

5 GEOCRONOLOGIA

Neste capítulo serão enfocados os resultados e interpretações obtidos nas datações U-Pb em zircão para as três unidades compostas por ortogranulitos, tema deste trabalho; ortogranulito heterogêneo, ortogranulito enderbítico e biotita charnoenderbito. O principal objetivo é de se obter informações acerca das idades de cristalização do magma, eventos metamórficos, além de indícios de idades herdadas da fonte.

No total, sete amostras foram coletadas sendo três pertencentes ao Biotita charnoenderbito, duas ao ortogranulito enderbítico e duas ao ortogranulito heterogêneo. A partir das análises feitas para essas rochas, foram geradas planilhas, com as razões obtidas, idades e incerteza analítica para obtenção dos diagramas de concórdia.

5.1 Metodologia

Até a obtenção dos resultados finais, seguiu-se uma série de etapas, executadas metodicamente envolvendo desde o trabalho de campo no qual se executou a amostragem, etapas laboratoriais para concentração de zircão, imageamento, datação radiométrica e, por fim, tratamento dos dados. A metodologia aplicada em cada uma destas etapas será descrita a seguir.

5.1.1 Amostragem

Durante as duas campanhas de campo descritas no capítulo 1, foram coletadas 30 kg de amostras frescas (não intemperizadas) em cada um dos três pontos selecionados para amostragem de rocha para geocronologia. Esses pontos foram escolhidos, primeiramente, baseando-se em critérios geológicos (estratigráficos), visando coletar as camadas/escamas fundamentais para a melhor compreensão da evolução geológica da área. Além das questões geológicas, os afloramentos devem possuir características como dimensão significativa e baixa ou nulo grau de alteração, além da questão de logística, devendo haver proximidade destes em relação às estradas de acesso.

Na tabela abaixo se encontram listados os três pontos nos quais foram coletadas as amostras para geocronologia bem como suas características. A localização dos mesmos pode ser vista no mapa geológico (**Anexo A**).

Tabela 5.1- Pontos de coleta das amostras para geocronologia

Ponto	Coordenadas	Unidade	Tipo de afloramento	Litotipo
<i>PRC-RH-01</i>	<i>23K 806773</i> <i>7691860</i>	<i>Biotita</i> <i>Charnoenderbito</i>	<i>Blocos e Matacões in situ</i>	<i>Biotita</i> <i>charnoenderbito</i>
<i>PRC-RH-05</i>	<i>23K 797945</i> <i>7688442</i>	<i>Ortogramulito</i> <i>Enderbítico</i>	<i>Laje em meia encosta</i>	<i>Ortogramulito</i> <i>enderbítico</i>
<i>EF-RH-07</i>	<i>24K 198752</i> <i>7705284</i>	<i>Ortogramulito</i> <i>Heterogêneo</i>	<i>Corte de estrada</i>	<i>Ortognaiesse</i> <i>charnoenderbítico à</i> <i>enderbítico</i>

Fonte: A autora, 2015.

5.1.2 Etapa de Laboratório para preparação de concentrados de zircão para geocronologia

Na primeira etapa do processamento, as amostras foram tratadas no LGPA-UERJ (Laboratório Geológico de Processamento de Amostras). Primeiramente, utilizou-se o britador de mandíbulas. Após passarem três vezes pelo mesmo, as amostras seguiram para o moinho de discos, passando primeiro pelo disco de cruz e, em seguida, pelo disco de roseta. Após esses processos, é necessário peneirar o material obtido, pois observam-se muitos grãos e aglomerados de minerais não compatíveis com o tamanho ideal para a bateia, foi então utilizada a peneira de 100 mesh.

A etapa seguinte consiste na separação densimétrica; primeiramente através da batéia e, em seguida, passando pelo bromofórmio.

Finalmente, o material é encaminhado para a separação magnética no Frantz, no qual se segue a metodologia sugerida em Machado et al (1996). Primeiramente é retirada toda fração ferromagnética e possíveis partículas de metal das placas dos pulverizadores com o auxílio de um ímã de mão. Posteriormente, iniciou-se o processo de separação dos grãos em sucessivas frações de magnetismo decrescente. As frações de Frantz inicial foram obtidas com inclinação de 10° na canaleta e amperagens entre 0,2 A e 1,0A. As frações de Frantz final, das quais foram selecionados os grãos de zircão utilizados neste trabalho, foram alcançadas com inclinações da canaleta a 5°, 3°, 1°, 0° e -0,5° com a máxima amperagem, separando-se, por fim, os zircões diamagnéticos.

5.1.3 Etapa de Laboratório para montagem dos mounts e imageamento dos grãos de zircão

A partir dos concentrados obtidos, foi possível de se realizar a segunda etapa laboratorial, que consiste na montagem e imageamento. Nesta, os grãos de zircão devem ser selecionados de acordo com sua fração- quanto menos atraível pelo Frantz for o grão de zircão, teoricamente mais puro, ou seja, menos inclusões e melhor para a datação- e tipologia, visando, nessa última, buscar os diferentes tipos de grãos presentes na rocha, a fim de se obter o máximo de informações acerca da mesma, uma vez que, neste caso, objetivamos descobrir idades de cristalização do magma, possíveis heranças, além de idades de metamorfismo, se houver.

Posteriormente à seleção, os grãos são organizados numa lâmina e, então, com o uso de resina epóxi de alta pureza, é feita a montagem, utilizando um molde padronizado. Foram feitas sete montagens, correspondentes à cada uma das amostras selecionadas. As montagens passam por um processo de polimento com lixas de granulometrias diferentes, a fim de expor as superfícies dos grãos para a análise. Uma posterior limpeza foi necessária, com a utilização de um emissor ultra-sônico acoplado a uma bandeja vibratória, tendo sido as montagens imersas em água destilada para a eliminação de possíveis partículas contaminantes.

Por fim, depois de polidos e limpos, os mounts são metalizados durante 30 s com uma fina camada de ouro e, posteriormente, são fotografados com o auxílio do microscópio eletrônico de varredura, a fim de se obter as imagens de catodoluminescência e elétrons secundários, que revelam a estrutura interna dos grãos de zircão. Esta etapa foi realizada no Multilab – Uerj.

5.1.4 Etapa de laboratório para obtenção de idades U-Pb em zircão.

A última etapa laboratorial foi realizada no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília. Nesta etapa, os grãos de zircão foram processados em um sistema de laser ablation acoplado a um espectrômetro de massa (método LA-ICPMS), a fim de se obter as idades. Após os cálculos e correções de erros, foram geradas tabelas com os resultados que foram apresentados em diagramas de concórdia e discórdia.

5.1.5 Interpretação dos dados

A última etapa metodológica consistiu na integração dos resultados e interpretação dos mesmos, objetivando melhor caracterizar os ortogranulitos alvo do estudo e posteriormente, realizar a comparação com unidades já definidas na literatura, a fim de finalizar este trabalho.

5.2 Resultados obtidos

5.2.1 Biotita charnoenderbito (PRC-RH-01)

A amostragem do ponto PRC-RH-01 foi realizada num afloramento de blocos e matacões, próximo à estrada que liga as cidades de Carangola e Faria Lemos. Nesse ponto a rocha apresentava-se pouco intemperizada, apenas com uma fina capa de alteração, mantendo suas características preservadas. Possui cor cinza escuro à levemente acastanhado com aspecto homogêneo, granulação média a grossa. Sua estruturação é dada por uma leve foliação em decorrência da organização preferencial dos grãos de biotita. Além deste mineral, estão presentes quartzo, plagioclásio, k-feldspato e ortopiroxênio. Em relação à química, a rocha possui teor de sílica de 54,01%, sendo classificada como intermediária, sua composição é cálcio-alcalina de caráter metaluminoso com assinatura de arco vulcânico.

