



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 631

**GEOCRONOLOGIA U-Pb-Hf DOS GRANITOS
SINTRASCORRENTES E RELAÇÕES ESTRUTURAIS AO
LONGO DA ZONA DE CISALHAMENTO SOBRAL,
NOROESTE DO CEARÁ**

Dissertação apresentada por:

MURILO HENRIQUE SILVA DOS SANTOS

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

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio de Sousa Gorayeb (UFPA)

BELÉM-PARÁ

2023

**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 autor

S237g

Santos, Murilo Henrique Silva dos.

Geocronologia U-Pb-Hf dos granitos sintranscorrentes e relações estruturais ao longo da zona de cisalhamento Sobral, noroeste do Ceará / Murilo Henrique Silva dos Santos. — 2023.

134 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro

Coorientador: 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, 2023.

1. Geocronologia U-Pb-Hf. Lineamento Transbrasiliano. Zona de Cisalhamento Sobral. Granitos Sintranscorrentes. I. Título.

CDD 551.701



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOCROLOGIA U-Pb-Hf DOS GRANITOS
SINTRASCORRENTES E RELAÇÕES ESTRUTURAIS NA
ZONA DE CISALHAMENTO SOBRAL, NOROESTE DO
CEARÁ**

Dissertação apresentada por

MURILO HENRIQUE SILVA DOS SANTOS

**Como requisito final à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA, linha de pesquisa GEOCROLOGIA E
GEOQUÍMICA ISOTÓPICA.**

Data de aprovação: 25 / 04 / 2023

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro
Orientador – UFPA

Prof. Dr. Sérgio Pacheco Neves
Membro - UFPE

Prof. Dr. Cândido Augusto Veloso Moura
Membro - UFPA

À minha família que é a base de
tudo.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho, por meio da disponibilidade de infraestrutura geral, de apoio ao campo, suporte de laboratórios e oficinas e ambiente de estudo e trabalho.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro, orientador desta dissertação, pelas conversas, ensinamentos e paciência.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio de Sousa Gorayeb, coorientador deste trabalho, pelas conversas, ensinamentos e apoio em todas as etapas deste trabalho.

Ao servidor técnico-administrativo Afonso Quaresma de Lima do Instituto de Geociências, pela amizade e apoio durante o desenvolvimento dos trabalhos de campo.

Aos técnicos do Laboratório de Laminação do PPGG Joelma de Jesus Lobo e Bruno Fernandes Veras, pela confecção de lâminas delgadas e pastilhas de montagem de grãos de zircão que foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão desta dissertação.

Aos professores do PPGG que por meio de disciplinas, cursos e ensinamentos deram o embasamento necessário para a evolução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de Mestrado por meio do Edital nº 002/2018 do PPGG-UFPA e pelo financiamento de grande parte dos métodos por meio do Edital Universal 2017 coordenado pelo Prof. Dr. Paulo Sérgio de Sousa Gorayeb, que possibilitou o custeio das análises químicas e isotópicas.

A superintendência da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM-Belém), especialmente ao Dr. Marcelo Lacerda Vasquez, pela disponibilização do Laboratório de Microscopia Eletrônica para a captura de imagens de catodoluminescência de grãos de zircão.

A técnica Jenny Ortega que fez a captura das imagens de catodoluminescência.

Ao Laboratório de Geocronologia e Geologia Isotópica - Pará-Iso do IG/UFPA, onde foram realizados os estudos geocronológicos e isotópicos.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de maneira direta e indireta para que esta dissertação fosse concluída.

“Pois, que adianta ao Homem ganhar o mundo
inteiro e perder a sua alma?”
- Marcos 8:36

