustal para as rochas-fonte dos sedimentos, e valores de T_{DM} entre 1,2 a 1,5 Ma.

Amostra	ϵ_{Nd} ($T=0$)	T_{DM} (Ma)
PQX – 04 (Xisto)	-7,59	1.213
PF – 56 (Xisto)	-8,32	1.394
PU – 34 (Xisto)	-11,81	1.567

Esses valores, comparados com estudos anteriores em outras litologias do CDF mostram uma semelhança que reflete a época de extração do magma formador dessas rochas (ou rochas-fontes) a partir do manto depletado.

Como visualizado no gráfico de ϵ_{Nd} versus Tempo (Figura 26), os valores dos XQAG assemelham-se com as rochas Metassedimentares de Arroio Areião (Gruber, 2011) do CMP, e também do Complexo Pinheiro Machado (Loureiro *et al.*, 2015) na parte leste do CDF.

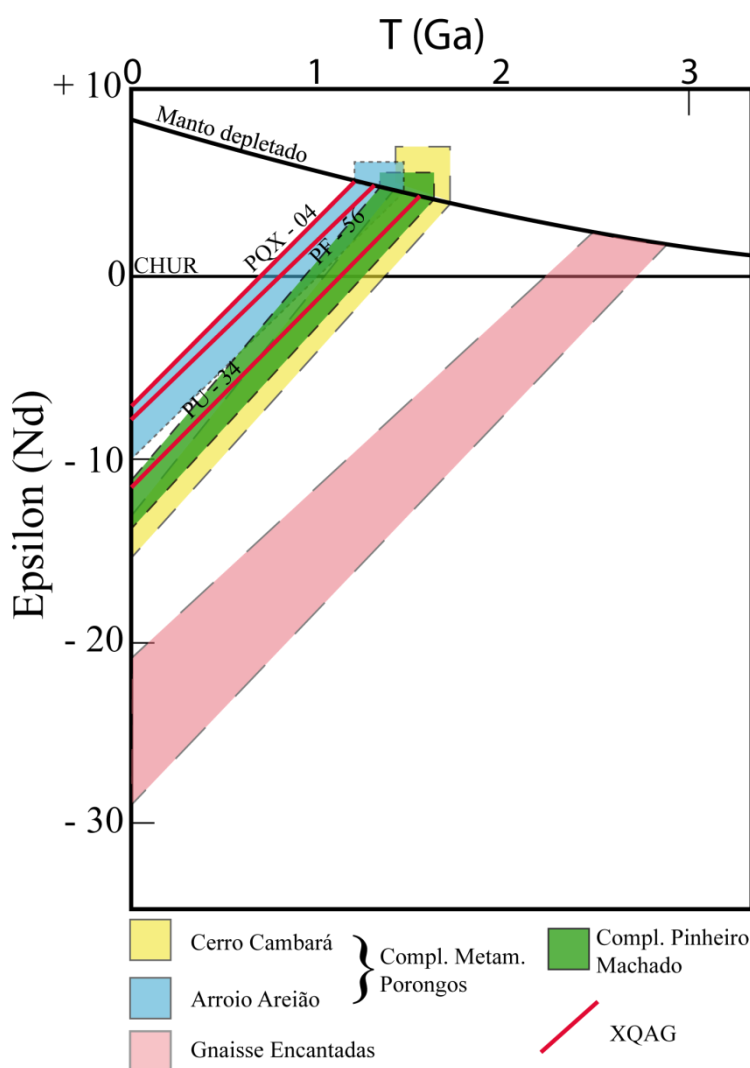


Figura 26. Gráfico de evolução de $\epsilon(Nd)$ para as amostras metassedimentares de Arroio Grande, comparadas com o Complexo Pinheiro Machado, o Complexo Metamórfico Porongos e o embasamento – Gnaisse Encantadas e Granitoides Milonitizados Santana da Boa Vista. Dados de Chemale Jr. (2000), Saalman *et al.* (2006), Gruber (2007) e Loureiro, *et al.* (2015). Modificado de Gruber *et al.* (2011).

5. Discussões

Os Xistos e Quartzitos Arroio Grande ocorrem no SE do CDF, com predomínio de muscovita-quartzo xisto e subordinadamente quartzitos com muscovita e metagrauvascas. Todas as unidades foram metamorfizadas em fácies xisto verde e estão inseridos em um contexto de movimentação transcorrente da ZCAG.

Os dados estruturais de foliação apresentados no estereograma, permitem observar um padrão em “guirlanda”, com uma variação da orientação dos planos de N-S para E-W. Pode-se interpretar como uma provável inflexão da Zona de Cisalhamento Arroio Grande (ZCAG), onde os XQAG estão inseridos. A atitude de lineação com baixo caimento para NE condiz com as lineações apresentadas por Ramos (2014), indicando movimentação transcorrente da Zona de Cisalhamento Arroio Grande (Machado *et al.*, 1995).

As descrições de lâminas para os xistos e quartzitos atestam a influência da ZCAG na unidade representadas. Os xistos apresentam estruturas S-C, texturas em fita em quartzo e muscovita, além de uma leve rotação dos porfiroclastos de K-feldspatos. No quartzito, a textura em *bulging* dos grãos de quartzo e a estrutura S-C incipiente, mostra o efeito do cisalhamento nessas rochas, de baixa intensidade. Estas características indicam uma condição de cisalhamento de baixa temperatura condizente com a assembleia de fácies xisto verde dos xistos.

Os resultados de ϵ_{Nd} (entre -7 a -12) e entre T_{DM} 1,2 a 1,5 Ma dos XQAG indicam, uma assinatura isotópica crustal para as rochas fontes dos sedimentos que formaram seus protólito. Os dados apresentados no trabalho mostram semelhança com os valores publicados de litologias como o Complexo Pinheiro Machado (entre -11 e -14 e T_{DM} 1,3 a 1,7 Ma) (Loureiro, 2015) e com as rochas metassedimentares do Complexo Metamórfico Porongos, com ϵ_{Nd} entre -7 a -10 e T_{DM} 1,2 a 1,4 Ma do Arroio Areião (Gruber, 2010), e menor semelhança com o ϵ_{Nd} entre -12 a -15 e T_{DM} 1,5 a 1,7 Ma para Cerro Cambará.