Figura 5.1: Aspecto do ponto onde foram coletadas as amostras do biotita charnoenderbito

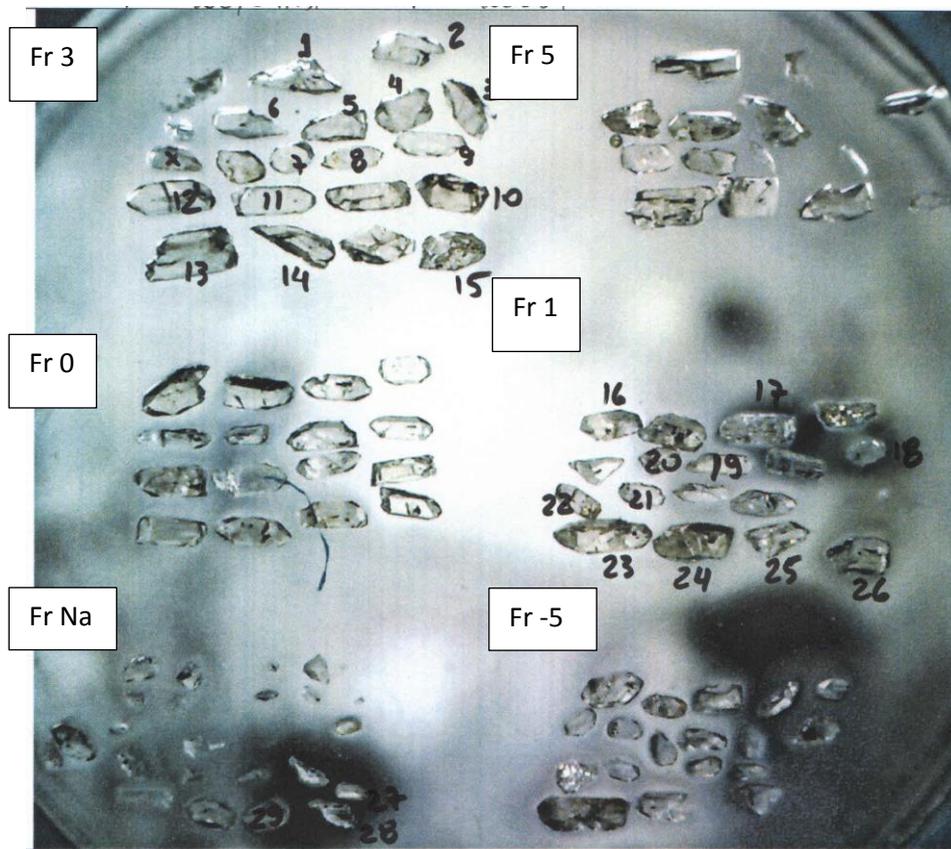


Fonte: A autora, 2015.

A montagem da amostra contém 94 grãos, dos quais 29 foram selecionados para a datação. Dos vinte e nove grãos selecionados para datação, quinze (15) pertencem à fração magnética 3, dez (10) pertencem à fração magnética 1 e três (3) à fração não atraível (Figura 5.2). A seleção dos grãos foi realizada buscando abranger a maior diversidade de grãos possíveis no que diz respeito à morfologia interna e externa, a fim de se obter o máximo de informações acerca de eventos tectônicos/magmáticos pelos quais a rocha passou desde sua formação.

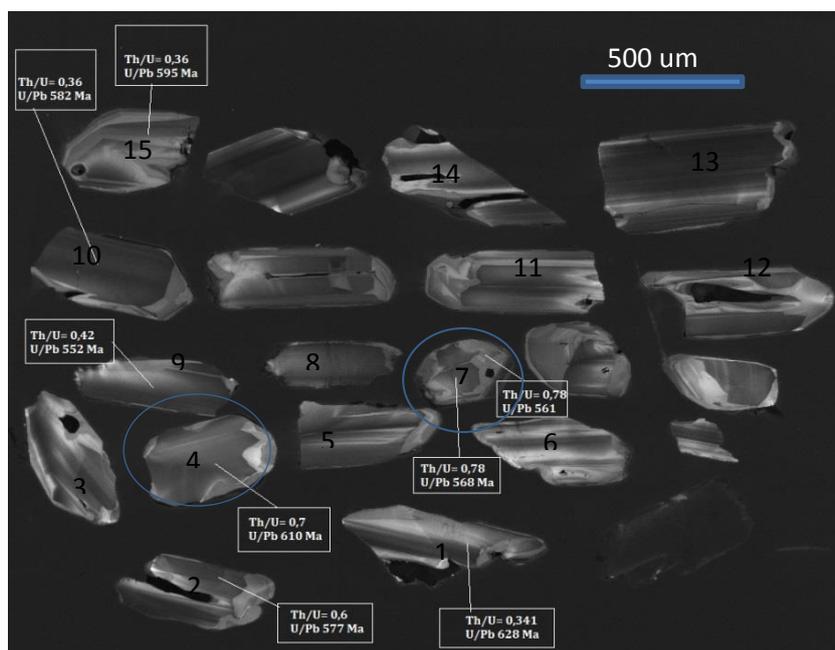
A população de grãos de zircão mostra-se relativamente diversificada e com grande parte dos grãos apresentando-se fragmentados. A maior parte dos grãos são subedrais, prismáticos, com proporções 3:1 (comprimento/largura), tipicamente derivadas de magmatismo plutônico. No entanto, uma subpopulação com grãos mais ovalares e razões comprimento/largura 2:1 também se faz presente (Figura 5.2). A partir das imagens obtidas por catodoluminescência, foi possível constatar que a maioria dos grãos apresenta zoneamento oscilatório no núcleo, característica típica de zircões magmáticos. Frequentemente é observado zoneamento de crescimento complexo, com reabsorção local intermediária, típica de granitos anatóticos (Corfu et al, 2006) (Figura 5.3). Os valores apresentados nas razões Th/U entre 0,1 e 0,8 somados à ausência de bordas de crescimento metamórfico e à morfologia dos grãos de zircão corroboram com a hipótese de origem ígnea destes grãos.

Figura 5.2 – Diferentes tipologias de zircão presentes na amostra PRC-RH-01. Os grupos foram separados por fração que são apontados nas figuras (exemplo: Fr Na = fração não atraível). Os números escritos nos grãos correspondem ao numero dos grãos de zircão apresentados na tabela 5.2 na coluna "spot number".



Fonte: A autora, 2015.

Figura 5.3- Imagens de catodoluminescência para os zircões datados da fração 3 (Frantz final) com a numeração dos grão. Em destaque os grãos com reabsorção local intermediária, típicos de grãos que sofreram anatexia.



Fonte: A autora, 2015.

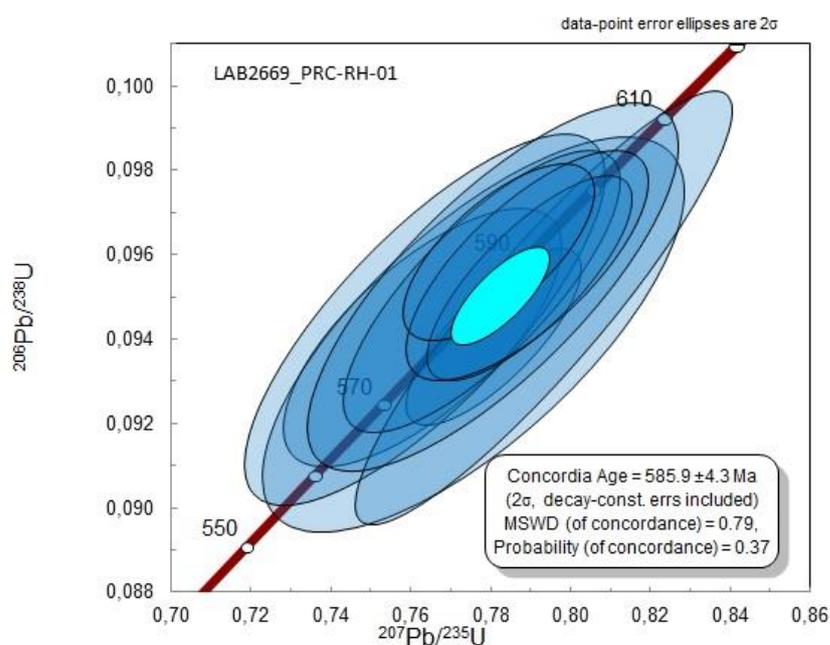
Tabela 5.2: Tabela com dados isotópicos U-Pb-Th da amostra PRC-RH-01. Os números dos grãos correspondem aos mesmos apontados nas figuras 5.2 e 5.3. N corresponde ao núcleo e B à borda.

