



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

**IDADES U-Pb DE ZIRCÃO DETRÍTICOS E SUAS IMPLICAÇÕES  
NA PROVENIÊNCIA DE SEDIMENTOS DA PORÇÃO  
INFERIOR DA FORMAÇÃO PENEDO, BACIA  
DE SERGIPE-ALAGOAS, NE BRASIL**

Alice Maria Queiroz de Melo

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

Coorientador: Prof. Dr. Herbet Conceição

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias

São Cristóvão - SE  
2017

Alice Maria Queiroz de Melo

**IDADES U-Pb DE ZIRCÃO DETRÍTICOS E SUAS IMPLICAÇÕES  
NA PROVENIÊNCIA DE SEDIMENTOS DA PORÇÃO  
INFERIOR DA FORMAÇÃO PENEDO, BACIA  
DE SERGIPE-ALAGOAS, NE BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geociências.

**Orientadora:** Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

**Coorientador:** Dr. Herbet Conceição

São Cristóvão - SE  
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

M528i Melo, Alice Maria Queiroz de  
Idades U-Pb de zircão detríticos e suas implicações na  
proveniência de sedimentos da porção inferior da formação  
Penedo, bacia de Sergipe-Alagoas, NE Brasil / Alice Maria Queiroz  
de Melo ; orientadora Maria de Lourdes da Silva Rosa. – São  
Cristóvão, 2017.  
56 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geociências e Análise de Bacias) –  
Universidade Federal de Sergipe, 2017.

1. Geociências. 2. Geocronologia. 3. Química mineralógica. 4.  
Bacias (Geologia) – Sergipe – Alagoas. I. Rosa, Maria de Lourdes  
da Silva, orient. II. Título.

CDU 550.93(813.7/.8)

**IDADES U-Pb DE ZIRCÃO DETRÍTICOS E SUAS IMPLICAÇÕES  
NA PROVENIÊNCIA DE SEDIMENTOS DA PORÇÃO  
INFERIOR DA FORMAÇÃO PENEDO, BACIA DE  
SERGIPE-ALAGOAS, NE DO BRASIL**

por:

Alice Maria Queiroz de Melo  
(Geógrafa, Universidade Federal de Sergipe – 2009)  
(Geóloga, Universidade Federal de Sergipe – 2016)

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de:

**MESTRE EM GEOCIÊNCIAS**

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa [Orientadora - UFS]

  
Dr. Wagner Souza Lima [Membro Externo - Fundação Phoenix]

  
Dr. Felipe Torres Figueiredo [Membro Interno - UFS]

Data Defesa: 22/02/2017

## **DEDICATÓRIA**

A Henriqueta, quem primeiro me ensinou a escrever  
e enxergar a importância da educação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, *que Seu nome seja louvado para sempre, pois dele são a sabedoria e o poder!* (Daniel 2:20).

Agradeço muito carinhosamente a meus pais, Henriqueta Queiroz Ouverney e Gerson Souto de Melo, que sempre me estimularam a ter prazer em aprender, conhecer e crescer.

Aos profissionais que formam o Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias, da Universidade Federal de Sergipe, em especial a meus mestres: professora Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa e professor Dr. Herbet Conceição, pela orientação tão especial que sempre dão aos seus alunos. Ao Dr. Wagner Souza Lima pelo imprescindível auxílio nos trabalhos de campo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo. Ao Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral (LAPA-UFS), que forneceu todo o suporte para a realização deste trabalho. Ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (PRONEX/FAPITEC) pelo apoio financeiro para a realização desta dissertação. Ao Centro de Pesquisa Geocronológica da USP (CPGeo-USP), pelo exímio trabalho prestado.

A meu amor, Tiago Ximenes, por estar sempre ao meu lado, na alegria e na tristeza.

A meus irmãos, Gerson, Sara, Joel e Rebeca, por me ensinarem a dividir, competir, ter paciência e amar.

A meus amigos, pela prazerosa convivência e parceria.

E muito obrigada a você, que dedica este tempo à leitura deste material!

