



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 601

**GEOCRONOLOGIA U-Pb-Hf EM ZIRCÃO E U-Pb EM
MONAZITA DAS ROCHAS DE ALTO GRAU
METAMÓRFICO DO COMPLEXO PORTO NACIONAL,
NORTE DO MACIÇO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada por:

ELAINE DE OLIVEIRA MENEZES

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro (UFPA)

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sergio de S. Gorayeb (UFPA)

**BELÉM - PARÁ
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M541g Menezes, Elaine de Oliveira.
Geocronologia U-Pb-Hf em zircão e U-Pb em monazita das rochas de alto grau metamórfico do Complexo Porto Nacional, Norte do Maciço de Goiás / Elaine de Oliveira Menezes. — 2021.
xvi, 83 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro
Coorientador(a): Prof. Dr. Paulo Sérgio de Sousa Gorayeb
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2019.
1. Geocronologia U-Pb-Hf em Zircão. 2. Geocronologia U-Pb em Monazita. 3. Metamorfismo de Alto Grau. 4. Complexo Porto Nacional. 5. Maciço de Goiás. I. Título.

CDD 551.701



Universidade Federal do Pará
Instituto de geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOCRONOLOGIA U-Pb-Hf EM ZIRCÃO E U-Pb EM
MONAZITA DAS ROCHAS DE ALTO GRAU
METAMÓRFICO DO COMPLEXO PORTO NACIONAL,
NORTE DO MACIÇO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada por:

ELAINE DE OLIVEIRA MENEZES

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na área de GEOQUÍMICA
E PETROLOGIA Linha de Pesquisa GEOCRONOLOGIA E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA

Data de Aprovação: **13 / 03 / 2021**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro
(Orientador-UFPA)

Prof. Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões
(Membro- UNESP)

Prof. Dr. Candido Augusto V. Moura
(Membro-UFPA)

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) pela estrutura necessária durante a realização deste trabalho e pela possibilidade de crescimento acadêmico e profissional.

Ao Laboratório Pará-Iso do IG/UFPA, em especial ao Projeto “*Implantação de metodologias U-Pb in-situ em minerais acessórios por LA-ICP-MS no Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA e sua aplicação à evolução crustal da Amazônia Oriental*” (Projeto Universal CNPq N^o 423625/2018-7) por todo apoio e suporte laboratorial para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado durante as análises geocronológicas.

À Superintendência da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM - Belém), em especial à Geóloga Cristiane Sousa e ao Geólogo Marcelo Lacerda Vasquez, pela liberação do uso de laboratórios e equipamentos para preparação de amostras e concentração de minerais.

À Técnica da CPRM-Belém Maria Rosalva Campos Coelho pelos ensinamentos, orientação e ajuda durante os trabalhos de preparação de amostras para fins de datação, e ao Sr. Valmir, auxiliar de geologia da CPRM-Belém, pela ajuda durante a preparação das amostras.

Ao Prof. Dr. Paulo Gorayeb, coorientador deste mestrado, pela proposição da ideia da pesquisa, pela oportunidade de aprendizado em uma nova temática, paciência, discussões, orientações, ensinamentos e correções/revisões textuais.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Galarza, orientador do trabalho, pelas orientações, apoio, e por toda ajuda na realização das análises geocronológicas, obtenção de dados isotópicos e cálculos analíticos, discussões e correções/revisões textuais.

À Biblioteca do Instituto de Geociências da UFPA, em especial à Lúcia Imbiriba, por todo auxílio e correções desta dissertação conforme as normas técnicas bibliográficas utilizadas no PPGG/IG/UFPA.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo do mestrado (CNPq – Processo N^o 131842/2018-8).

Ao Projeto “*Petrologia, geocronologia e tectônica das rochas magmáticas do Cinturão Araguaia, Neoproterozoico*” (Projeto Universal CNPq N^o 427225/2016-7) sob a coordenação do Prof. Paulo Gorayeb, pelo suporte financeiro para o desenvolvimento do trabalho.

Aos professores e técnicos do Instituto de Geociências (PPGG/UFPA), em especial aos profs. Drs. Cândido Augusto Veloso Moura, Jean-Michel Lafon e Afonso Cesar Rodrigues Nogueira; Afonso Quaresma de Lima, Cleida Feitas, Joanice Lopes e Joelma Lobo.

Ao Geólogo Gabriel Silva de Araújo Pontes pela constante ajuda durante a realização dos trabalhos de campo e preparação de amostras.

Ao Geólogo Jean Bizet pela amizade, pelos diálogos e conhecimentos compartilhados, e pela ajuda durante a catalogação de amostras e descrição petrográfica.