Portanto, é possível associar a área fonte para os sedimentos dos XQAG com os valores ϵ_{Nd} e T_{DM} das rochas metassedimentares de Arroio Areião, devido à semelhança dos valores obtidos. As rochas do Complexo Pinheiro Machado, que também apresentam assinatura ϵ_{Nd} semelhantes às do XQAG poderiam corresponder a uma dessas áreas-fontes.

A partir dos dados obtidos de idade U/Pb dos zircões detríticos dos Xistos e Quartzitos Arroio Grande, é possível observar a maior influência de áreas-fontes neoproterozoicas (Ediacarano a Criogeniano) e, em menor frequência, idades neoproterozoicas (Toniano), meso (Esteniano a Ectasiano) e paleoproterozoicas (Estateriano a Riáciano). Assim a hipótese da correlação dos Mármore Matarazzo com os XQAG não é válida, pois os mármore apresentam idade de sedimentação ($^{87}Sr/^{86}Sr$) de 820-870 Ma (Neis, 2013), mais antigas que a idade deposicional máxima derivada das idades U/Pb dos zircões detríticos apresentadas neste trabalho. Dessa forma, os Mármore Matarazzo devem representar um estágio evolutivo da sequencia ofiolítica mais precoce (idade máxima da sequência) do que os XQAG, que registram a ultima fase evolutiva dessa sequência.

Os dados de idade U/Pb dos zircões detríticos observadas nos histogramas de frequência, aliados ao estudo morfológico e textural dos mesmos, indicam que, a área-fonte mais significativa para a proveniência destes zircões (criogeniano-ediocarano) seja referente as rochas graníticas do Domínio Oriental, como por exemplo, o Complexo Pinheiro Machado (diorito = 618 ± 7 Ma; magnetita-biotita granito = 603 ± 6 Ma) (Loureiro, 2015), Granito Arroio Grande (586 ± 8 Ma) (Tickjy *et al.*, 2004; Klein, 2015) e Capão do Leão (583 ± 3 Ma) (Philipp *et al.*, 2002). Valores de idades U/Pb mais antigos para os zircões detríticos podem ser entendidos como uma contribuição de sedimentos dos Septos do Embasamento, tais como Gnaiss Piratini e anfibolitos. (Philipp *et al.*, 2002).

As idades U/Pb em zircão detrítico permitem concluir que a idade máxima de deposição dos XQAG é de $560 \text{ Ma} \pm 4 \text{ Ma}$. Essa idade corresponde à idade mais jovem de movimentação da Zona de Cisalhamento Arroio Grande, visto que essas rochas mostram evidências de terem sido afetadas por essa estrutura regional.

6. Conclusões

Os Xistos e Quartzitos Arroio Grande estão inseridos na Zona de Cisalhamento Arroio Grande e possuem uma variação na orientação da foliação de N-S para E-W presente nas rochas, indicando uma possível inflexão da zona de cisalhamento.

O xisto apresenta textura em fita de quartzo e muscovita enquanto a textura de recristalização por *bulging* é observada no quartzito. Ambas as rochas apresentam estruturas em S-C em lâmina as quais indicam o desenvolvimento da trama associadas à movimentação da zona de cisalhamento.

Os Xistos e Quartzitos Arroio Grande possuem valores ϵ_{Nd} entre -7 a -12, indicando uma fonte com assinatura crustal para o protólito sedimentar e valores de T_{DM} entre 1200 Ma a 1600 Ma.

A idade máxima de deposição, em torno de 560 ± 4 Ma, e a frequência maior dos sedimentos em torno do ediacarano e criogeniano (600 a 660 Ma) foi determinada para os Xistos e Quartzitos Arroio Grande. Esses valores mostram uma idade de máxima deposição mais jovem que a da deposição carbonática do Mármore Matarazzo. Assim, essas duas unidades sedimentares registram etapas diferentes da evolução do Complexo Ofiolítico Arroio Grande.

Os valores de idade U/Pb de zircão detrítico mais frequentes (neoproterozoico) indicam uma rocha fonte com os valores de idade U/Pb em zircão das similar ao das rochas graníticas do Complexo Pinheiro Machado, Granito Chasqueiro e Granito Capão do Leão, também do Domínio Oriental do CDF.

