



# DADOS AEROGAMAESPECTROMÉTRICOS APLICADOS NA DELIMITAÇÃO DO COMPLEXO CRUZETA (MACIÇO ARQUEANO DE TRÓIA), DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL DA PROVÍNCIA BORBOREMA

Tercyó Rinaldo Gonçalves Pinéo, Felipe Grandjean da Costa. Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

## Abstract

Archean provinces corresponds a small portion of the Earth's surface and the study of this domains is fundamental to understanding the beginning of the Earth geological history. The aim of this paper is the interpretation of the gamma ray airborne data integrated with compiled geochronological data, to delimit the boundary of the Cruzeta Complex, an archean terrain located in the Ceará Central Domain, north of the Borborema Province.

## Introdução

O Domínio Ceará Central (DCC) da Província Borborema (Almeida *et al.*, 1981), nordeste da plataforma Sul-Americana (Figura 01), possui um terreno de idade Arqueana denominado de Complexo Cruzeta (Oliveira e Cavalcante, 1993), cujos limites norte e oeste ainda estão mal definidos, devido a semelhança litológica com terrenos Paleoproterozoicos adjacentes e a escassez de dados geocronológicos (Fetter, 1999; Arthaud *et al.*, 2007). De acordo com Cavalcante *et al.* (2003) o Complexo Cruzeta compreende uma área de aproximadamente 9.862 Km<sup>2</sup>.

O objetivo deste trabalho corresponde em determinar o contato entre o núcleo Arqueano (Complexo Cruzeta) e os terrenos Paleoproterozoicos adjacentes, com base em dados aerogeofísicos gamaespectrométricos integrados com dados geocronológicos extraídos da literatura.

## Contexto Geológico

O Complexo Cruzeta, originalmente nomeado de Maciço Arqueano de Tróia por Brito Neves (1975) é formado pelas unidades Tróia, Pedra Branca e Mombaça (Oliveira e Cavalcante, 1993) e está localizado na porção sudeste do DCC (Figura 01).

A Unidade Tróia corresponde uma associação meta-plutonovulcanosedimentar, constituída por ortoanfibolitos (metabasaltos e metagabros), metaltamafitos com cumulatos cromitíferos, metadacitos, metadoritos,

quartzitos, metachertes, metacalcários, rochas cálcio-silicáticas e xistos grafitosos. A Unidade Pedra Branca é a predominante do Complexo Cruzeta, sendo composta por ortognaisses cinzentos, parcialmente migmatíticos, de composições quartzo-dioríticas, granodioríticas e subordinadamente graníticas. Esta unidade apresenta idade U-Pb em zircão de 2,67 Ga, com idade modelo  $T_{DM}$  de 2,69 Ga e  $\epsilon_{Nd}$  positivo, indicando também uma origem juvenil (Fetter, 1999). A Unidade Mombaça é formada por biotita-gnaisses, com ou sem anfibólio e granada, ortoderivados de composição granodiorítica, granítica e quartzo-diorítica, migmatizados com geração de diatexitos e envolvendo lentes de anfibolitos, rochas cálcio-silicáticas e, mais raramente, mármores, quartzitos ferruginosos e metaultamáficas. Amostras de ortogneisse da Unidade Mombaça apresentam idade U-Pb em zircão de 2,8 Ga e idade modelo  $T_{DM}$  entre 2,9 e 3,0 Ga, indicando retrabalhamento de crosta mais antiga (Fetter, 1999).

O Complexo Cruzeta é bordejado no seu extremo norte e oeste por rochas Paleoproterozoicas que compõem a Unidade Algodões (Martins, 2000) seguido pelo Complexo São José da Macaoca, já o limite leste é marcado pela zona de cisalhamento Senador Pompeu. A Unidade Algodões é formada por metassedimentos, metabásicas e ortognaisses tonalíticos a granodioríticos, com idade U-Pb e Pb-Pb entre 2,17 e 2,13 Ga e idades modelo  $T_{DM}$  entre 2,24 e 2,44 (Martins, 2000). O Complexo São José da Macaoca é composto por ortognaisses de composição granodiorítica a tonalítica, com idade entre 2,1 e 2,0 Ga (Torres *et al.*, 2007). Intrusivo no limite norte do Complexo Cruzeta há a Suíte Madalena (Castro, 2004; Arthaud *et al.*, 2007), formada por quartzo-diorito pouco deformado com idade U-Pb em zircão em torno de 2,15 e 2,13 Ga.