A minha família, que sempre me acolheu, deu força e confiança em minha trajetória, em especial à Fátima por me mostrar o verdadeiro companheirismo a cada dia e por me inspirar a crescer a cada dia.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste mestrado.

“Knowledge is like money: To be of value it must circulate, and in circulating it can increase in quantity and, hopefully, in value.”

Louis L'Amour.

RESUMO

O Complexo Porto Nacional (CPN) está inserido na porção centro-norte da Província Tocantins, como parte da porção norte do Maciço de Goiás, o qual representa um microcontinente do Paleoproterozoico remanescente da tectônica do evento Brasileiro, responsável pela edificação dos orógenos Araguaia, Brasília incluindo o Arco Magmático de Goiás, e Paraguai. O CPN constitui uma faixa de rochas de alto grau metamórfico na direção NE-SW, afetado pela Zona de Cisalhamento Porto Nacional, integrante do Lineamento Transbrasiliano, e reúne, predominantemente, ortogranulitos de composição variada (granulitos máficos, enderbitos, charnoenderbitos e charnockitos) com menor ocorrência de paragneisses aluminosos, ortogneisses tonalíticos mais ou menos migmatizados e granitoides tipo-S. Estudos petrográficos identificaram as seguintes paragêneses metamórficas: $\text{Opx} + \text{Cpx} + \text{Pl} \pm \text{Hb}$ (granulito máficos); $\text{Opx} + \text{Cpx} + \text{Pl} + \text{Qtz} \pm \text{Mc} \pm \text{Bt} \pm \text{Hb}$ (enderbitos); $\text{Pl} \pm \text{Mc} + \text{Qtz} + \text{Bt} + \text{Grt} \pm \text{Sil} \pm \text{Ky} \pm \text{Grf}$ (cianita-sillimanita-granada gnaisses). Esses dados revelam atuação do metamorfismo de alto grau, em condições da fácies granulito com pico metamórfico alcançando temperatura e pressão acima de 850 °C e 8 kbar, respectivamente. Para os estudos geocronológicos foram selecionadas duas amostras de enderbitos e duas de sillimanita-granada gnaisses onde foram aplicados os métodos U-Pb-Hf em zircão e U-Pb em monazita, respectivamente. As imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão dos enderbitos revelam dois tipos: (I) cristais prismáticos longos com contornos irregulares, homogêneos e sem zoneamento evidente; (II) cristais prismáticos curtos com um núcleo interno bem definido, envolvido por uma zona externa com tonalidade mais clara, sugerindo sobrecrecimento metamórfico. As imagens de monazita dos paragneisses obtidas por elétrons retroespalhados mostraram cristais homogêneos arredondados a subarredondados, sem estruturação interna. Os resultados geocronológicos U-Pb em zircão do núcleo dos cristais apontaram idade de 2,16 Ga, e das bordas valores mais baixos (2,09 Ga), interpretando-se como idade de cristalização de cristais ígneos dos protólitos tonalíticos, e idade do metamorfismo de alto grau, respectivamente. Em outro enderbitito, a idade de cristais de zircão também apresentou valores mais baixos, da ordem de 2,09 Ga, reforçando a interpretação de serem zircões metamórficos. Os valores da razão Th/U dos cristais de zircão das amostras variam de 0,04 – 0,95 e 0,01 – 1,15, respectivamente, sugerindo origem metamórfica e magmática. As idades-modelo $\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}}$ obtidas nos mesmos cristais de zircão analisados sugerem dois episódios de formação de crosta que deu origem a essas rochas: uma fonte do Sideriano (2,40 a 2,48 Ga) e outra do Neo-Mesoarqueano (2,52 a 3,01 Ga). Os parâmetros petrogenéticos $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ positivos (+3,9 a +5,2) evidenciam derivação a partir de fonte mantélica para o material do Sideriano, enquanto que os

parâmetros petrogenéticos $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ negativos e positivos (-4,6 a +3,3) evidenciam derivação a partir de mistura entre material crustal e juvenil para o material do Neo-Mesoarqueano. Os resultados geocronológicos U-Pb em monazita dos paragnaisse apontam valores de idades de 2,09 Ga e 2,10 Ga, levemente abaixo do valor obtido nos zircões metamórficos dos enderbitos e confirmam a idade do metamorfismo de alto grau que afetou o CPN no Paleoproterozoico. Isto vem demonstrar a atuação do metamorfismo em condições da fácies granulito quase contemporâneo à cristalização magmática dos protólitos. Essa cronologia tem representatividade em outros terrenos metamórficos de alto grau do Brasil e de outros países, a exemplo dos granulitos do Cráton Oeste Africano (Cinturão Limpopo); Cráton São Francisco, na Bahia, representado pelo cinturão granulítico do Bloco Itabuna-Salvador-Curaçá e, em Minas Gerais no embasamento do Orógeno Araçuaí; pelas faixas granulíticas do Domínio Bacajá do Cráton Amazônico e do Bloco Amapá; e pelo Escudo das Guianas. A análise dos dados geocronológicos demonstra que as idades de cristalização e de metamorfismo obtidas são resultantes de processos ocorridos durante um período restrito no Riaciano.