## EPÍGRAFE

*As grandes ideias surgem da observação dos pequenos detalhes*  
**Augusto Cury**

## RESUMO

Dentre as diversas técnicas empregadas para estudos de proveniência, a análise geocronológica aliada ao levantamento de paleocorrentes tem se destacado com excelentes resultados. Esta pesquisa teve o objetivo de identificar as fontes dos arenitos da seção aflorante que deu nome à Formação Penedo, inserida na Bacia de Sergipe-Alagoas. Este afloramento localiza-se na cidade de Penedo, estado de Alagoas, nordeste do Brasil. A metodologia de trabalho constituiu de levantamento bibliográfico contínuo; missões de campo para coleta de amostra e levantamento de paleocorrentes; preparação das amostras para concentração dos cristais de zircão detríticos; determinação química-isotópica dos cristais com a datação U-Pb, por meio de Espectrometria de Massa por Ablação a Laser (LA-ICP-MS); tratamento de dados e elaboração desta dissertação. O registro sedimentar de paleocorrentes indicaram aporte vindo de norte, enquanto os cristais analisados indicaram idades variando do Mesoarqueano ( $3.098 \pm 33$  Ma) ao Paleozóico ( $530 \pm 12$  Ma). Este conjunto de idades está relacionado a cinco grupos de fontes: granitos neoproterozóicos relacionados ao ciclo Brasileiro; rochas mesoproterozóicas do Complexo Cabrobó; rochas do embasamento paleoproterozóico provindas do Complexo Arapiraca; e por fim, rochas de idades neo e mesoarqueanas provenientes do Domo Jirau do Ponciano, sul do estado de Alagoas. Trabalho complementar sobre a caracterização química de cristais de zircões de diversos litotipos ígneos (apresentados nesta dissertação na forma de anexo), indicaram que estes cristais da Formação Penedo eram em grande parte oriundos de rochas ígneas básicas ou com afinidade mantélica, ratificando as fontes aqui indentificadas por meio de geocronologia e paleocorrente.

**Palavras-Chave:** Análise de proveniência; Datação U-Pb; LA-ICP-MS; Formação Penedo; Bacia de Sergipe-Alagoas.

## ABSTRACT

Among the several techniques used for provenance studies, the geochronological analysis associated to paleocurrent survey has presented excellent results. Therefore, this study aimed to identifying the sources of the sandstone at the outcrop that gave name to the Penedo Formation, inserted in the Sergipe-Alagoas Basin. This outcrop is located at Penedo's city, state of Alagoas, northeast of Brazil. The methodology consisted of a continuous bibliographical survey; field work for sample collection and paleocurrent analysis; preparation of samples for concentration of the detrital zircon crystals; chemical-isotopic determination of the crystals with the U-Pb dating, by Laser Ablation Mass Spectrometer (LA-ICP-MS); data processing and the elaboration of this dissertation. The sedimentary record of paleocurrents indicated a contribution coming from north, while the analyzed crystals indicated ages ranging from Mesoarchean ( $3,098 \pm 33$  Ma) to Paleozoic ( $530 \pm 12$  Ma). This set of ages is related to five groups of sources: Neoproterozoic granites related to the Brasiliano cycle; Mesoproterozoic rocks of the Cabrobró Complex; rocks of the Paleoproterozoic basement coming from the Arapiraca Complex; and finally, rocks of Neo and Mesoarchean ages from rocks of the "Domo Jirau do Ponciano", south of Alagoas state. Further work with the chemical characterization of zircon crystals of various igneous lithotypes (presented in this dissertation in the form of annex), indicated that these crystals of the Penedo Formation were largely provided from basic igneous or mantle affinity rocks, which ratifies the sources identified here by geocrology and paleocurrent analysis.

**Keywords:** Provenance analysis; U-Pb dating; LA-ICP-MS; Penedo Formation; Basin of Sergipe-Alagoas.

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	v
AGRADECIMENTOS	vi
EPÍGRAFE	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
SUMÁRIO	x
1. INTRODUÇÃO	11
2. ARTIGO CIENTÍFICO	16
3. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ANEXOS	45

## **CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO**

---

## 1. INTRODUÇÃO

---

A presente Dissertação de Mestrado foi elaborada na forma de artigo científico, em acordo com a Resolução 01/2016 do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias (PGAB). O artigo a seguir, intitulado: “Idades U-Pb de zircão detríticos e suas implicações na proveniência de sedimentos da porção inferior da Formação Penedo, Bacia de Sergipe-Alagoas, NE Brasil”, foi submetido à Revista Geologia USP, Série Científica, dedicada à divulgação de artigos inéditos na área de Geologia. Este periódico foi avaliado pela CAPES como estrato B2 e está indexado em diversas bases de dados científicos, tais como ELSEVIER, GEOREF, BIOSIS, SCOPUS, DOAJ, CAPES/QUALIS, Portal de Revistas da USP e PPEGeo. O comprovante de submissão segue em anexo.