7. Referências

- Caxito, F. A., Uhlein, A., Dantas, E. L. 2014. The Afeição augen-gneiss Suite and the record of the Cariris Velhos Orogeny (1000–960Ma) within the Riacho do Pontal fold belt, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 51, 12-27.
- Chemale Jr., F. 2000. Evolução geológica do escudo sul-rio-grandense. *In*: Holz, M.; De Ros, L. F. (Ed.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 13-52.
- Corfu F, Hanchar, J.M, Hoskin PWO, Kinny P. (2003) Atlas of zircon textures. *In*: Hanchar JM, Hoskin PWO (eds) *Zircon. Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 53, 469-495.
- 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
- Dickin, A.P., 1995. *Radiogenic Isotope Geology*. Cambridge University Press. UK. 490 p.
- 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
- Faure, G. 1977. *Principles of isotope geology*. New York : John Wiley, c1977. 464
- 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. 1995. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-riograndense: Parte II – Uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, n. 4, p. 375-384.
- 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.
- Gärtner, A., Linnemann, U., Sagawe, A., Hofmann, M., Ullrich, B., Kleber, A. 2013. Morphology of zircon crystal grains in sediments – characteristics, classifications, definitions. In: *Journal of Central European Geology* 2013.p. 65-73.
- Gehrels, G., 2014, Detrital Zircon U-Pb Geochronology Applied to Tectonics. *The Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2014. 42: p 127-149.
- Gruber, L. Porcher, C.C.; Lenz, C.; Fernandes, L.A.D. 2011. Proveniência de metassedimentos das sequências Arroio Areião, Cerro Cambará e Quartzito Milonitos no Complexo Metamórfico Porongos, Santana da Boa Vista, RS. *Pesquisas em Geociências*, 38 (3): 205-223
- Harley, S. L. & Kelly, N. M. 2007. Zircon, Tyni But Timely. *Elements*, 3: 13-18.
- Klein, F.G., 2015. Petrologia do Granito Arroio Grande. Porto Alegre, 76p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 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.; 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, V, Gramado, Boletim de Resumos Expandidos, Gramado, SBG, p. 52-53.
- Neis, L. P., 2013. Geoquímica de metacarbonatos do Escudo Sul-rio-grandense na região de Caçapava do Sul e Arroio Grande – RS.61F. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Nie, J., Horton, B., Saylor, J., Mora, A., Mange, M., Garzione, C., Basu, A., Moreno, C., Caballero, V., Parra, M. 2012. Integrated provenance analysis of a convergent retroarc foreland system: U–Pb ages, heavy minerals, Nd isotopes, and sandstone compositions of the Middle Magdalena Valley basin, northern Andes, Colombia. In: *Earth-Science Review*, 2012. 110: p. 111-126.
- 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.
- Pupin, J.P., 1980. Zircon and granite petrology. *Contrib Mineral Petrol* 73: 207-220
- Ramos, R.C. 2011. Geologia da associação metamáfica-ultramáfica da região de Arroio Grande, RS. Porto Alegre, 94p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Ramos R. C., Koester E., Masquelin H. 2013. Signifiado tectônico do Complexo Arroio Grande (Brasil) – La Tuna (Uruguai) e seus possíveis equivalentes neoproterozoicos namibianos. VII Congreso Uruguayo de Geología y I Simposio de Minería y Desarrollo del Cono Sur. Montevideo, *Abstracts*, p. 138-143.
- Ramos, R. C., 2014. Complexo ofiolítico arroio grande, sudeste do escudo sul-rio-grandense: caracterização e discussões das unidades ortoderivadas. Porto Alegre, 43f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

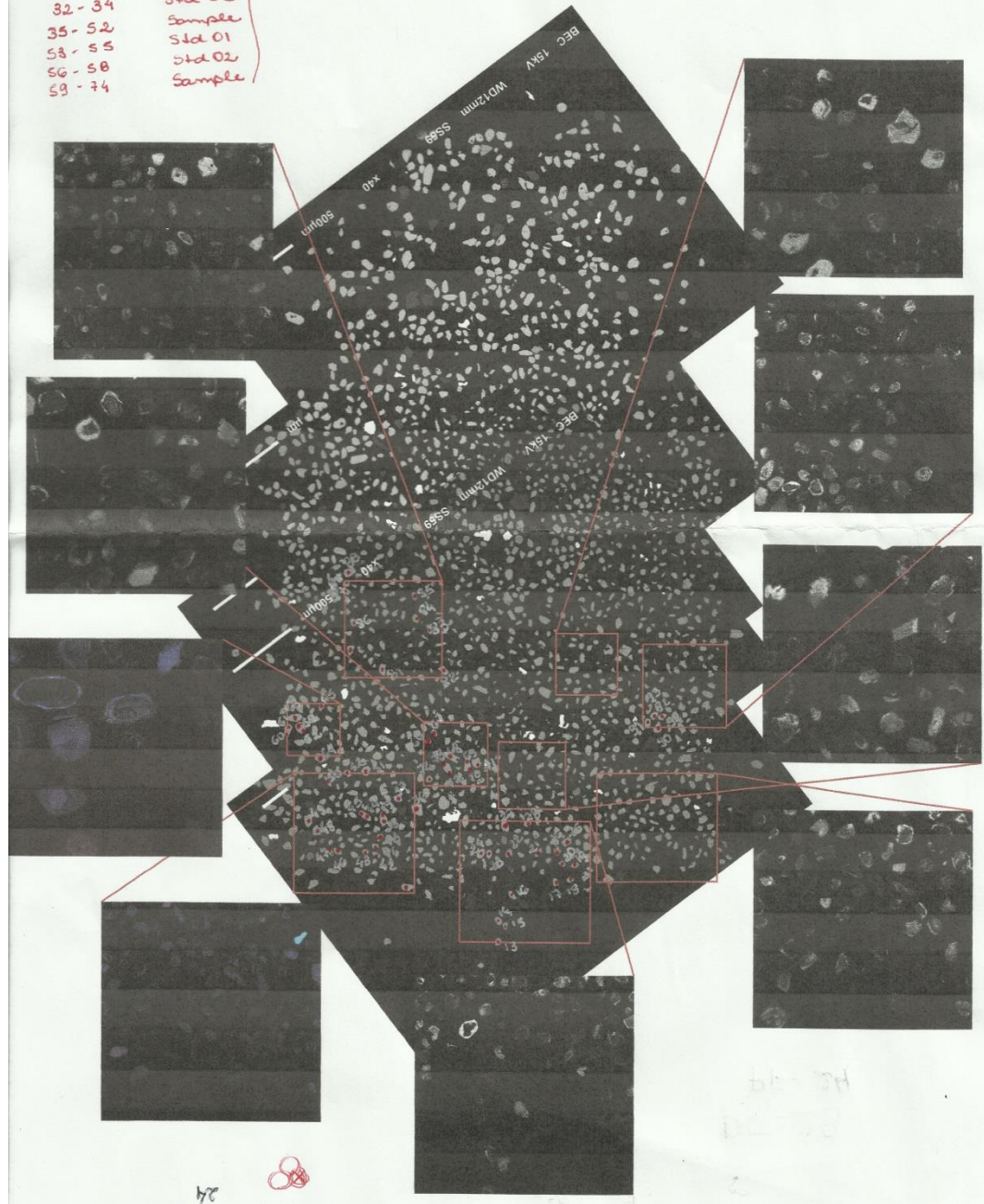
- Ramos, R. C. & Koester, E., 2014. Complexo Ofiolítico Arroio Grande, sudeste do Escudo Sul-rio-grandense: caracterização e discussões das unidades ortoderivadas. / Rodrigo Chaves Ramos – Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2014.
- Saalmann, K., Remus, M. V. D. e Hartmann, L. A. 2006. Structural evolution and tectonic setting of the Porongos belt, southern Brazil. *Geology Magazine*, 143 (1): 59 - 88.
- Tickyj, H., Hartmann, L.A., Vasconcellos, M.A.Z., Philipp, R.P., Remus, M.V.D., 2004. Electron microprobe dating of monazite substantiates ages of major geological events in the southern Brazilian shield. In: *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 16. p. 699-713. June 2004
- UFRGS. 1972. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1972. Geologia das Folhas Arroio Grande, Herval, Basílio e Cêrro Chato. Porto Alegre. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 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.
- Whitney, D.L., Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, p. 185-187