Spot number	Ratios				Age (Ma)				%							
	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	Rho 1	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	Disc .	f 206	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$						
	\pm	\pm		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm								
Z-01	0,793	2	0,095	2	0,91	0,061	1	584	12	593	11	628	22	1,5	0,09	0,34
Z-02 N	0,777	2	0,095	1	0,78	0,059	1	586	8	584	8	577	24	-0,3	0,07	0,62
Z-03	0,781	1	0,094	1	0,768	0,060	1	580	5	586	5	610	15	1,0	0,06	0,766
Z-04 N	0,79	1	0,095	1	0,772	0,060	1	588	6	591	6	603	18	0,5	0,06	0,714
Z-05 N	0,789	1	0,096	1	0,729	0,060	1	589	7	591	7	595	23	0,2	0,15	0,687
Z-07 N	0,782	1	0,096	1	0,689	0,059	1	591	5	587	6	568	19	-0,8	0,08	0,646
Z-07 B	0,763	2	0,094	1	0,704	0,059	1	579	7	576	8	561	29	-0,6	0,10	0,417
Z-09 N	0,763	2	0,095	2	0,781	0,059	1	582	11	576	11	552	33	-1,0	0,1	0,424
Z-10 B	0,78	2	0,095	2	0,765	0,059	1	587	10	586	11	582	34	-0,16	0,04	0,358
Z-15 B	0,776	2	0,094	2	0,722	0,060	2	580	11	583	12	595	42	0,52	0,05	0,362

Fonte: A autora, 2015.

Para a construção do gráfico foram utilizadas as idades com menores discordâncias (entre -1 e 1,5), de forma a se obter os menores valores de regressão possíveis. Desta forma, utilizando-se das idades obtidas em dez pontos (tabela 5.2) construiu-se o diagrama da concórdia (Figura 5.4), no qual a maior parte das análises é concordante e nos fornece idades de 586 ± 4 Ma, com bons valores de regressão (MSWD = 0,79). Devido às características observadas em campo, como ocorrência na forma de corpos intrusivos com presença de xenólitos e aspecto homogêneo somadas às características supracitadas apresentadas pelos grãos de zircão, esta idade foi interpretada como idade de cristalização do biotita charnoenderbito.

Figura 5.4- Diagrama Concórdia Wetherill da amostra PRC-RH-01.



Fonte: A autora, 2015.

5.2.2 Ortogramulito Enderbítico (PRC-RH-05)

Este ponto foi amostrado nas margens da estrada secundária que dá acesso ao vilarejo de Água Santa, num afloramento de laje em meia encosta (Figura 5.5). A rocha apresentava-se pouco alterada com coloração cinza esverdeada e granulação média à grossa. Sua mineralogia é composta por quartzo, plagioclásio, k-feldspato. Possui aspecto homogêneo com textura inequigranular, no qual ocorrem grãos subédricos de ortopiroxênio em meio à

uma matriz levemente recristalizada e plagioclásio de até 3 mm. No que tange a litogeoquímica a rocha apresenta assinatura cálcio-alcálica de caráter metaluminoso, pertencendo a série de médio K. O teor de SiO_2 é de 62,82% e possui assinatura de arco vulcânico.

Figura 5.5- Aspecto do ponto PRC-RH-05



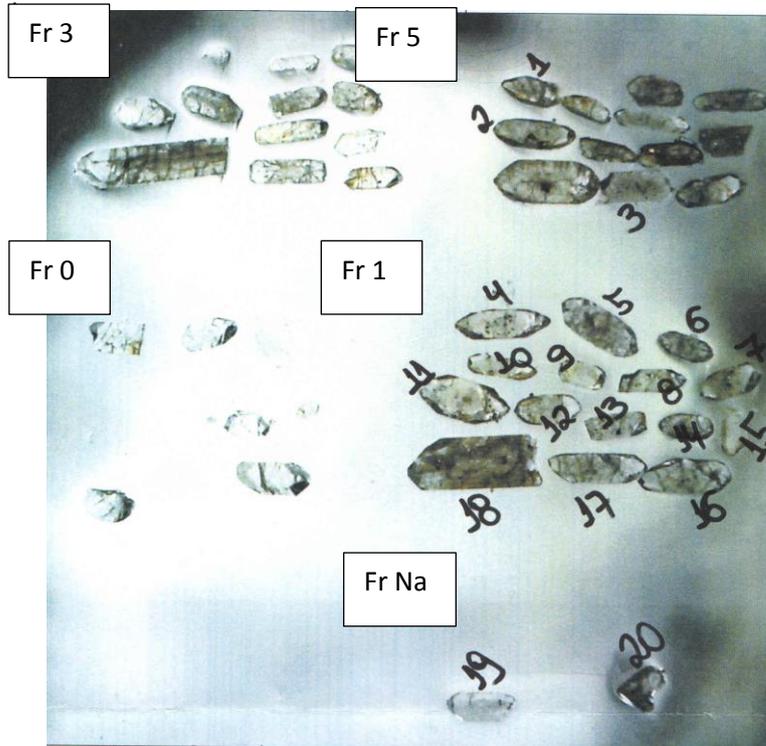
Fonte: A autora, 2015.

A montagem final apresentou 49 grãos, pois muitos foram perdidos durante o processo de polimento, de forma que, em algumas frações, nenhum dos grãos foi preservado (fração - 5). Destes, 20 grãos de zircão foram selecionados para a datação, sendo dois da fração não atraível, quinze da fração 1 e três da fração 5. Assim como para o biotita charnoenderbito, buscou-se datar as frações e grãos mais heterogêneos possíveis.

De maneira geral, a população de grãos nessa amostra é homogênea, com predominância evidente de grãos grandes (em média, 500 μm de comprimento), com formas subédricas alongadas à ovulares. As razões comprimento/largura se encontram majoritariamente em 3:1 e 2:1, embora alguns grãos apresentem razão 4:1, todas tidas como tipicamente ígneas. Numa rápida análise em lupa binocular, buscando relacionar a tipologia do zircão da amostra com os tipos e subtipos descritos em Pupin (1980), pode-se notar que a maioria dos grãos assemelham-se com os subtipos S9, S4 e G1, G2, sugerindo uma origem cálcio-alcálica para esses grãos (Figura 5.6), fato corroborado pela litogeoquímica apresentada no capítulo 4.