Esta dissertação teve como objetivo central identificar as áreas e rochas fontes dos arenitos contidos em afloramento clássico da Formação Penedo, Bacia de Sergipe-Alagoas, por meio da análise geocronológica (datação U-Pb pontual, com Espectrometria de Massa por Ablação a Laser) de cristais de zircão detríticos, associada à análise de paleocorrentes em afloramento.

Como objetivos específicos foi possível: caracterizar a variação química das populações de zircão da Formação Penedo, Bacia de Sergipe-Alagoas; avaliar os indicadores de paleocorrente da seção aflorante aqui investigada; determinar os padrões de idade das fontes dos sedimentos estudados; restringir e sugerir possíveis litologias e unidades geológicas para as áreas-fonte dos sedimentos do afloramento da Formação Penedo; além de dar suporte para um melhor entendimento sobre a origem da Formação Penedo, Bacia de Sergipe-Alagoas.

Visando alcançar os objetivos mencionados acima foi executada a seguinte sistemática de trabalho: levantamento bibliográfico, levantamento de campo, preparação das amostras, determinação das composições químicas dos minerais, determinações isotópicas, tratamento de dados e elaboração desta dissertação.

O levantamento bibliográfico foi realizado durante os dois anos de trabalho com o levantamento, catalogação e análise dos dados disponíveis em trabalhos anteriores, como artigos, teses e livros, tendo em vista formar uma visão global sobre a Bacia de Sergipe-Alagoas, com foco em sua fase *rift*, buscar suporte teórico sobre estudos de proveniência por meio de zircão detrítico, além de levantar as idades de potenciais fontes da região.

Foram realizadas missões de campo, inicialmente para o reconhecimento regional e posteriormente para a coleta de amostra em afloramento clássico da Formação Penedo, caracterização sedimentar de seção aflorante, e análise de paleocorrentes. A área de estudo constitui a seção aflorante que deu nome à unidade localizada na cidade de Penedo, estado de Alagoas. É um paredão rochoso de aproximadamente 20 metros (Figura 1), composto predominantemente por arenitos finos a médio depositados durante o andar Rio da Serra (~140 Ma). Neste paredão foi coletada amostra nomeada PDO-01. A fácies escolhida para amostragem apresentava geometria tabular contendo estratificações cruzadas (Figura 2).

Durante a preparação das amostras, os concentrados de cristais de zircão foram obtidos por meio de metodologia clássica: redução da granulação com britador; quarteamento do material; cominuição de ¼ do material na fração menor que 60 *mesh*; concentração de pesados com uso de bateia; separação de cristais não magnéticos utilizando-se do separador isodinâmico Frantz; e posteriormente separação segundo suas densidades com a decantação gravimétrica em líquidos densos (bromofórmio e diodometano). Por fim, os cristais de zircão foram catados manualmente com auxílio de lupa binocular de forma randômica e encaminhados para confecção de *mount*, no Centro de Pesquisa Geocronológica da USP (CPGeo-USP).

Além disso, no intuito de interpretar os tipos de fonte, foi realizada a caracterização química de cristais de zircão provenientes de 8 corpos do Sistema Orogênico Sergipano e Domo de Itabaiana (5 tipos de rochas ígneas distintas). Realizou-se aproximadamente 2900 análises químicas pontuais com uso do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), da marca Tescan® modelo Vega3, disponibilizado pelo Laboratório de Microanálises, localizado no Condomínio de Laboratórios Multiusuários das Geociências (CLGeo), Universidade Federal de Sergipe (UFS). Os resultados deste trabalho foram apresentados no VIII Congresso Uruguaio de Geologia e divulgados em resumo expandido (Melo et al., 2016), em anexo.