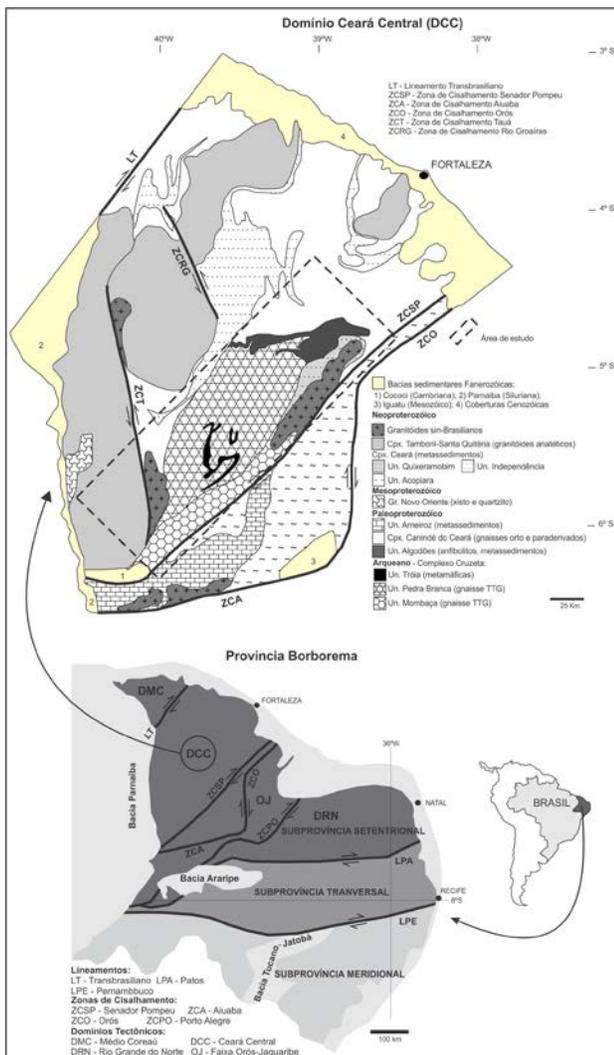


Figura 01 – Província Borborema com destaque para o Domínio Ceará Central (DCC), onde se localiza a área de estudo.

### Materiais e Métodos

Os dados aerogeofísicos utilizados são provenientes do Projeto Novo Oriente, do Projeto Norte do Ceará, do Projeto Centro-Sudoeste do Ceará e do Projeto Paraíba-Rio Grande do Norte, contratados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

O Projeto Novo Oriente foi executado no ano 2006, totalizando 52.973,5 Km de perfil levantado em uma área de 24.500 Km<sup>2</sup>. O Projeto Norte do Ceará foi realizado entre os anos de 2008 e 2009 com aquisição dos dados ao longo de 111.080 Km de perfil, referente a uma área de 52.181 Km<sup>2</sup>. O Projeto Centro-Sudoeste do Ceará ocorreu no ano 2010, onde foi levantado 100.487 Km de perfil em uma área de 47.873 Km<sup>2</sup>. O Projeto Paraíba-Rio Grande do Norte foi conduzido em 2010 e abrangeu uma área de 63.888 Km<sup>2</sup>, totalizando 134.228 Km de perfil. Para todos os referidos projetos as linhas de vôo foram orientadas na direção N-S, espaçadas de 500 m e as

linhas de controle foram orientadas na direção E-W, com espaçamento de 10 km, sendo a altura do vôo de 100 m ( $\pm 15$  m) e a medição dos dados a cada 0,1 segundo.

O processamento dos dados aerogeofísicos foi realizado com o *software* Oasis Montaj 7.2.1 da GEOSOFT e teve início com o corte da área de interesse e análise da qualidade dos dados. Estes foram em seguida interpolados através do método de gridagem bidirecional, resultando em uma malha regular de 125x125 m.