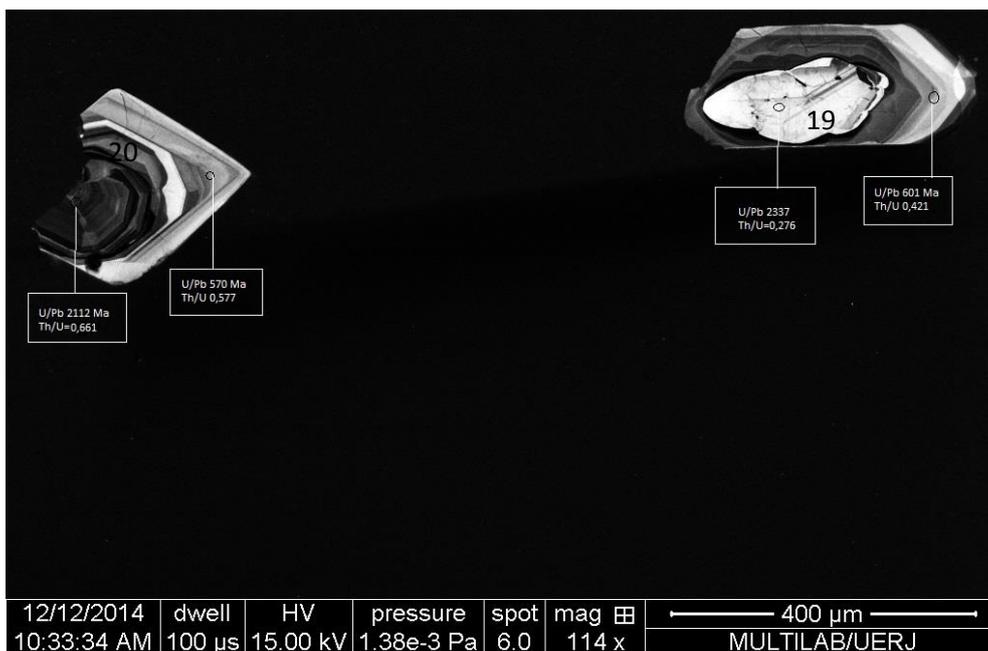
Nas imagens de catodoluminescência (CTDL), pode-se observar a existência de dois tipos de núcleos para a população de grãos; o primeiro corresponde aos núcleos claramente formados por zircão herdado como os grãos 19, 16 e 5 (Figura 5.7 e 5.8). Neste, o núcleo corresponde à um grão com bordas levemente arredondadas sem estruturação interna que está envolto por halos com zoneamento oscilatório, sugerindo uma origem ígnea. O segundo grupo corresponde aos núcleos com zoneamento oscilatório magmático bem definido e que apresentam o eixo de orientação distinto e/ou truncando a estruturação do zoneamento das bordas como nos grãos 0, 1, 3, 6, 7, 12, 14 (Figura 5.8 e 5.9), sugerindo, desta forma, que a formação do núcleo e da borda se deram em diferentes eventos. Em ambos os casos, as bordas com formas subédricas a euédricas, bem como com zoneamento oscilatório marcante sugerem uma origem ígnea, formada a partir da cristalização de um magma, assim sendo, ambos os núcleos podem ser considerados como herança. A ausência de bordas metamórficas com sobrecrecimento metamórfico somada às razões U-Th entre 0,1 e 0,8 típicas de magmas félsicos à intermediários, corroboram a origem ígnea desses zircões (Rubatto, 2002). No entanto, cabe mencionar que em quatro grãos de zircão, nos quais foi possível a execução de três “spots”, os pontos centrais (entre borda e núcleo) forneceram razões U-Th $< 0,1$, que seriam relacionadas a uma origem metamórfica, embora seja fato conhecido que deve-se ter cautela na utilização da razão U-Th quando se trabalha com rochas de terreno de alto grau, pois a alta temperatura pode homogeneizar os grãos. De fato, ao observar as imagens de CTDL, os locais nos quais estão localizados os pontos, apresentam texturas complexas, com zoneamento convoluto, que sugerem processos metamórficos (grãos 10, 11, 14, 15 na Figura 5.8). No entanto, segundo Corfu (2006), esse zoneamento pode estar relacionado à processos de fusão parcial, o que estritamente falando não seria mais metamórfico mas sim ígneo. Ademais, devido aos altos erros embutidos nessas análises, ao serem incluídos na construção dos diagramas de concórdia, os valores de mswd tornam-se relativamente muito altos (> 9) e, assim, para efeitos estatísticos, foram excluídos.

Figura 5.6- Diferentes tipologias de zircão presentes na amostra PRC-RH-05. Os grupos foram separados por fração que são apontados nas figuras (exemplo: Fr Na = fração não atraível). Os números escritos nos grãos correspondem ao numero dos grãos de zircão apresentados na tabela 5.2 na coluna "spot number"



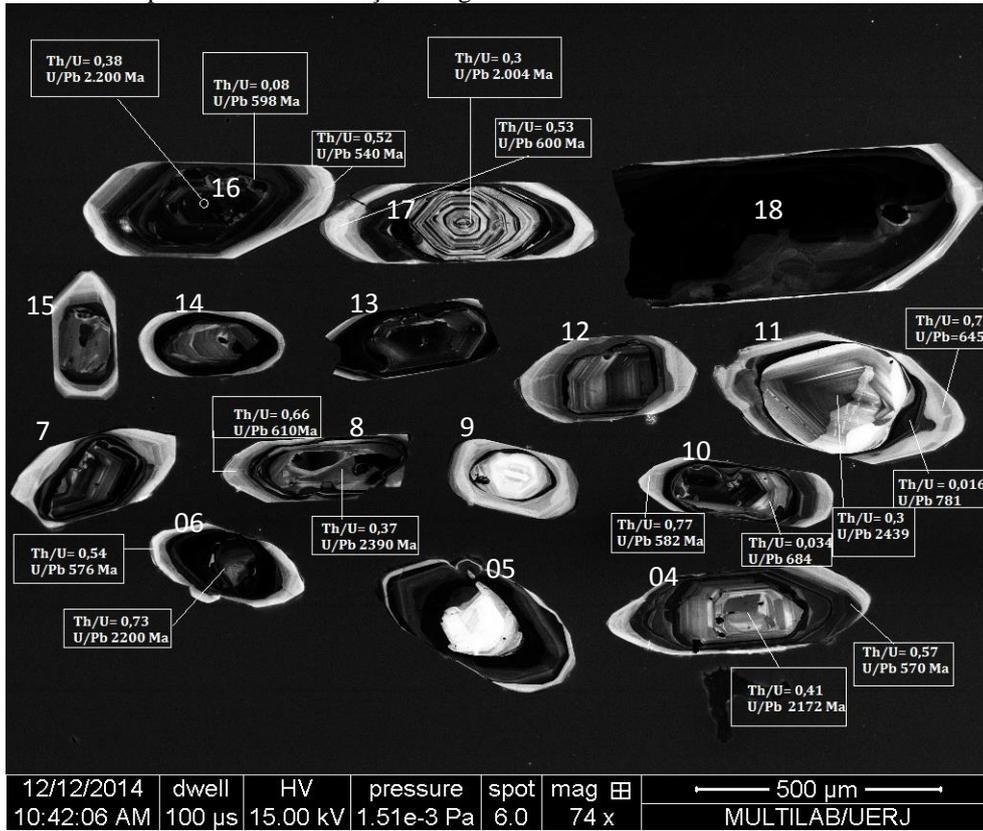
Fonte: A autora, 2015.

Figura 5.7- Imagem de catodoluminescência para os zircões da fração -5 da amostra PRC-RH-05 com identificação dos grãos.



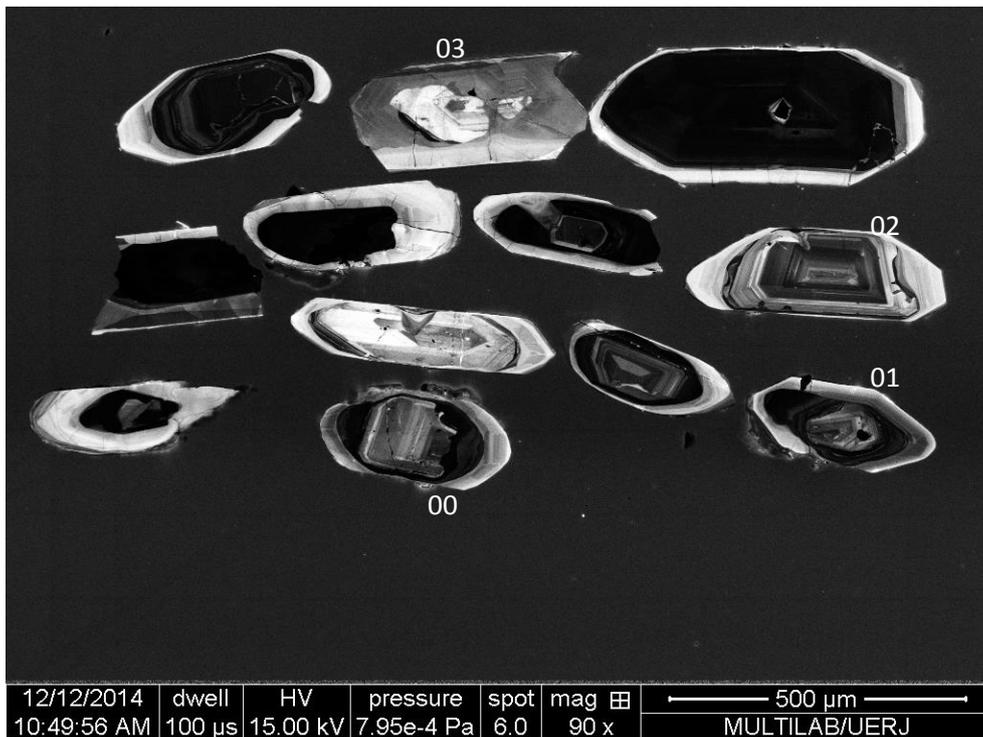
Fonte: A autora, 2015

Figura 5.8- Imagem de catodoluminescência para os zircões da fração 1 da amostra PRC-RH-05. Os números correspondem à identificação dos grãos