RESUMO

O Lineamento Transbrasiliano (LTB) é uma estrutura intercontinental que se consolidou no final do Neoproterozoico. Possui aproximadamente 4.000 km de comprimento, estendendo-se do Paraguai e Argentina, cortando o centro-oeste e nordeste do Brasil, prolongando-se para o continente africano. Na porção noroeste do Estado do Ceará, este lineamento é denominado de Zona de Cisalhamento Sobral (ZCS), apresentando, majoritariamente, feições de movimentação dextral e foliação milonítica na direção NE-SW, separando os domínios Noroeste do Ceará (DNC) e Ceará Central (DCC). Os estudos realizados na escala mesoscópica, permitiram identificar granitos sintranscorrentes ao longo da ZCS com intensidades de milonitização distintas; foliações primárias totalmente transpostas por processos dinâmicos relacionados a movimentação transcorrente da ZCS, que geraram foliações miloníticas com alto mergulho (vertical/subvertical) principalmente na direção NE-SW; além de lineação de estiramento mineral horizontal; bem como cinemática predominantemente dextral, raramente sinistral. Na escala microscópica, os granitos sintranscorrentes foram classificados petrograficamente e subdivididos em 2 grupos: G1 (sienogranitos e monzogranitos miloníticos) e G2 (granodioritos miloníticos); e por meio da análise microestrutural foi possível interpretar as condições de deformação que afetaram os componentes minerais destas rochas. As microestruturas são características de deformação dúctil que recrystalizaram cristais de quartzo e plagioclásio por mecanismos *SGR* (*Subgrain Rotation*) e *GBM* (*High-Temperature Grain Boundary Migration*) de alta temperatura, gerando tramas *S-C*, migração no limite do cristal, subgrãos, estrutura *window*, núcleo-manto e feldspatos *fish*. Os minerais micáceos apresentam feições dúcteis tipo *fish* indicando deformação dextral, isoladamente sinistral. A semelhança das estruturas mesoscópicas, macroscópicas e microscópicas permitem afirmar que a milonitização imposta pela transcorrência da ZCS é registrada e coerente em todas as escalas. A partir dos dados geoquímicos é possível notar que esses granitos possuem caráter ácido ($\text{SiO}_2 > 67\%$) e peraluminoso; são predominantemente de ambientes sincolisionais; e que o G2 é pouco fracionado ($\text{Rb/Sr} < 0,5$) com razão Rb/Sr entre 0,1 e 0,3. De outro lado, o G1 apresenta característica de suíte fracionada moderada a alta ($\text{Rb/Sr} > 0,5$ e $< 20,5$) com razão Rb/Sr entre 1,0 e 2,4. Apenas uma amostra do G1 apresenta baixo grau de fracionamento ($\text{Rb/Sr} = 0,2$). Há enriquecimento de elementos litófilos (LILE) que incluem o Ba e Rb são relativamente mais enriquecidos em comparação com os ETRL como o La, Ce e o Nd, e em relação aos elementos com alto campo de força (HFS) como o Th, Ti, Zr, Nb e Ta. Há também enriquecimento em ETRL em relação aos ETRP, e isto é confirmado pela leve inclinação do diagrama de ETR. As amostras de dois granodioritos miloníticos (MH-19-05 e MH-19-09) foram analisadas por meio do método U-Pb-Hf em foram obtidas as idades concórdia de cristalização em 589 ± 6 Ma (Ediacarana) com $\text{MSWD} = 1,5$ e de intercepto superior herdada paleoproterozoica de 2171 ± 21 Ma (Riaciano) com $\text{MSWD} = 0,81$ na amostra 09. Na amostra 05 foi obtida idade de intercepto superior Paleoproterozoica de 2094 ± 37 Ma (Riaciano tardio) com $\text{MSWD} = 1,6$. As idades $\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}}$ na amostra 09 foram calculadas em 0,59 Ga e variam de 2,21 a 2,33 Ga e os valores ϵ_{Hf} (0,59 Ga) são fortemente negativos variando de $-11,5$ a $-13,4$ (fontes riacianas-siderianas oriundas de retrabalhamento crustal); e em 2,17 Ga e variam de 2,50 a 3,16 Ga e seus valores ϵ_{Hf} (2,17 Ga) variam de $-6,9$ a $+3,7$ (mistura de fontes crustais e mantélicas neoarqueanas-mesoarqueanas). Na amostra 05 as idades $\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}}$ foram calculadas em 2,09 Ga Ma e variam de 2,56 a 2,63 Ga com valores positivos de ϵ_{Hf} (2,09 Ga) que variam de $+0,7$ a $+1,8$ (fonte mantélica neoarqueana).

Palavras-chave: Geocronologia U-Pb-Hf; Lineamento Transbrasiliano; Zona de Cisalhamento Sobral; Granitos Sintranscorrentes.