Dos *grids* gamaespectrométricos foram geradas imagens do canal de potássio, do canal do equivalente tório, do canal do equivalente urânio e composição ternária RGB entre os três canais radiométricos.

Os dados geocronológicos são provenientes dos trabalhos de Fetter (1999), Castro (2004), Torres *et al.* (2007), Martins *et al.* (2009) e dados da CPRM ainda não publicados. Foram selecionadas as idades U-Pb e Pb-Pb obtidas em zircão, interpretadas como a idade de cristalização das amostras analisadas (Tabela 01).

O desenvolvimento do trabalho iniciou com a individualização de dois domínios gamaespectrométricos principais, resultante da análise e interpretação das imagens dos canais de K, eTh, eU e Temário, integradas com informações litoestratigráficas da região. Em seguida, foi sobreposto aos referidos domínios as idades geocronológicas compiladas. Por fim, a partir da integração entre estes dois dados, foram realizadas as interpretações necessárias para alcançar o objetivo proposto.

### Resultados

A análise dos dados gamaespectrométricos iniciou com uma análise e interpretação visual do comportamento de cada radioelemento (K, eTh e eU) distribuído na área, através de imagens originadas a partir dos referidos *grids*. Em seguida, foi realizada uma análise da composição ternária entre as cores primárias (vermelho, verde e azul) combinadas respectivamente com os três radioelementos (K, eTh, eU), que resultou em uma imagem de excelente correlação com a geologia da região. Desta forma, foi possível diferenciar dois domínios gamaespectrométricos principais, denominados de **A** e **PP**.

O domínio gamaespectrométrico **A**, corresponde a uma região onde predominam os ortognaisses de composição TTG referentes às unidades Pedra Branca e Mombaça de Oliveira e Cavalcante (1993). Em geral, este domínio apresenta baixa contagem para o radioelemento K em torno de 1 a 2%, porém com alguns setores localizados contagem mais alta neste elemento, o que pode representar intrusões de granitoides. O comportamento do radioelemento eTh é caracterizado por contagem

variando de média a alta, onde os valores são da ordem de 18 a 38 ppm. Já o radioelemento eU está distribuído no domínio **A** em baixo teor, cujo valor é em torno de 1 a 3 ppm (Figura 02).

O domínio gamaespectrométrico **PP**, corresponde a rochas constituintes da parte norte e oeste da unidade Pedra Branca e da totalidade da unidade Tróia. A distribuição do radioelemento K neste domínio é irregular, onde na porção central a contagem varia de média a alta, com valor aproximado de 4% e nas demais regiões a contagem é baixa (1% de K), possivelmente representando rochas composicionalmente mais evoluídas e mais primitivas, respectivamente. Já os radioelementos eTh e eU apresentam baixa contagem para toda a região, entre 2 e 6 ppm e entre 0.5 e 1 ppm, respectivamente (Figura 02).

Na imagem ternária (Figura 03) observa-se claramente a distinção entre os domínios **A** e **PP**, onde o primeiro apresenta-se em tonalidade variando de verde para azul, indicando mais uma vez que as rochas da região são pobres em K e relativamente ricas em eTh-eU, e o segundo (**PP**) em tonalidades de vermelho, devido a baixa contagem em eTh-eU em relação ao K, como já explanado.

Na área de estudo foram selecionadas 20 dados geocronológicos, cujos métodos correspondem ao U-Pb e Pb-Pb. As idades Paleoproterozoicas variam de 2.130 Ma a 2.175 Ma e estão distribuídas ao longo do domínio gamaespectrométrico **PP**. As idades Arqueanas variam de 2.675 Ma a 2.857 Ma e estão concentradas no domínio gamaespectrométrico **A** (Tabela 01).

### Conclusões

Com base nos dados gamaespectrométricos e geocronológicos apresentados, propomos para o Complexo Cruzeta uma extensão inferior ao atualmente conhecido e que corresponde ao domínio gamaespectrométrico **A**, com uma área de aproximadamente 5.290 Km<sup>2</sup>. Portanto, o domínio gamaespectrométrico **PP** corresponde aos terrenos acrescionários de idade Paleoproterozoica.