- 1-3 Std 01
- 4- Std 02
- 5-7 Std 01
- 8-10 Std 02
- 11-12 Std 01
- 13-28 Sample
- 29-31 Std 01
- 32-34 Std 02
- 35-52 Sample
- 53-55 Std 01
- 56-58 Std 02
- 59-74 Sample
- 75-77 Std 01
- 78-80 Std 02
- 81-94 Sample
- 95-96 Std 01
- 97-98 Std 02

56 29?
24

sequencia 2.

~~PF-24~~
PF-24



24

bb-24
02-78

U/Pb (PF-29)

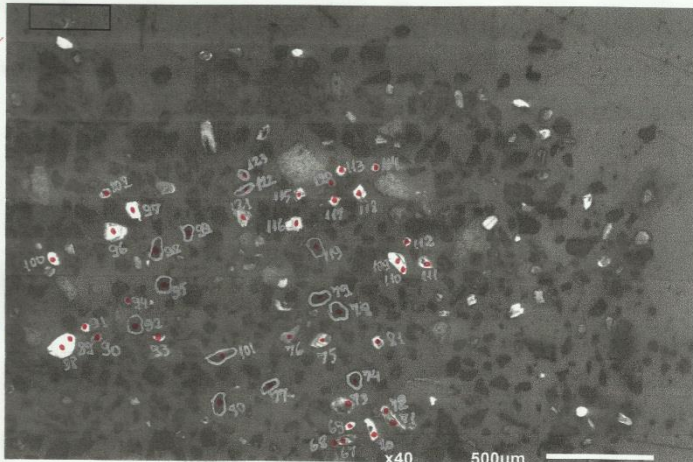
	Pb206*	Pb207*	Th/U	207/206	1s	206/238	1s	207/235	1s	206/207	206/238	207/235	208/232	Conc	207/235	206/238	RHO						
5.sSMPABC121	4399.78	2517.934	0.083208	0.06387	0.00106	0.12541	0.0011	1.1044	0.01671	737.3283	34.64	761.6	6.3	755.5	8.06	657.2	15.83	100.8009	1.1044	0.01671	0.12541	0.0011	0.57971
5.sSMPABC109	11779	686	0.418461	0.05955	0.00229	0.09758	0.00116	0.80114	0.02979	587.2627	81.36	600.2	6.81	597.5	16.79	608.7	13.34	100.4499	0.80114	0.02979	0.09758	0.00116	0.319694
5.sSMPABC073	33077.69	2298.571	0.310351	0.06115	0.00116	0.10595	0.00103	0.8933	0.01583	644.5145	40.1	649.2	6.01	648.1	8.49	556.5	7.06	100.1694	0.8933	0.01583	0.10595	0.00103	0.548596
5.sSMPABC101	44776	2754	0.234189	0.05951	0.00123	0.09569	0.00097	0.78549	0.01544	585.8047	44.36	589.1	5.73	588.6	8.78	502.9	8	100.0489	0.78549	0.01544	0.09569	0.00097	0.515702
5.sSMPABC060	260080	29661	0.060494	0.11251	0.00127	0.33051	0.00283	5.12648	0.04992	1840.35	20.25	1840.9	13.73	1840.5	8.27	1617.5	18.21	100.0217	5.12648	0.04992	0.33051	0.00283	0.879319
5.sSMPABC018	68061	5857	0.155347	0.08456	0.00098	0.22292	0.00184	2.59874	0.02553	1305.468	22.4	1297.3	9.71	1300.3	7.27	1108.5	10.12	99.76875	2.59874	0.02553	0.22292	0.00184	0.840196
5.sSMPABC090	38746	5201	0.170411	0.13214	0.00235	0.38763	0.00389	7.06346	0.01164	2126.598	30.79	2111.8	18.05	2119.5	14.44	1869.3	41.69	99.63538	7.06346	0.01164	0.38763	0.00389	0.61832
5.sSMPABC013	19045.4	1142.96	0.231162	0.06492	0.00127	0.1241	0.00118	1.11068	0.02027	771.7449	40.72	754.1	6.76	758.5	9.75	621.8	10.41	99.41652	1.11068	0.02027	0.1241	0.00118	0.521009
5.sSMPABC058	123650	10639	0.163266	0.08522	0.00166	0.22219	0.00214	2.61063	0.04699	1320.549	37.37	1293.4	11.3	1303.6	13.21	1054.3	31.81	99.21138	2.61063	0.04699	0.22219	0.00214	0.535093
5.sSMPABC069	15762.54	1005.057	0.620477	0.07201	0.00137	0.1607	0.0015	1.59569	0.02816	986.2232	38.33	960.7	8.33	968.5	11.02	869.3	8.86	99.18809	1.59569	0.02816	0.1607	0.0015	0.528922
5.sSMPABC116	25905	1603	0.425122	0.06101	0.00123	0.09906	0.00092	0.83341	0.01572	639.5866	42.89	608.9	5.38	615.5	8.71	518.3	6.52	98.91808	0.83341	0.01572	0.09906	0.00092	0.492375
5.sSMPABC070	3398.261	143.8479	0.757322	0.06117	0.00369	0.09917	0.0015	0.8363	0.04934	645.2172	124.73	609.5	8.8	617.1	27.28	622.7	13.8	98.75308	0.8363	0.04934	0.09917	0.0015	0.256374
5.sSMPABC114	18932	1753	0.296852	0.09126	0.00223	0.24322	0.0027	3.06053	0.07023	1452.034	45.85	1403.4	14.03	1422.9	17.56	1137.6	27.69	98.61052	3.06053	0.07023	0.24322	0.0027	0.483769
5.sSMPABC113	26427.3	1589.976	0.267432	0.05963	0.00147	0.08861	0.00091	0.72895	0.01722	590.1749	52.54	547.3	5.42	555.9	10.11	479.9	8.44	98.42865	0.72895	0.01722	0.08861	0.00091	0.434734
5.sSMPABC094	46194	2955	0.058535	0.06269	0.0011	0.1044	0.001	0.90254	0.01482	697.7315	37	640.2	5.82	653.1	7.91	2612.8	117.56	97.985	0.90254	0.01482	0.1044	0.001	0.583335
5.sSMPABC088	7071	438	0.348327	0.06134	0.00187	0.08645	0.00102	0.81576	0.02394	661.1778	64.12	593.6	5.97	605.7	13.39	531.8	5.9	97.86159	0.81576	0.02394	0.06134	0.00187	0.30396
5.sSMPABC075	48187	5121	0.446327	0.10421	0.00238	0.28591	0.00384	4.10237	0.11052	1700.415	51.7	1621.1	19.27	1654.8	21.99	1515.2	35.33	97.82116	4.10237	0.11052	0.28591	0.00384	0.893355
5.sSMPABC123	36222	2203	0.468949	0.06107	0.00135	0.0938	0.00093	0.79885	0.01645	641.7004	46.77	578	5.48	591.1	9.33	546.5	6.76	97.73356	0.79885	0.01645	0.0938	0.00093	0.476057
5.sSMPABC023	41737	2658	0.277481	0.06263	0.00084	0.1024	0.00086	0.89418	0.01046	695.6913	28.38	628.5	5.02	643.2	5.64	539.9	4.67	97.6611	0.89418	0.01046	0.1024	0.00086	0.709917
5.sSMPABC097	38134.36	58.19582	0.548205	0.06184	0.00242	0.09651	0.00109	0.82295	0.01332	668.5801	81.52	593.9	6.4	609.7	17.44	493.3	9.49	97.33962	0.82295	0.01332	0.09651	0.00109	0.29676