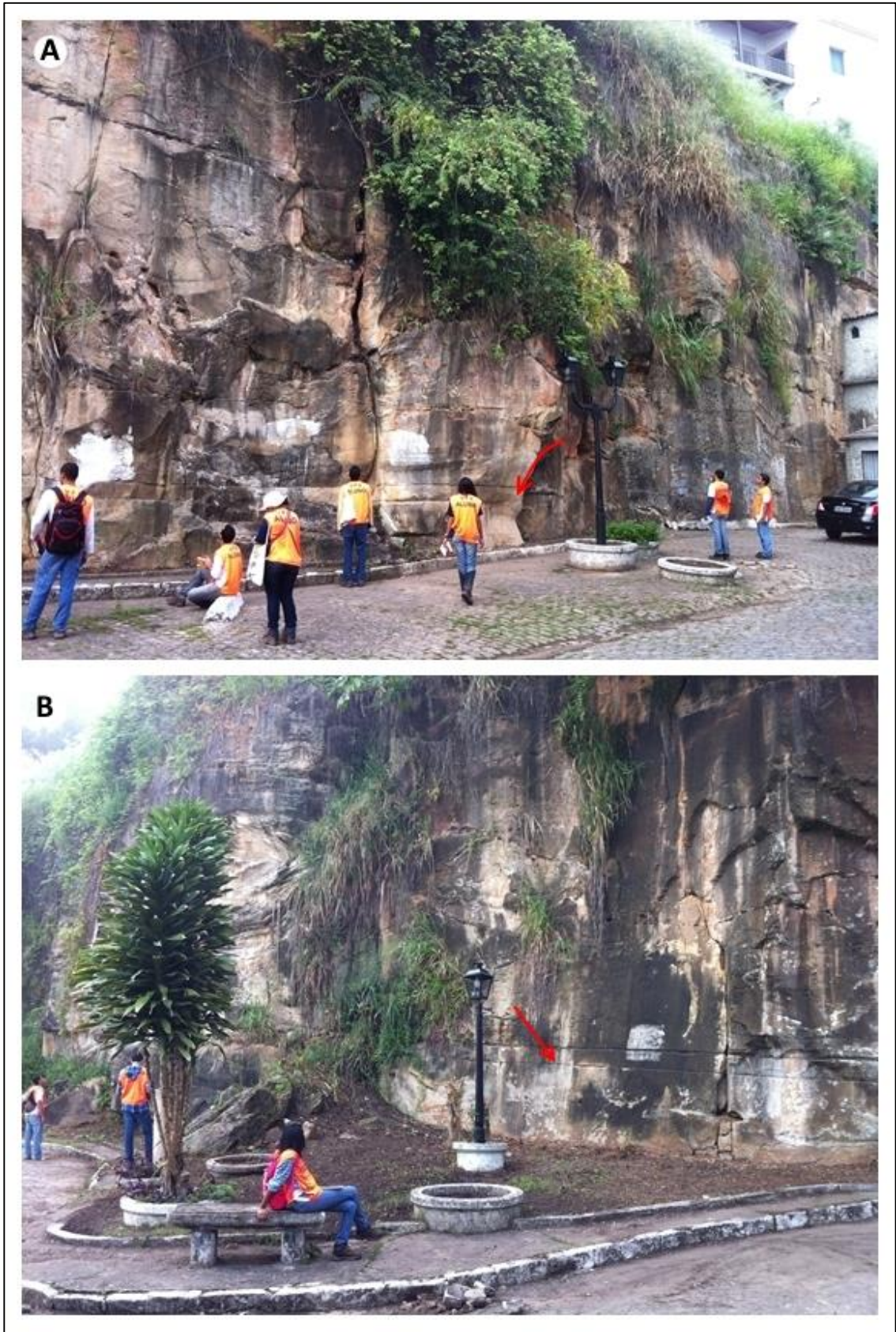


Figura 1: Visão geral do afloramento estudado da Formação penedo, estado de Alagoas, nordeste do Brasil. A seta indica a fácies onde foi coletada a amostra. A: visada leste; B: visada noroeste,



Figura 2: Foto de detalhe do local da fácies onde foi extraída amostra. Fácies de arenito fino a grosso com estratificação cruzada, indicada pela presença de lupa.

As determinações geocronológicas foram realizadas em monocristais de zircão detrítico utilizando-se de Espectrômetro de Massa por Ablação a Laser (LA-ICP-MS), da marca Finnigan. Para a confecção do *mount* a amostragem das populações existentes nos sedimentos foi randômica. Os *mounts* utilizados foram confeccionados pelo Centro de Pesquisa Geocronológica (CPGeo) da Universidade de São Paulo (USP) e a metodologia de preparação encontra-se descrita por Araújo *et al.* (2012).

Na etapa de tratamento de dados foi realizada a classificação, quantificação e interpretação da composição química-isotópica dos cristais de zircão analisados. Realizou-se a compilação e validação de todos os dados, a obtenção da estatística descritivas, e definição de grupos com diferentes características e fontes. Os resultados das análises químicas dos cristais de zircão foram apresentados na forma de diagrama binário SiO<sub>2</sub> vs ZrO<sub>2</sub> e box-plot das razões Zr/Hf dos cristais de zircão (Melo *et al.*, 2016). Os resultados geocronológicos estão apresentados por meio de tabela, em diagrama de concórdia e em diagrama de frequência e curva de probabilidade, no artigo científico do Capítulo 2.