Além de todas as idade arqueanas se concentrarem no domínio **A**, este apresenta ainda baixa contagem no radioelemento K, propriedade intrínseca dos gnaisses cinzas arqueanos, que são caracterizados por abundância em quartzo e plagioclásio sódico, seguido de escassez em feldspato potássico, o que resulta em um quimismo cálcio-alcalino de baixo potássio (Martin, 1994).

### Agradecimentos

Ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), por permitir a divulgação dos dados.

### Referências

- Almeida FFM, Hasui Y, Brito Neves BB, Fuck RA. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, 17, p. 1-29.
- Arthaud, M. H. 2007. Evolução Neoproterozoica do Grupo Ceará (Domínio Central, NE Brasil: Da sedimentação à colisão continental brasileira. Doutorado em Geociências - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 132p.
- Brito Neves BB. 1975. Regionalização geotectônica do pré-cambriano nordestino. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências/USP. 198 p.
- Castro NA. 2004. Evolução geológica proterozóica da região entre Madalena e Taparuaba, domínio tectônico Ceará Central (Provincia Borborema). Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 221p.
- Cavalcante JC, Vasconcelos AM, Gomes IP, Medeiros MF. 2003. Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Fortaleza: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, CD Rom. Escala 1:500.000.
- Fetter AH. 1999. U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará state, NW Borborema province, NE Brazil: implications for the Assembly of Gondwana. Tese (Doutorado em Geologia) - Department of Geology, University of Kansas, Kansas. p. 164.
- Martin H. 1994. The archaean grey gneisses and the genesis of continental crust. In: CONDIE KC. 1994. Archaean crustal evolution. *Developments in Precambrian geology* 11. Elsevier. Amsterdam. 205-259.
- Martins G. 2000. Litogeoquímica e controles geocronológicos da Suíte Metamórfica Algodões - Choró. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 218p
- Martins, G., Oliveira, E.P, Lafon, J.M. 2009. The Algodões amphibolite-tonalite gneiss sequence, Borborema Province, NE Brazil: Geochemical and geochronological evidence for Paleoproterozoic accretion of oceanic plateau/back-arc basalts and adakitic plutons. *Gondwana Research*, 15, 71-85.
- Oliveira JF, Cavalcante, JC. 1993. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Folha Mombaça SC.24-V-D-V. Estado do Ceará. Escala 1:100.000. Brasília, DNPM/CPRM.
- Torres PFM, Cavalcante JC, Palheta ESM, Vasconcelos AM, Oliveira FV. 2007. Mapa Geológico da Folha Quixadá, 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos. CPRM.

Amostra	UTM-E	UTM-N	Litologia	Idade (Ma)	Método	Fonte
NCC-304	413600	9457200	Migmatito	2175 +/- 61	U-Pb*	Castro (2004)
NCC-160A+B	434000	9456800	Ortognaise	2156 +/- 8	U-Pb*	Castro (2004)
NCC-301	440000	9453200	Ortognaise	2142 +/- 20	U-Pb*	Castro (2004)
NCC-140B	445200	9472800	Ortognaise	2139 +/- 12	U-Pb*	Castro (2004)
NCC-757	426400	9458400	Metariolito	2130 +/- 17 (a)	U-Pb**	Castro (2004)
GM-28	485831	9454919	Metagranito	2172 +/- 7	Pb-Pb***	Martins <i>et al.</i> (2009)
GM-20B	472470	9452121	Metagranito	2160 +/- 9	Pb-Pb***	Martins <i>et al.</i> (2009)
GM-16	461970	9447878	Metatonalito	2130 +/- 3 (b)	U-Pb*	Martins <i>et al.</i> (2009)
GM-16	461970	9447878	Metatonalito	2140 +/- 6 (b)	Pb-Pb***	Martins <i>et al.</i> (2009)
JC-73	454900	9484007	Ortognaise	2151 +/- 23 (a)	Pb-Pb***	Torres <i>et al.</i> (2007)
REFO-09B	412647	9425428	Ortognaise	2134 +/- 35	U-Pb**	CPRM-Não publicado
REFO-09C	417225	9430804	Ortognaise	2150 +/- 29	U-Pb**	CPRM-Não publicado
BRCE94-49	375367	9398859	Meta vulcânica	2151 +/- 9 (b)	U-Pb*	Fetter (1999)
BRCE95-68	527415	9474136	Metatonalito	2140 +/- 6 (a)	U-Pb*	Fetter (1999)
BRCE95-52	446370	9473570	Metatonalito	2130 +/- 3 (c)	U-Pb*	Fetter (1999)
BRCE96-57	399650	9398470	Metatonalito	2675 +/- 64	U-Pb*	Fetter (1999)
BRCE96-44	368519	9318348	Metatonalito	2857 +/- 42	U-Pb*	Fetter (1999)
BRCE96-61	432344	9358560	Metatonalito	2794 +/- 77	U-Pb*	Fetter (1999)
BRCE94-50	407127	9399740	Metariolito	2776 +/- 65	U-Pb*	Fetter (1999)
BRCE94-51A	426554	9392424	Metatonalito	2773 +/- 60	U-Pb*	Fetter (1999)