5.sSMPABC111	41183	2638	0.136722	0.06292	0.00105	0.10265	0.00095	0.89076	0.01376	705.5279	34.96	629.9	5.57	646.8	7.39	537.4	8.82	97.31703	0.89076	0.01376	0.10265	0.00095	0.599111
5.sSMPABC076	29728.9	1600.579	0.275191	0.06056	0.00107	0.0888	0.00079	0.74147	0.01196	623.6426	37.55	548.4	4.68	563.3	6.98	501	6.3	97.28301	0.74147	0.01196	0.0888	0.00079	0.515139
5.sSMPABC015	27947	3735	0.31185	0.13073	0.00181	0.36305	0.00337	5.64276	0.08026	2107.794	24.03	1996.6	15.95	2051.7	10.8	1740.8	20.74	97.24031	6.64276	0.08026	0.36305	0.00337	0.756703
5.sSMPABC093	31042	3809	0.930692	0.12098	0.0019	0.33477	0.00334	5.84773	0.0805	1970.728	27.76	1861.5	16.11	1913.7	12.41	1572.7	13.88	97.15881	5.84773	0.0805	0.33477	0.00334	0.69216
5.sSMPABC014	33732	2299	0.324422	0.06674	0.00102	0.12167	0.00108	1.19552	0.01543	829.6705	31.47	740.2	6.2	762.7	7.39	628.1	6.29	96.96028	1.19552	0.01543	0.12167	0.00108	0.644403
5.sSMPABC072	17152	1101	0.105723	0.06346	0.00128	0.10348	0.00096	0.90552	0.01698	723.6825	42.17	634.8	5.64	645.5	9.05	582.5	16.19	96.86515	0.90552	0.01698	0.10348	0.00096	0.494738
5.sSMPABC096	16208	1018	0.276054	0.06228	0.00169	0.09599	0.00105	0.82425	0.02126	683.7374	56.76	590.8	6.16	610.4	11.83	530.7	10.79	96.82426	0.82425	0.02126	0.09599	0.00105	0.424091
5.sSMPABC038	6965	444	0.876615	0.06267	0.00329	0.09642	0.00159	0.83275	0.02068	697.0517	106.93	634.5	9.33	615.1	23.31	492.7	11.81	96.34311	0.83275	0.02068	0.09642	0.00159	0.326339
5.sSMPABC027	24259.92	1121.814	0.268203	0.06364	0.00207	0.102	0.00127	0.89494	0.02767	729.6979	67.31	626.1	7.43	649	14.82	482.5	13.53	96.34244	0.89494	0.02767	0.102	0.00127	0.402706
5.sSMPABC081	42485	2739	0.397171	0.0635	0.00083	0.10059	0.00086	0.8908	0.01022	725.019	27.51	617.9	5.04	641.4	5.52	549.2	3.79	96.1968	0.8908	0.01022	0.10059	0.00086	0.376835
5.sSMPABC110	19755.71	1170.625	0.171763	0.06337	0.0018	0.09902	0.00113	0.8653	0.02353	710.6529	59.02	608.6	6.61	633	12.81	619.1	10.42	95.9908	0.8653	0.02353	0.09902	0.00113	0.419663
5.sSMPABC024	56577	3776	0.291806	0.06577	0.00083	0.10948	0.0009	0.99266	0.01087	799.0644	24.34	669.7	5.25	700.1	5.54	614.7	5.41	95.46065	0.99266	0.01087	0.10948	0.0009	0.577621
5.sSMPABC067	54062	3630	0.915577	0.06577	0.00115	0.10742	0.00103	0.97394	0.01589	799.0644	36.38	657.7	5.98	690.5	8.18	567.8	4.55	95.01292	0.97394	0.01589	0.10742	0.00103	0.587706
5.sSMPABC112	68898.34	4354.168	0.034117	0.06685	0.00109	0.10901	0.00098	1.00489	0.01502	833.1038	33.73	667.7	5.72	706.3	7.61	649.3	21.27	94.10795	1.00489	0.01502	0.10901	0.00098	0.101462
5.sSMPABC091	20608	1329	0.182859	0.06354	0.00134	0.09136	0.00087	0.80064	0.01574	727.0217	44.11	563.6	5.12	597.2	8.88	506.7	10.33	94.03833	0.80064	0.01574	0.09136	0.00087	0.484391
5.sSMPABC102	81159.37	5314.967	0.059693	0.06644	0.00088	0.101	0.00089	0.91157	0.01113	788.5143	28.07	620.2	5.26	657.9	5.91	517.4	9.34	93.92132	0.91157	0.01113	0.101	0.00089	0.72982
5.sSMPABC118	17983.14	1036.832	0.383194	0.06655	0.00137	0.10094	0.00096	0.91375	0.01783	795.2362	43.09	619.9	5.6	659	9.46	582.9	7.65	93.62953	0.91375	0.01783	0.10094	0.00096	0.487398
5.sSMPABC026	20925.62	1406.819	0.166783	0.06698	0.00337	0.09816	0.00162	0.88277	0.04248	837.1518	101.56	603.6	9.53	642.5	22.91	625.5	40.64	93.55233	0.88277	0.04248	0.09816	0.00162	0.34296
5.sSMPABC115	40704	4028	0.190323	0.09808	0.00144	0.22865	0.00206	3.09214	0.04075	1587.937	27.26	1327.4	10.8	1430.7	10.11	1257.3	17.25	92.71737	3.09214	0.04075	0.22865	0.00206	0.68364
5.sSMPABC098	41.84189	1741.677	0	2.86724	1.42708	1.53689	0.79039	604.8869	93.4569	6676.891	639.68	6986.5	2009.42	6604.7	466.7	#NAME? *****	91.66122	604.8869	93.4569	604.8869	0.79039	604.8869	0.32994
5.sSMPABC117	12156	831	0.59744	0.06712	0.00277	0.09637	0.0012	0.89321	0.03566	841.4994	83.69	593.1	7.07	647.6	19.14	564.8	12.03	90.81099	0.89321	0.03566	0.09637	0.0012	0.311583
5.sSMPABC052	9056	438	0.400379	0.09438	0.00227	0.20771	0.00233	2.70272	0.06122	1515.73	44.75	1216.6	12.42	1329.2	16.79	1178.5	20.9	90.7447	2.70272	0.06122	0.20771	0.00233	0.455229
5.sSMPABC029	6921.933	7208.472	0.735139	0.80986	0.04047	0.96926	0.04108	497.438	1.21568	4687.694	17.72	4948.8	36.24	4768.9	44.98	*****	144.77	90.86864	409.438	1.21568	0.80986	0.04047	0.494977
5.sSMPABC053	19813	1589	0.115964	0.07995	0.00203	0.14522	0.00166	1.															