Fonte: A autora, 2015

Figura 5.9- Imagem de catodoluminescência para os zircões da fração 5 da amostra PRC-RH-05



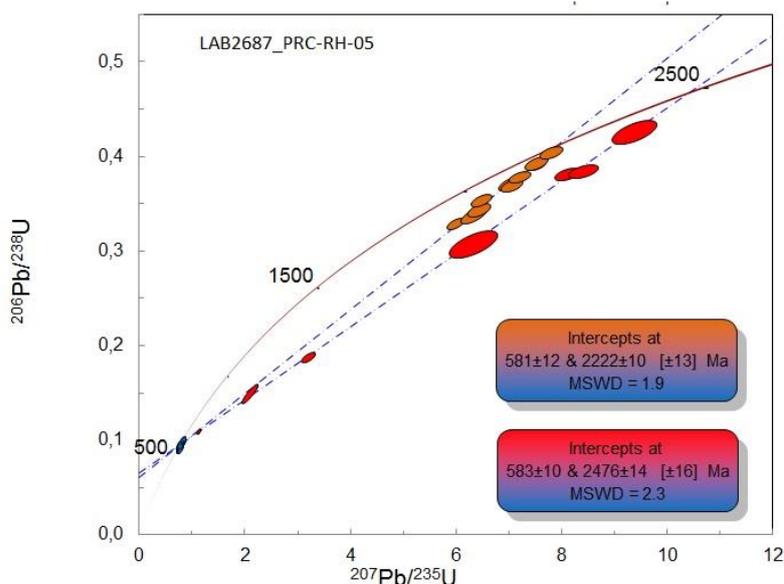
Fonte: A autora, 2015.

A maior parte das análises resultou em valores discordantes, e com grandes intervalos, resultando num gap entre o intersepto inferior e o intersepto superior, o que não nos permite realizar uma associação com a perda progressiva de chumbo em eventos tectônicos. Cabe ainda ressaltar a projeção de duas discórdias diferentes, com valores de regressão menores que 2,6; ou seja, com algum significado geológico. Provavelmente, esses valores estão relacionados aos núcleos herdados como pode ser observado nas imagens dos grãos de números 20, 16, 14 (Figuras 5.7 e 5.8).

A análise forneceu as idades aparentes de 2200 Ma (+ou-10Ma) e 2476 (+ou-14), baseadas no intersepto superior cortado pelas duas discórdias a qual pode ser interpretada como a idade média das heranças registradas pelo núcleo (Figuras 5.10).

O intersepto inferior nos forneceu a média das razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de 581 (+ou- 10) Ma, que foi interpretada como idade de cristalização destas rochas, baseada principalmente nas observações de campo, petrográficas (nas quais exibem textura ígnea), forma dos grãos, estruturação interna dos grãos com zoneamento oscilatório frequentemente observado nas bordas e ausência de bordas e/ou estruturas de metamorfismo. Os quatro grãos que apresentam feições tipicamente metamórficas podem sugerir que a cristalização destas rochas ocorreu numa etapa sin- a pós-metamórfica, porém, como foi dito anteriormente, o baixo número de amostras não permite afirmar tal fato.

Figura 5.10- Diagrama Concórdia Wetherill da amostra PRC-RH-05.



Fonte: A autora, 2015.

Tabela 5.3- Tabela com dados isotópicos U-Pb-Th da amostra PRC-RH-05.

			Ratios							Age (Ma)				%		
Spot number	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	\pm	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	\pm	Rho 1	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	\pm	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	\pm	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	\pm	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	\pm	Disc. f 206		$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$
Z-01N	7,003	1	0,371	1	0,68	0,137	1	2036	14	2112	10	2187	14	3,7	0,004	0,339
Z-02N	6,466	1	0,354	1	0,62	0,132	1	1955	13	2041	11	2130	16	4,4	0,721	0,444
Z-04N	6,329	1	0,338	1	0,71	0,136	1	1879	19	2022	14	2172	19	7,6	0,033	0,414
Z-07N	7,508	1	0,391	1	0,52	0,139	1	2129	11	2174	9	2216	15	2	0,009	0,320
Z-12N	6,424	1	0,344	1	0,58	0,135	1	1905	14	2036	12	2170	19	6,8	0,008	0,293
Z-13N	7,519	1	0,393	1	0,59	0,139	1	2138	14	2175	11	2210	16	1,7	0,002	0,352
Z-13B	7,797	1	0,405	1	0,56	0,140	1	2191	13	2208	11	2224	16	0,7	0,004	0,303
Z-14N	7,047	1	0,370	1	0,55	0,138	1	2030	13	2117	11	2204	17	4,3	0,007	0,232
Z-16N	7,195	1	0,379	1	0,55	0,138	1	2070	12	2136	10	2200	16	3,2	0,002	0,387
Z-20N	5,983	1	0,329	1	0,64	0,132	1	1835	12	1973	10	2122	15	7,5	0,009	0,160
Z-01B	0,781	1	0,095	1	0,70	0,060	1	584	5	586	6	594	20	0,3	0,017	0,313
Z-03B	0,756	2	0,092	1	0,64	0,060	1	568	6	572	7	588	27	0,7	0,027	0,553
Z-04B	0,774	1	0,095	1	0,55	0,059	1	585	5	582	6	570	26	-0,5	0,016	0,521
Z-06B	0,776	3	0,092	2	0,76	0,061	2	569	11	583	12	640	37	2,5	0,049	0,506
Z-07B	0,770	3	0,094	2	0,70	0,059	2	581	11	580	12	576	42	-0,1	0,063	0,539
Z-08B	0,784	3	0,094	2	0,70	0,060	2	582	11	588	12	610	43	0,9	0,075	0,664
Z-09B	0,757	3	0,092	2	0,75	0,059	2	570	12	572	12	582	41	0,4	0,056	0,499
Z-10B	0,803	4	0,098	3	0,75	0,059	2,0	603	16	599	16	582	52	-0,7	0,071	0,772
Z-11B	0,774	3	0,092	2	0,71	0,061	2	566	12	582	14	645	47	2,8	0,051	0,710
Z-12B	0,807	3	0,098	2	0,69	0,060	2	601	13	601	15	600	51	0,0	0,053	0,552
Z-16C	0,776	1	0,094	1	0,59	0,060	1	580	4	583	5	598	20	0,6	0,015	0,088
Z-16B	0,773	3	0,096	2	0,68	0,058	2	592	12	581	14	540	50	-1,7	0,042	0,529
Z-17B	0,755	2	0,091	2	0,73	0,060	1	564	9	571	10	600	33	1,3	0,108	0,548

Z-18N	0,810	1	0,098	1	0,57	0,060	1	603	4	603	6	601	22	0	0,003	0,044
Z-19B	0,808	2	0,096	1	0,58	0,061	1	594	6	601	7	629	28	1,2	0,051	0,421
Z-20B	0,780	3	0,096	2	0,74	0,059	2	589	13	585	14	570	45	-0,7	0,101	0,577
Z-02B	2,094	3	0,150	3	0,91	0,101	1	899	22	1147	20	1651	23	27	0,021	0,420
Z-05N	9,381	2	0,427	1	0,64	0,159	1	2291	23	2376	17	2450	24	3,7	0,023	0,238
Z-08N	8,104	1	0,382	1	0,54	0,154	1	2085	13	2243	11	2390	17	7,5	0,010	0,374
Z-11N	8,408	1	0,385	1	0,55	0,158	1	2100	15	2276	13	2439	19	8,4	0,006	0,300
Z-17N	3,199	2	0,188	1	0,69	0,123	1	1112	12	1457	12	2004	20	31	0,030	0,316
Z-19N	6,329	3	0,308	2	0,66	0,149	1	1729	29	2022	25	2337	37	17	0,061	0,276
Z-20C	1,132	1	0,110	1	0,68	0,075	1	674	7	769	8	1056	21	14	0,028	0,154
Z-10C	0,880	1	0,103	1	0,592	0,062	1	629	5	641	6	684	22	2	0,009	0,034
Z-11C	0,900	1	0,100	1	0,517	0,065	1	615	5	652	8	781	28	6	0,017	0,016
Z-14B	0,875	4	0,104	2	0,665	0,061	3	635	15	638	18	649	60	0,5	0,096	0,624
Z-15B	0,715	3	0,088	3	0,808	0,059	2	543	14	547	14	568	43	1	0,055	0,567

Legenda: Os números dos grãos correspondem aos mesmos apontados nas figuras 5.7, 5.8 e 5.9. N corresponde ao núcleo e B à borda.