Tabela 01 – Dados de geocronologia. Técnicas de datação: \*Diluição isotópica em zircão; \*\*SHRIMP em zircão; \*\*\*Evaporação em zircão. Pontos plotados no mapa da figura 03.

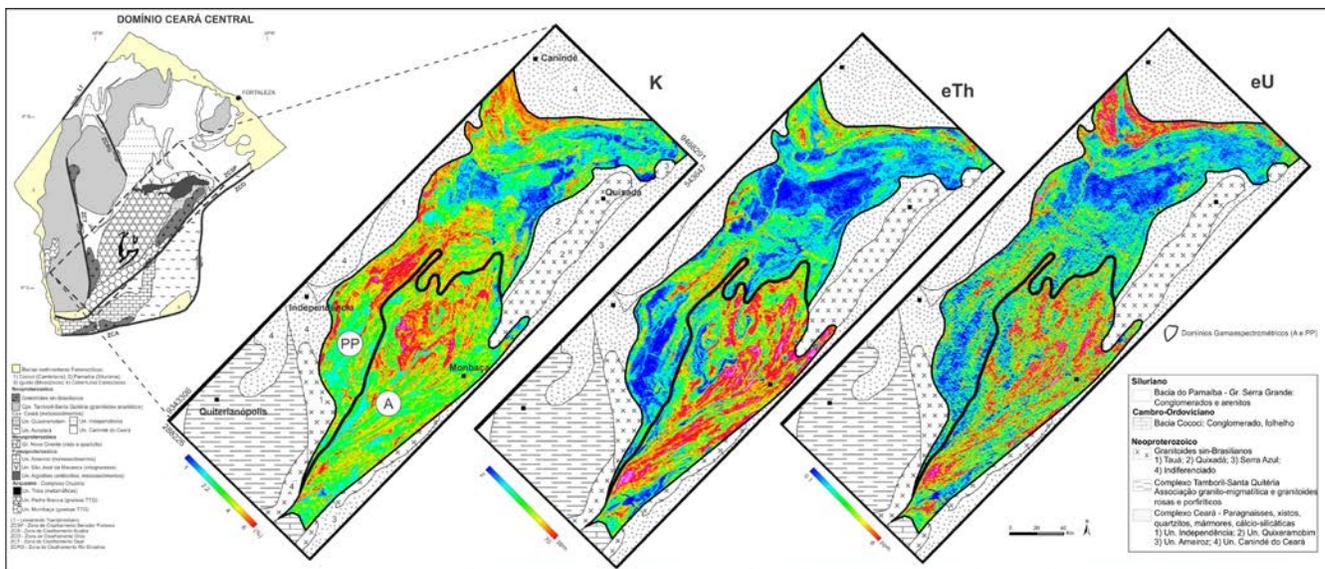


Figura 02 – Imagens dos canais de K, eTh e eU, com destaque para os domínios gamaespectrométricos A e PP. A área de estudo está destacada no mapa do Domínio Ceará Central da Província Borborema. Geologia modificada de Cavalcante *et al.* (2003).