1-3- Std 01
4- Std 02
5-7 Std 01
8-10 Std 02
11-12 Std 01
13-30 Sample
40-42 Std 01
43-45 Std 02
46-60 Sample
61-63 Std 01
64-66 Std 02
67-81 Sample
82-84 Std 01
85-87 Std 02
88-102 Sample
103-105 Std 01
106-108 Std 02
109-123 Sample
124-126 Std 01
127-129 Std 02

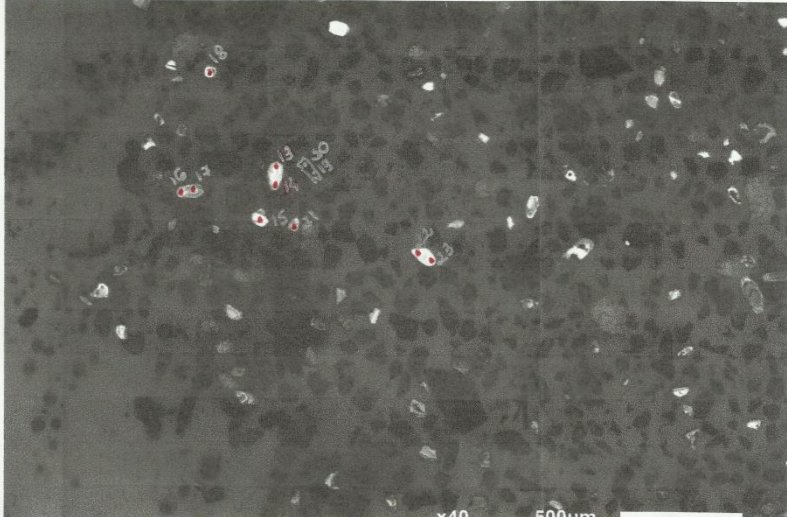
Anestha 29

3ª Sequência

337

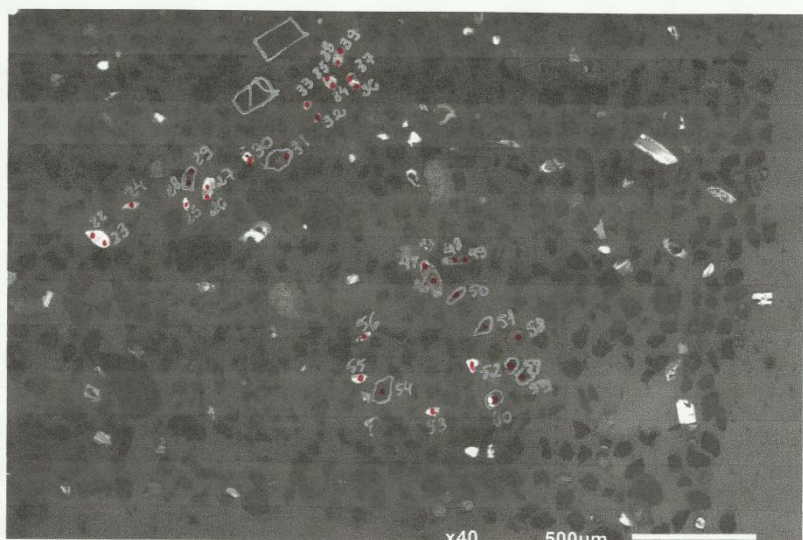


x40 500µm



x40 500µm

Anestha 29



x40 500µm

U/Pb (PF-56)