ABSTRACT

The Transbrasiliano Lineament (LTB) is an intercontinental structure that was consolidated at the end of the Neoproterozoic. It is approximately 4,000 km long, extending from Paraguay and Argentina, cutting through the center-west and northeast of Brazil, extending to the African Continent. In the northwest portion of the State of Ceará, this lineament is called the Sobral Shear Zone (ZCS), presenting, mainly, features of dextral movement and mylonitic foliation in the NE-SW direction, separating the Northwest of Ceará (DNC) and Central Ceará domains (DCC). The studies carried out at the mesoscopic scale allowed identifying syntranscurrent granites along the ZCS with different mylonitization intensities; primary foliations completely transposed by dynamic processes related to the transcurrent movement of the ZCS, which generated mylonitic foliations with high dip (vertical/subvertical) mainly in the NE-SW direction; in addition to horizontal mineral stretch lineation; as well as predominantly dextral, rarely sinistral kinematics. On the microscopic scale, the syntranscurrent granites were classified petrographically and subdivided into 2 groups: G1 (mylonitic syenogranites and monzogranites) and G2 (mylonitic granodiorites); and through microstructural analysis it was possible to interpret the deformation conditions that affected the mineral components of these rocks. The microstructures are characteristics of ductile deformation that recrystallized quartz and plagioclase crystals by high temperature SGR (Subgrain Rotation) and GBM (High-Temperature Grain Boundary Migration) mechanisms, generating fabric s-c structures, migration at the crystal boundary, subgrains, window structure, core-mantle and feldspar fish. The micaceous minerals present fish ductile features indicating dextral deformation, isolatedly sinistral. The similarity of the mesoscopic, macroscopic and microscopic structures allow us to state that the mylonitization imposed by the occurrence of the ZCS is recorded and consistent at all scales. From the geochemical data it is possible to notice that these granites have an acid character ($\text{SiO}_2 > 67\%$) and peraluminous; they are predominantly from syncollisional environments; and that the G2 is poorly fractionated ($\text{Rb/Sr} < 0.5$) with a Rb/Sr ratio between 0.1 and 0.3. On the other hand, the G1 presents a characteristic of a moderate to high fractional suite ($\text{Rb/Sr} > 0.5$ and < 20.5) with a Rb/Sr ratio between 1.0 and 2.4. Only one G1 sample has a low degree of fractionation ($\text{Rb/Sr} = 0.2$). There is enrichment of lithophile elements (LILE) which include Ba and Rb are relatively more enriched compared to ETRL such as La, Ce and Nd, and in relation to elements with high field strength (HFS) such as Th, Ti, Zr, Nb and Ta. There is also enrichment in LREE relative to HREE, and this is confirmed by the slight slope of the REE diagram. Samples of two mylonitic granodiorites (MH-19-05 and MH-19-09) were analyzed using the U-Pb-Hf method and the concord ages of crystallization were obtained at 589 ± 6 Ma (Ediacaran) with $\text{MSWD} = 1.5$ and of upper inherited Paleoproterozoic intercept of 2171 ± 21 Ma (Rhyacian) with $\text{MSWD} = 0.81$ in sample 09. In sample 05 a Paleoproterozoic upper intercept age of 2094 ± 37 Ma (Late Rhyacian) with $\text{MSWD} = 1.6$ was obtained. The $\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}}$ ages in sample 09 were calculated at 0.59 Ga and range from 2.21 to 2.33 Ga and the $\epsilon_{\text{Hf}}(0.59 \text{ Ga})$ values are strongly negative ranging from -11.5 to -13.4 (Rhyacian-Siderian sources from crustal reworking); and at 2.17 Ga and range from 2.50 to 3.16 Ga and their $\epsilon_{\text{Hf}}(2.17 \text{ Ga})$ values range from -6.9 to $+3.7$ (mixture of Neoproterozoic-Mesoarchean crustal and mantle sources). In sample 05, the $\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}}$ ages were calculated at 2.09 Ga and range from 2.56 to 2.63 Ga with positive values of $\epsilon_{\text{Hf}}(2.09 \text{ Ga})$ ranging from $+0.7$ to $+1.8$ (Neoproterozoic mantle source).

Keywords: U-Pb-Hf Geochronology; Transbrasiliano Lineament; Sobral Shear Zone; Syntranscurrent Granites.