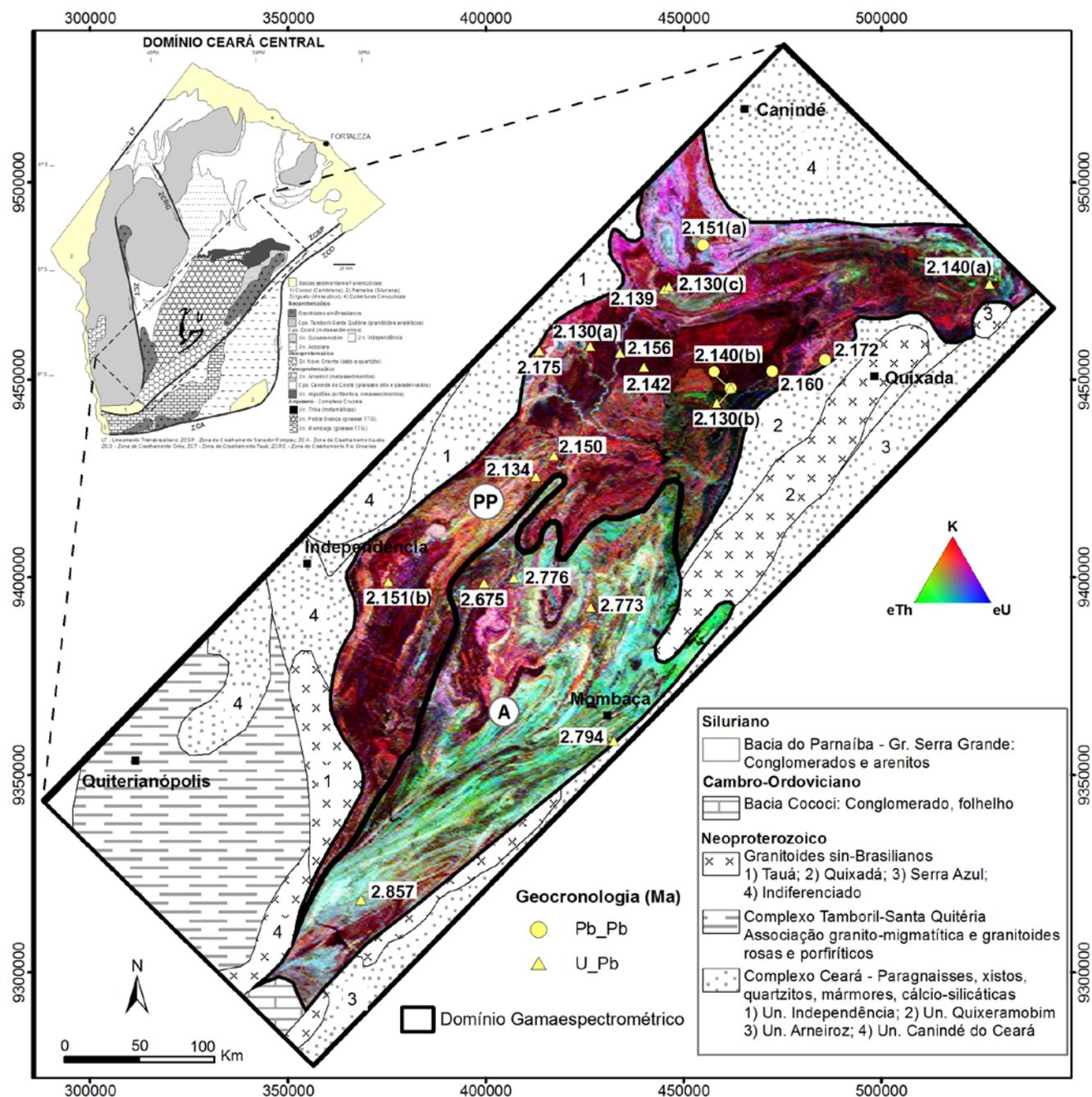


Figura 03 – Imagem ternária de dados aerogamaespectrométricos da área de estudo, com a sobreposição dos dados de geocronologia e com a sobreposição dos domínios gamaespectrométricos A e PP. A geologia da área de estudo e do Domínio Ceará Central foi modificada de Cavalcante *et al.* (2003).