Fonte: A autora, 2015.

5.2.3 Ortogramulito Heterogêneo (EF-RH-07)

A amostragem foi realizada num afloramento de corte de estrada entre as cidades de Divininho e Espera Feliz (Figura 5.11). Neste ponto a rocha é de granulometria média à grossa encontra-se pouco intemperizada apresentando apenas uma fina cobertura de alteração. Sua coloração é cinza esverdeada e possui aspecto relativamente heterogêneo, em virtude do bandamento composicional, no qual bandas félsicas com aproximadamente 10 cm de espessura compostas de quartzo e feldspato alternam com bandas máficas compostas de anfibólio e ortopiroxênio. Na análise litogeoquímica a rocha apresentou composição cálcio-alcalina, de caráter metaluminoso com características da série de médio K. O teor de SiO_2 é de 64,88%, se encaixando no grupo das rochas intermediárias. Nos diagramas geotectônicos e multielementos exibiu assinatura de rochas de arco magmático.

Figura 5.11- Aspecto do ponto onde foram coletadas as amostras do ortogramulito heterogêneo.



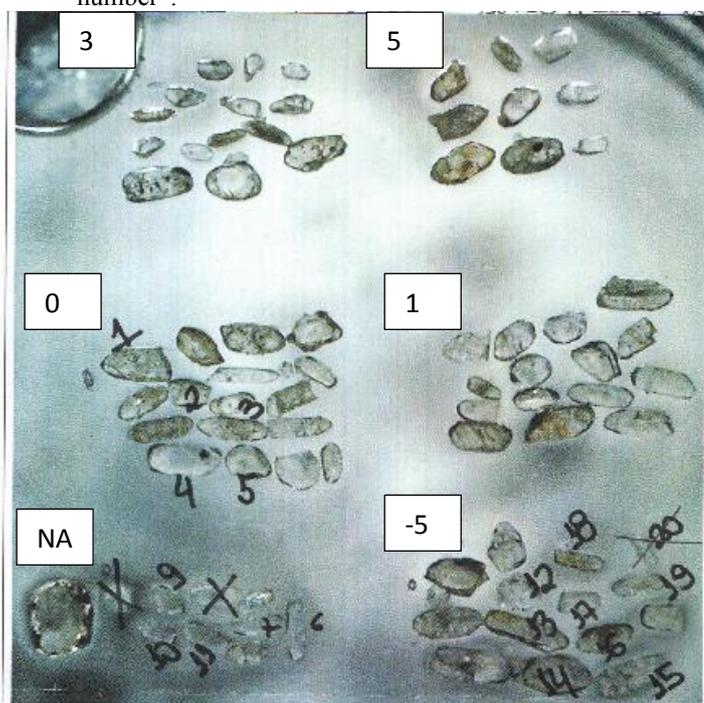
Fonte: A autora, 2015.

A montagem apresenta 81 grãos de zircão, dos quais 19 foram analisados. Destas, dez (10) grãos pertencem à fração não atraível e 0 (sendo cinco grãos em cada uma destas frações), e os nove grãos restantes correspondentes à fração -5. Os critérios de escolha de grãos e frações foram os mesmos utilizados nas amostras anteriores.

A população de grãos de zircão na amostra EF-RH-07 apresenta-se muito diversificada com fragmentos, grãos com formas arredondadas e baixas razões comprimento/largura, e grãos alongados, subédricos. Desta forma, pode-se dividir a

população em pelo menos três grupos. O grupo 1 pode ser caracterizado pelas formas alongadas, arestas bem definidas dos grãos, sendo a razão comprimento/largura próxima de 4:1 assemelhando-se ao subtipo S9, correspondente a magmas cálcio-alcálicos (Pupin, 1980). Os grãos possuem cor predominantemente transparente, no entanto, alguns cristais possuem um leve tom acastanhado. Exemplos deste grupo são os grãos de número 13 e 18 (Figura 5.12).

Figura 5.12- Diferentes tipologias de zircão presentes na amostra EF-RH-07. Os grupos foram separados por fração que são apontados nas figuras (exemplo: Fr Na = fração não atraível). Os números escritos nos grãos correspondem ao número dos grãos de zircão apresentados na tabela 5.4 na coluna "spot number".



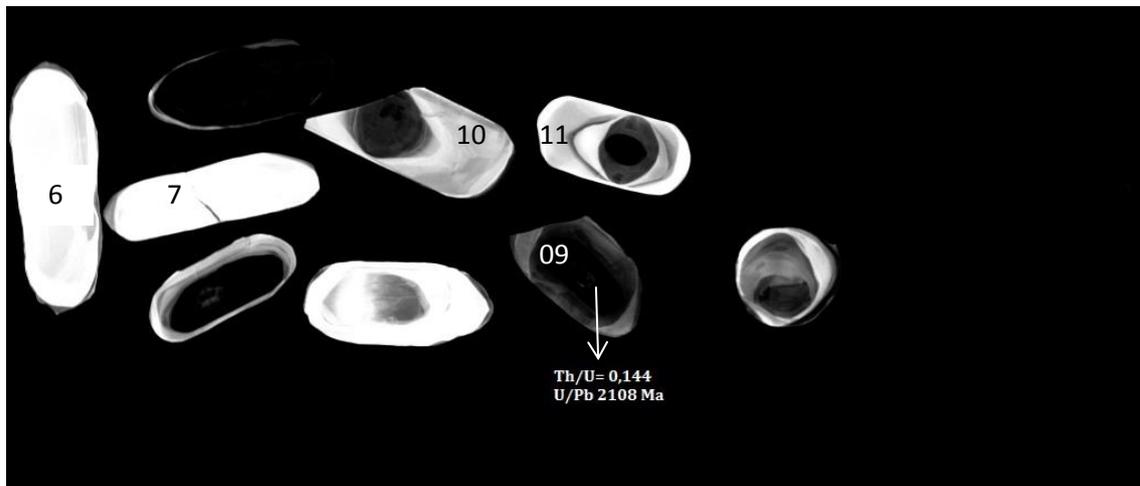
Fonte: A autora, 2015.

O segundo grupo tem como bons representantes os cristais de número 14 e 16 e apresentam formas ovulares, coloração marrom-acastanhada e razão 2:1. Numa rápida análise em lupa binocular pode-se verificar que sua tipologia se assemelha aos subtipos S2, S7 (Pupin, op cit), que correspondem à tipologia característica de granitos intrusivos autóctones. A terceira população corresponde a quase metade do total de grãos e tem como característica marcante as formas arredondadas dos grãos. A razão comprimento/largura é próxima de 1:1. Seu formato mais arredondado nos leva a relacionar sua tipologia aos subtipos S12, S13 e S14, típicos de zircões de alta temperatura, encontrados frequentemente em charnockitos (Pupin, op cit.). Todos os grupos apresentam razão Th/U entre 0,16 e 1,3 sendo, estes valores, normalmente atribuídos a grãos ígneos.