Palavras-chave: Geocronologia U-Pb-Hf em Zircão. Geocronologia U-Pb em Monazita. Metamorfismo de Alto Grau. Complexo Porto Nacional. Maciço de Goiás. Riaciano.

ABSTRACT

The Porto Nacional Complex is inserted in the Tocantins Province's central-north portion, as part of the northern Goiás Massif, which represents a Paleoproterozoic microcontinent remnant of tectonics Brazilian Cycle, which formed the orogens Araguaia, Brasília, including Goiás magmatic arc, and Paraguai. The CPN constitutes a belt of high-grade metamorphic rocks in the NE-SW direction, affected by the Porto Nacional Shear Zone, part of the Transbrasiliano Lineament, and predominantly gathers orthogranulites which composition vary widely (mafic granulites, enderbites, charnoenderbites and charnockites) with minor occurrences of aluminous paragneisses, more or less migmatized tonalitic orthogneisses and S-type granitoids. Petrographic analyzes identified paragenesis defined the following metamorphic paragenesis: Opx + Cpx + Pl ± Hb (mafic granulites); Opx + Cpx + Pl + Qtz ± Mc ± Bt ± Hb (enderbites); Pl ± Mc + Qtz + Bt + Grt ± Sil ± Ky ± Grf (kyanite-sillimanite-garnet gneisses). These data reveal high-grade metamorphism's performance, under conditions of granulite facies with a metamorphic peak reaching temperature and pressure above 850 °C and 8 kbar, respectively. For geochronological studies were selected two samples of enderbite and two sillimanite-garnet gneiss where U-Pb-Hf methods in zircon and U-Pb in monazite were applied, respectively. Scanning electron microscopy images by cathodoluminescence of enderbite's zircon shows two types: (I) long prismatic crystals with irregular contours, homogeneous and without evident zoning; (II) short prismatic crystals with a well-defined inner core, surrounded by an external zone with a lighter tonality, suggesting metamorphic overgrowth. *Back-Scattered Electron* of paragneisse's monazite showed homogeneous crystals rounded to rounded, without internal structure. U-Pb geochronological in zircon's core indicated ages of 2.16 Ga, and the crystal's rims showed lower values (2.09 Ga), interpreted as zircon crystallization age of tonalitic protolites, and high-grade metamorphism, respectively. In another sample, zircon ages also indicated values in the order of 2.09 Ga, reinforcing the interpretation of being metamorphic zircons. Th/U ratio zircon obtained for zircon crystals vary 0.04 – 0.95 and 0.01 – 1.15, respectively, suggesting metamorphic and igneous origin. Hf-T_{DM}^C model ages in zircon crystals analyzed suggest two continental crust formation episodes: a source from Siderian (2.40 to 2.48 Ga) and another from Neo-Mesoarquean (2.52 to 3.01 Ga). Positive (+3.9 to +5.2) $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ petrogenetic parameters shows mantle source derivation for Siderian rocks, and negative and positive (–4.6 to +3.3) $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ petrogenetic parameters shows mixture between crustal and juvenile material derivation for Neo-Mesoarquean rocks. U-Pb geochronological results in paragneisse's monazite indicates ages of 2.09 Ga and 2.10 Ga, slightly below the age of metamorphic zircons and are interpreted as high-grade metamorphism age that affected the Porto Nacional Complex in

the Palaeoproterozoic. This demonstrates the participation of granulitic metamorphism almost contemporary to the magmatic crystallization of protoliths. This chronology is similar to other high-grade metamorphic terrains in Brazil and other countries, such as West African Craton granulites (Limpopo Belt); São Francisco Craton, in Bahia, represented by Itabuna-Salvador-Curaçá Block granulitic *belt* and in Minas Gerais in the basement of Araçuaí Belt; Bacajá Domains, Amazonian Craton and Amapá Block granulitic strips; and Guiana Shield. The analysis of the geochronological data demonstrates that the formation of the magmatic protoliths and metamorphism happened close chronologically in the Ryacian.

Keywords: U-Pb-Hf Zircon Geochronology. U-Pb Monazite Geochronology. High-Grade Metamorphism. Porto Nacional Complex. Goiás Massif. Ryacian.