Sample ID	Pb206	Pb207	TiU	207/206	1s	206/238	1s	207/235	1s	206/207	206/238	18.4	2000.8	13.53	1661.9	22.58	99.09728	16.7389	0.0956	206/314	0.00383	RHO	
5.SMPABC057	71733	9234	4141937	0.12443	0.00207	0.36014	0.00383	6.17389	0.0956	2020.701	29.17	1982.9	18.14	2000.8	13.53	1661.9	22.58	99.09728	16.7389	0.0956	206/314	0.00383	0.868797
5.SMPABC037	20429	2679	0.151328	0.1276	0.0031	0.34544	0.00461	6.07159	0.1387	2005.169	42.29	1912.8	22.08	1966.2	19.95	1762.8	66.47	96.16269	6.07159	0.1387	0.34544	0.00461	0.583055
5.SMPABC125	282261.5	34967.57	0.248563	0.12225	0.00137	0.32761	0.00274	5.52199	0.0527	1989.321	19.94	1826.8	13.31	1904.2	8.22	1606.5	11	95.77403	5.52199	0.0527	0.32761	0.00274	0.876352
5.SMPABC139	77110	7355	0.210566	0.09411	0.01008	0.25707	0.00221	3.33575	0.0316	1150.323	24.12	1474.9	11.35	1489.5	7.77	1340.8	9.76	99.0101	3.33575	0.0316	0.25707	0.00221	0.884808
5.SMPABC164	302012.5	26353.7	0.082646	0.0683	0.00095	0.23683	0.00206	2.9181	0.02714	1344.911	21.03	1370.2	10.74	1360.4	7.22	1195.2	8.62	100.2714	2.9181	0.02714	0.23683	0.00206	0.930198
5.SMPABC023	87622.02	9004.099	0.171189	0.08993	0.00112	0.23196	0.00208	2.84338	0.03183	1402.652	23.82	1344.8	10.86	1367.1	8.41	1267.9	13.13	98.34176	2.84338	0.03183	0.23196	0.00208	0.801039
5.SMPABC085	118523	10559	0.351963	0.08767	0.001	0.22012	0.00183	2.86864	0.02582	1375.263	21.78	1282.5	10.69	1317.6	7.16	1209.5	7.35	97.26316	2.86864	0.02582	0.22012	0.00183	0.858686
5.SMPABC113	200070	18227	0.098494	0.07455	0.00111	0.21996	0.00188	2.85192	0.03103	1370.429	24.11	1281.7	10.45	1315.2	8.38	1180.1	9.87	3.86262	2.85192	0.03103	0.21996	0.00188	0.922827
5.SMPABC161	155210.6	13451.87	0.229837	0.08727	0.00101	0.2194	0.00193	2.64024	0.02714	1366.463	22.12	1278.7	10.22	1311.9	7.57	1209.8	8.01	97.40361	2.64024	0.02714	0.2194	0.00193	0.855784
5.SMPABC092	78077	7148	0.111714	0.08975	0.00129	0.21656	0.00186	2.67908	0.03713	1420.215	27.14	1263.7	9.88	1322.7	9.31	1170.5	19.63	95.93117	2.67908	0.03713	0.21656	0.00186	0.882166
5.SMPABC160	183329.3	14823.6	0.080349	0.08098	0.0011	0.21465	0.00199	2.36622	0.02995	1220.959	26.51	1253.5	10.54	1241.5	8.95	1171.8	16.23	100.9573	2.36622	0.02995	0.21465	0.00199	0.807489
5.SMPABC152	61993	5093	0.20176	0.081	0.00099	0.19509	0.00167	2.17883	0.02333	1221.444	23.76	1148.9	9.03	1174.3	7.42	1082.5	8.95	97.98919	2.17883	0.02333	0.19509	0.00167	0.842211
5.SMPABC078	39019	3181	0.15648	0.07984	0.00135	0.19332	0.00176	2.12777	0.03261	1193.038	33.03	1139.4	9.52	1157.9	10.59	1061.3	19.42	98.37634	2.12777	0.03261	0.19332	0.00176	0.954032
5.SMPABC056	79257	6291	0.332745	0.07396	0.00111	0.19202	0.00164	2.04788	0.02594	1130.485	28.29	1132.3	8.85	1131.6	8.64	981.3	9.85	100.0618	2.04788	0.02594	0.19202	0.00164	0.874267
5.SMPABC013	99644	8100	0.299824	0.07332	0.00099	0.19148	0.00169	2.08371	0.02334	1180.132	24.57	1129.4	9.17	1146.7	7.66	985.3	7.91	98.46321	2.08371	0.02334	0.19148	0.00169	0.971733
5.SMPABC041	27735	2282	0.513078	0.08071	0.00115	0.19035	0.00169	2.11823	0.02729	1214.392	27.8	1123.3	9.14	1154.8	8.89	999.6	7.79	97.19576	2.11823	0.02729	0.19035	0.00169	0.688134
5.SMPABC049	93767	8042	0.107001	0.08282	0.00137	0.18859	0.00185	2.15125	0.0329	1264.977	31.18	1113.7	10.02	1165.5	10.6	1223.5	22.43	95.34884	2.15125	0.0329	0.18859	0.00185	0.641428
5.SMPABC071	50554	4253	0.188186	0.08278	0.00112	0.18696	0.00168	2.13376	0.02586	1264.033	28.02	1104.9	11.22	1159.8	8.38	762.6	9.84	95.03122	2.13376	0.02586	0.18696	0.00168	0.614443
5.SMPABC014	67063	5505	0.337363	0.08061	0.00095	0.18516	0.00156	2.0578	0.02088	1211.953	23.02	1109.1	8.49	1134.9	6.93	980.8	6.65	96.35623	2.0578	0.02088	0.18516	0.00156	0.870329