Internamente, como pode-se observar através das imagens de catodoluminescência (CTDL), que, de maneira geral (embora não seja regra), os cristais com arestas mais bem definidas caracterizam-se por grande núcleo com textura de crescimento magmático (zoneamento oscilatório) bem preservada e com bordas de crescimento que, muitas vezes, “truncam” a estruturação do núcleo (grãos 3, 15, 16 Figura 5.14, 5.15), sugerindo que foram formados em eventos tectônicos diferentes. O grão 18 (Figura 5.14), por sua vez exibe bordas com lobos que, localmente, penetram o interior dos núcleos.

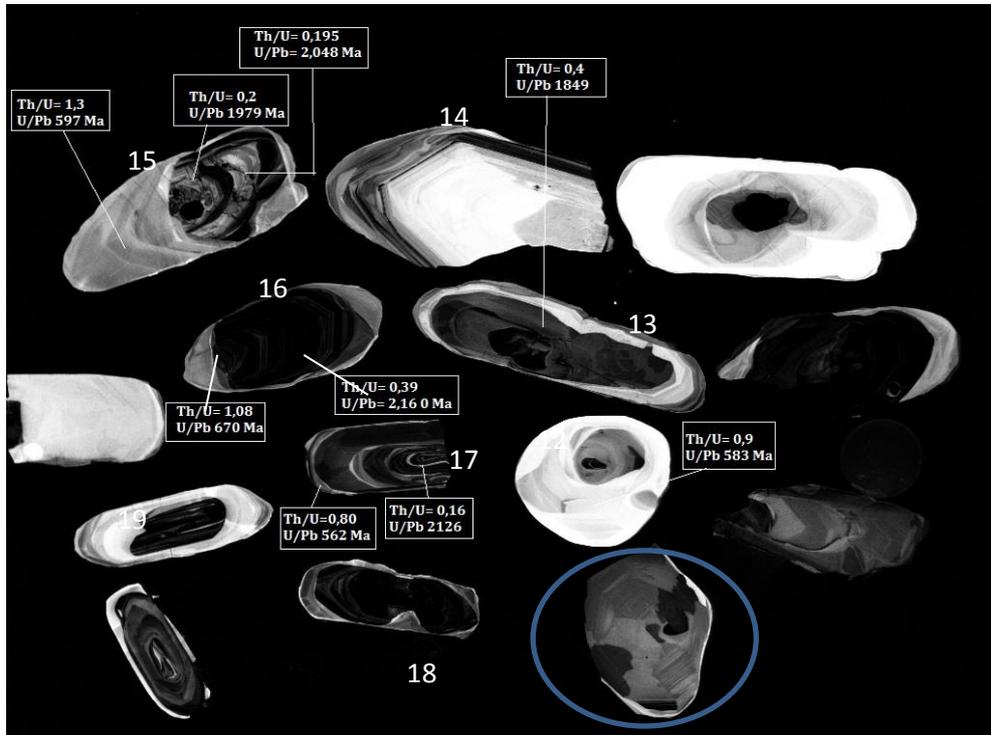
Os grãos de zircão mais arredondados possuem estrutura interna mais complexa, com zoneamento irregular, apresentando formas convolutas e zoneamento “fir tree”, típico de rochas granulíticas (Figura 5.14 e 5.15) (Corfu et al 2006). Esse aspecto “desorganizado” reflete a variação físico-química das condições e a duração de cada evento metamórfico e é causado por modificações de estruturas pré-existentes e/ou crescimento de um novo grão (Corfu *et al* 2006).

Figura 5.13- Imagem de catodoluminescência para os zircões da fração Não atraível da amostra EF-RH-07.



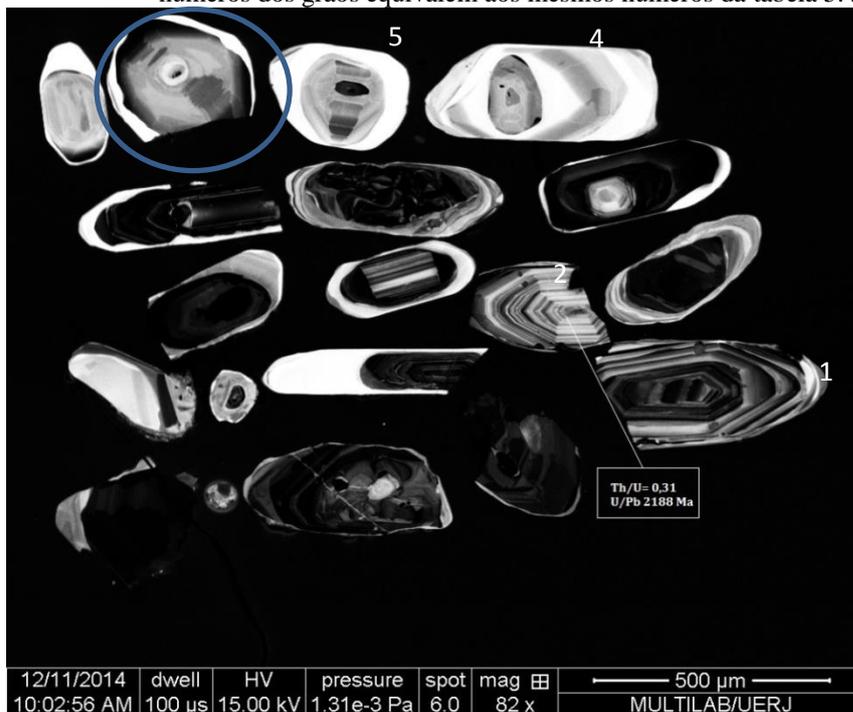
Fonte: A autora, 2015.

Figura 5.14- Imagem de catodoluminescência para os zircões da fração -5 da amostra EF-RH-07. Os números dos grãos equivalem aos mesmos números da tabela 5.4 e da figura 5.12. Em destaque grão com estrutura fir tree.



Fonte: A autora, 2015.

Figura 5.15- Imagem de catodoluminescência para os zircões da fração 0 da amostra EF-RH-07. Apenas um grão apresenta os valores explícitos pois somente esta foi utilizada para a construção da discórdia. Os números dos grãos equivalem aos mesmos números da tabela 5.4 e da figura 5.12.



Fonte: A autora, 2015.

No diagrama de concórdia, as análises dispõem-se, em sua maioria, de forma discordante, mas alinhadas, o que pode sugerir uma perda progressiva de Pb. A discórdia intersecta a concórdia em dois pontos: na parte superior, em 2209 ± 15 Ma; e na parte inferior, em 599 ± 14 Ma. Essas idades foram interpretadas como idades de cristalização do magma que originou os Ortogranulitos heterogêneos e a idade do metamorfismo em fácies granulito sofrido pelas rochas. Nesta amostra o intersepto inferior, ao contrário da amostra PRC-RH-05 foi interpretado como idade de metamorfismo devido aos aspectos observados em campo como heterogeneidade da rocha, foliação marcante, muitas vezes dada pelo bandamento composicional, bem como a ausência de ortopiroxênio e texturas ígneas. Essas características ainda são corroboradas pelos seguintes fatos: as formas arredondadas (snow ball) (Figuras 5.13, 5.14, 5.15) e estruturas internas observadas em diversos grãos são tipicamente de origem metamórfica, como por exemplo as terminações em zig-zag do zoneamento fir tree observada em alguns grãos (Figura 5.14 e 5.15). Esta estrutura interna é formada devido às fortes flutuações da taxa de crescimento do zircão em presença de líquido anatético, durante o pico de um evento metamórfico de ultra-alta temperatura.

As razões Th/U são altas, pois, para rochas metamórficas, são esperados valores menores que 0,1 (e.g. Gebauer et al., 1997), sinalizando depleção relativa de Th em relação ao U, devido à abertura do sistema isotópico em evento tectônico. Por outro lado, tem-se que o conteúdo de U também pode indicar a natureza magmática ou metamórfica de um grão, pois, num domínio metamórfico este conteúdo é menor do que em um magmático. Ou seja, apenas os valores da razão Th/U, por si só, não são capazes de indicar a natureza do zircão, pois se numa determinada rocha houver mais perda de U durante o evento tectônico/metamórfico do que de Th, teremos razões elevadas, o que levaria equivocadamente a uma associação a uma origem ígnea. Na literatura, tem-se que os ortognaisses do embasamento do Cinturão Araçuaí (domínios metamórficos) apresentam valores médios inferiores a 100 ppm de U, muito abaixo do conteúdo médio de zircões magmáticos de rochas félsicas e intermediárias (200-600 ppm). Esse fato pode explicar o porquê das maiores razões Th/U (0,8 à 1,3) estarem associadas a grãos de zircão com características tipicamente de origem metamórfica (Tabela 5.4). O último fator que corrobora para a existência de um evento termo-tectônico sofrida pela unidade Ortogranulito Heterogêneo é a relação observada nos valores de f_{206} e da razão Pb_{206}/Pb_{204} e os zircões analisados (Tabela 5.4). O primeiro parâmetro denota a porcentagem de Pb comum, ou seja, o isótopo Pb 204. Sabe-se que, quanto menor a razão Pb_{206}/Pb_{204} , maior a entrada de Pb comum no sistema. Esse aumento irá refletir nas porcentagens apresentadas em f_{206} e pode ser associado à abertura do sistema, comum em

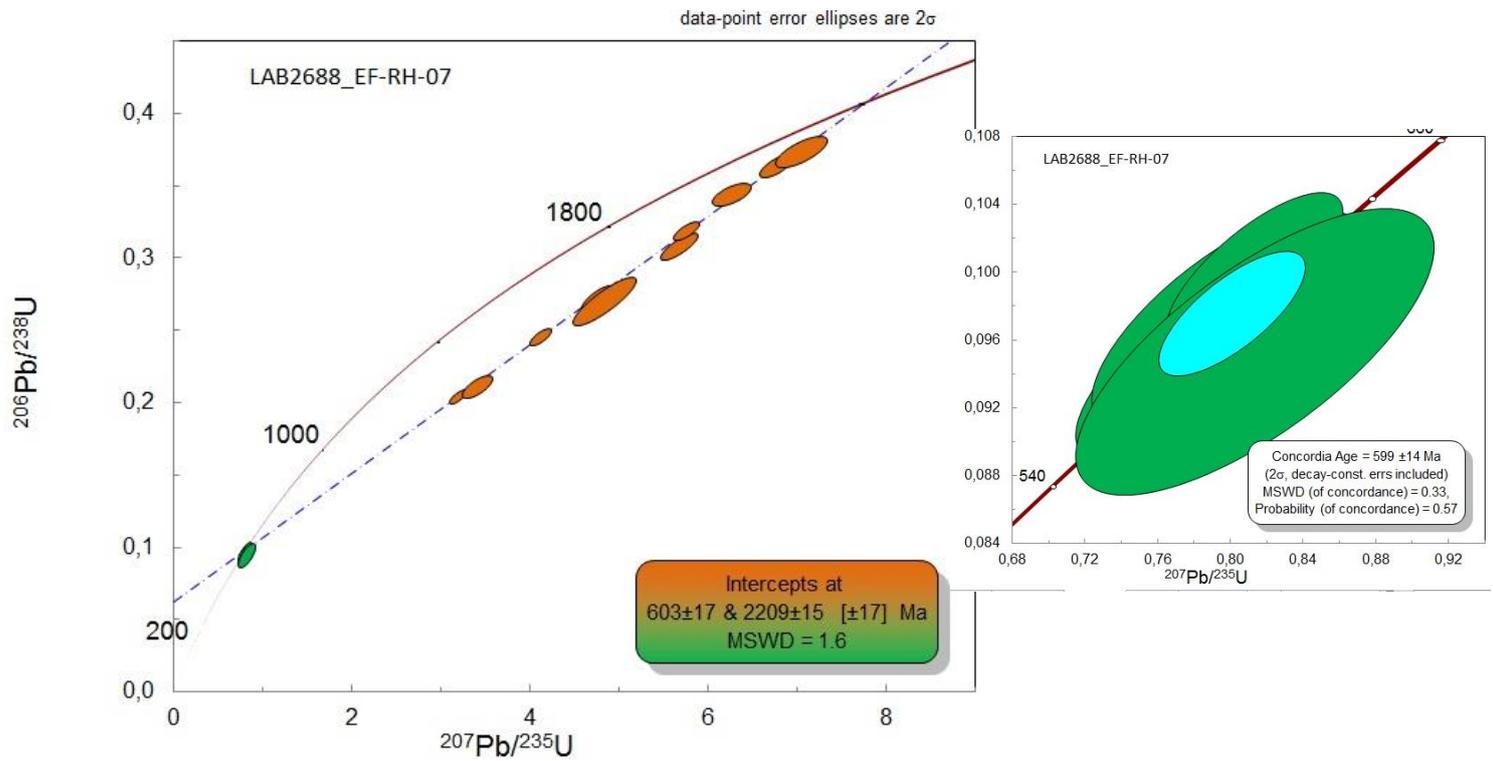
eventos tectônicos, e/ou contaminação durante o processo de tratamento da amostra. Como os menores valores apresentados para essa razão na amostra analisada ocorrem de forma sistemática em todos os pontos em zircão que indicaram idade neoproterozóica, podemos novamente associar a idade de 599 M.a. a um metamorfismo de alto grau, imposto às rochas da unidade Ortogranulito Heterogêneo.

Tabela 5.4- dados isotópicos U-Pb-Th da amostra EF-RH-07. Os números dos grãos correspondem aos mesmos apontados nas figuras acima. N corresponde ao núcleo e B borda

Spot number	Ratios										Age (Ma)		%				
	$^{206}\text{Pb}^*/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	\pm	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	\pm	Rho 1	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	\pm	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	\pm	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	\pm	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	\pm	Disc .	f 206	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$
Z-02	59686	7,057	2	0,374	1	0,728	0,137	1	2048	22	2119	15	2188	20	3,4	0,025	0,315
Z-08N	336405	5,676	1	0,308	1	0,817	0,133	1	1733	19	1928	13	2144	15	11,2	0,005	0,125
Z-09N	219466	5,758	1	0,320	1	0,761	0,131	1	1788	13	1940	9	2106	11	8,5	0,007	0,144
Z-13N	261697	3,193	1	0,205	1	0,776	0,113	1	1201	11	1455	10	1849	14	21,2	0,006	0,403
Z-14B	220328	4,838	3	0,271	2	0,866	0,130	1	1544	35	1792	25	2093	26	16,0	0,007	0,195
Z-15N	153132	4,120	1	0,246	1	0,758	0,122	1	1417	12	1658	10	1979	14	17,0	0,011	0,209
Z-15C	340587	4,753	1	0,273	1	0,823	0,126	1	1555	17	1777	12	2048	15	14,2	0,005	0,195
Z-16N	1049968	6,770	1	0,364	1	0,717	0,135	1	2001	15	2082	10	2163	13	4,0	0,001	0,391
Z-17N	214645	6,270	1	0,344	1	0,646	0,132	1	1907	15	2014	12	2126	18	5,6	0,007	0,162
Z-19N	101739	3,406	2	0,211	1	0,720	0,117	1	1237	17	1506	16	1908	25	21,8	0,016	0,277
Z-12C	17186	0,797	4	0,097	3	0,729	0,059	2	598	16	595	17	583	56	-0,5	0,103	0,978
Z-15B	16167	0,781	3	0,095	2	0,733	0,060	2	583	14	586	15	597	51	0,5	0,110	1,302
Z-16B	16898	0,813	5	0,095	3	0,729	0,062	3	587	20	604	23	670	73	3,0	0,105	1,084
Z-17B	37382	0,813	2	0,100	2	0,757	0,059	1	615	11	604	11	562	35	-1,8	0,047	0,837

Fonte: A autora, 2015.

Figura 5.16- Diagrama Concórdia Wetherill da amostra EF-RH-07. Em destaque seção de spots concordantes de idade neoproterozóica.



Fonte: A autora, 2015.