5.SMPABC026	5245.92	4247.291	0.171333	0.07831	0.0015	0.17743	0.00179	1.91625	0.03404	1154.749	31.75	1052.9	9.79	1086.8	11.85	1009.7	19.69	96.78032	1.91625	0.03404	0.17743	0.00179	0.625921
5.SMPABC042	29515	2028	0.087127	0.06782	0.00173	0.16705	0.00172	1.56151	0.03779	863.0582	51.96	995.9	9.51	955.1	14.98	-15.5	35.49	104.0968	1.56151	0.03779	0.16705	0.00172	0.456425
5.SMPABC058	68526.38	5200.653	0.295169	0.07425	0.00097	0.15803	0.0014	1.6177	0.01908	1048.27	26.22	945.8	7.82	977.1	7.4	844.8	7.05	96.69063	1.6177	0.01908	0.15803	0.0014	0.821148
5.SMPABC083	243527	16799	0.119518	0.06754	0.00081	0.15453	0.00139	1.43838	0.01568	854.4073	24.81	926.3	7.77	905	6.53	807.7	7.26	102.2995	1.43838	0.01568	0.15453	0.00139	0.851544
5.SMPABC027	172191.1	11814.55	0.095959	0.06783	0.00088	0.15121	0.00124	1.41393	0.01578	863.364	26.67	907.8	6.93	894.8	6.64	796.1	9.67	101.432	1.41393	0.01578	0.15121	0.00124	0.734788
5.SMPABC131	24659	1811	0.203847	0.07293	0.00147	0.15084	0.00155	1.51147	0.0289	1005.044	40.63	905.7	8.69	935	11.68	951.8	16.03	95.76643	1.51147	0.0289	0.15084	0.00155	0.537424
5.SMPABC114	193732.6	13785.04	0.091707	0.07068	0.00088	0.1503	0.00125	1.46457	0.01577	948.1731	25.37	902.6	6.98	919.5	6.5	800.5	9.02	98.26848	1.46457	0.01577	0.1503	0.00125	0.772377
5.SMPABC140	50441	3534	0.169954	0.06874	0.00135	0.13353	0.00124	1.26517	0.02239	890.9478	40.16	808	6.07	830.2	10.28	806.4	14.79	97.25248	1.26517	0.02239	0.13353	0.00124	0.512375
5.SMPABC168	81569.81	5611.823	0.182898	0.07043	0.0014	0.13131	0.0012	1.27197	0.02305	940.9156	40.33	795.3	6.05	832.3	10.3	801.6	14.86	95.22193	1.27197	0.02305	0.13131	0.0012	0.5043
5.SMPABC167	160080	10495	0.003184	0.0648	0.00081	0.12247	0.00105	1.09428	0.01214	767.8494	26.17	744.7	6.05	750.6	5.89	870.7	63.12	99.20773	1.09428	0.01214	0.12247	0.00105	0.772804
5.SMPABC059	29553	1975	0.172471	0.06547	0.00109	0.12175	0.00107	1.10228	0.01688	795.8749	34.17	740.6	6.15	754.5	8.15	638.1	10.9	98.12314	1.10228	0.01688	0.12175	0.00107	0.573897
5.SMPABC091	54548.62	3337.019	0.354043	0.06334	0.00104	0.1191	0.00103	1.03996	0.01534	719.6662	34.35	725.4	5.95	723.9	7.64	671.6	7.02	100.2068	1.03996	0.01534	0.1191	0.00103	0.586236
5.SMPABC141	37906	2530	0.139502	0.06558	0.00094	0.11734	0.00102	1.06105	0.01363	792.9988	29.65	715.3	5.9	734.3	6.71	685.9	9.07	97.34377	1.06105	0.01363	0.11734	0.00102	0.676697
5.SMPABC165	9848	452	0.514781	0.06428	0.00332	0.11322	0.00117	1.00345	0.00332	750.8969	105.39	691.4	10.55	705.6	25.5	599.7	16.21	97.9462	1.00345	0.00332	0.11322	0.00117	0.399988
5.SMPABC142	108181	7230	0.176339	0.06939	0.00192	0.10976	0.00155	1.00012	0.01391	895.2274	32.07	644.7	5.19	658.5	7.06	670.6	8.14	95.15337	1.00012	0.01391	0.10976	0.00155	0.622307
5.SMPABC061	35704.36	2120.287	0.287436	0.06129	0.00107	0.10697	0.00094	0.90379	0.01455	749.427	71.19	655	5.48	653.8	6.45	580.5	7.34	100.1984	0.90379	0.01455	0.10697	0.00094	0.545846
5.SMPABC105	108986	6899	0.117764	0.06234	0.00107	0.1066	0.00091	0.91613	0.00894	865.7931	23.85	625.3	5.28	660.3	4.74	603.5	3.89	98.88208	0.91613	0.00894	0.1066	0.00091	0.874979
5.SMPABC129	23127.72	1003.744	0.594961	0.06167	0.00125	0.1058	0.00107	0.89954	0.01276	662.6348	42.81	648.3	6.24	651.9	9.22	555.5	5.6	95.9064	0.89954	0.01276	0.1058	0.00107	0.527082
5.SMPABC128	-545.622	-313.204	0.665049	0.0608	0.00106	0.10336	0.00171	0.86644	0.0085	632.106	20.32	634.1	9.99	633.6	46.51	564.1	18.86	100.0789	0.86644	0.0085	0.10336	0.00171	0.167655
5.SMPABC143	24819.98	1506.671	0.246428	0.05856	0.00104	0.10324	0.00093	0.83367	0.01373	550.7767	38.19	634.4	9.91	615.6	7.61	621.6	7.02	102.8102	0.83367	0.01373	0.10324	0.00093	0.546964
5.SMPABC107	30388	1916	0.376668	0.06194	0.00108	0.10281	0.00095	0.87806	0.01424	6													