Por fim, a redação desta dissertação foi realizada simultaneamente ao desenvolvimento das demais etapas da pesquisa, sendo os últimos meses dedicados à integração dos capítulos e a elaboração e submissão do artigo científico aqui apresentado.

Juntamente com outros estudos de proveniência desenvolvidos na Formação Maceió, Sub-bacia de Alagoas (Almeida, 2016) e Formação Riachuelo, Sub-bacia de Sergipe (Santos, 2015), a identificação das fontes nos arenitos da Formação Penedo permitirá melhorar a compreensão dos eventos ocorridos durante a evolução da Bacia Sergipe-Alagoas, especialmente durante o andar Rio da Serra, início da fase *rift*, onde está estratigraficamente posicionado o afloramento.

## **CAPÍTULO 2: ARTIGO CIENTÍFICO**

# **Idades U-Pb de zircão detríticos e suas implicações na proveniência de sedimentos da Formação Penedo, Bacia de Sergipe-Alagoas, NE Brasil**

U-Pb dating of detrital zircon and its implications for provenance of the sediments of Penedo Formation, Basin of Sergipe-Alagoas, NE Brazil

## **Idades de zircão detríticos da Formação Penedo, AL**

Alice Maria Queiroz de Melo<sup>1</sup>; Maria de Lourdes da Silva Rosa<sup>1</sup>; Herbet Conceição<sup>3</sup>

1. Universidade Federal de Sergipe - UFS, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacia, Av. Marechal Rondon, s/n. Jardim Rosa Elze, Galpão das Geociências, Sala 101, CEP 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, BR, telefone: (79)98815.5155  
(alicemqm@gmail.com; lrosa@ufs.br; herbet@ufs.br)

## **RESUMO**

A Formação Penedo representa um sistema flúvio-deltaico de padrão entrelaçado pertencente ao estágio rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas. Este trabalho foi realizado na seção aflorante, que deu o nome a esta unidade, localizada na cidade de Penedo, estado de Alagoas e denominada de PDO-01. A metodologia de estudo constituiu de análise de paleocorrentes aliada à datação U-Pb de cristais de zircão detríticos por Espectrometria de Massa por Ablação a Laser. O registro sedimentar de paleocorrentes indicaram aporte vindo de norte, enquanto os cristais analisados apresentam idades variando do Mesoarqueano ( $3.098 \pm 33$  Ma) ao Paleozóico ( $530 \pm 12$  Ma) e foram reunidos em cinco grupos de fontes. Desta análise conjunta foram propostas as seguintes fontes de proveniência: para o primeiro grupo, os granitos paleozoicos e neoproterozóicos ( $\approx 670$  Ma) pertencentes ao Domínio Pernambuco-Alagoas; no segundo as rochas do Complexo Cabrobró ( $\approx 0,9$  a  $1,2$  Ga); para o terceiro grupo, as rochas do Complexo Arapiraca com idades paleoproterozóicas ( $\approx 1,6$  a  $2,2$  Ga); para o quarto e o quinto grupos, as rochas do Complexo Nicolau Campo Grande, no Domo Jirau do Ponciano com idades neoarqueanas ( $\approx 2,4$  a  $3,0$  Ga).

**Palavras-chave:** Análise de proveniência; Datação U-Pb; LA-ICP-MS; Formação Penedo; Bacia de Sergipe-Alagoas.

## ABSTRACT

The Penedo Formation represents a river-delta system of braided pattern that belongs to the rift stage of the Sergipe-Alagoas Basin. This work was executed above the outcrop section that gave name to this unit, located in the city of Penedo, state of Alagoas and named here as PDO-01. The methodology consisted of a paleocurrent analysis allied to the U-Pb dating of detrital zircon by Laser Ablation Mass Spectrometry. The sedimentary record of paleocurrents indicated a contribution coming from north, while the analyzed crystals ages resulted in dates ranging from Mesoproterozoic ( $3,098 \pm 33$  Ma) to Paleozoic ( $530 \pm 12$  Ma) and they were gathered in 5 groups of sources. From this analysis, the following sources were proposed: for the first group, the neoproterozoic granites ( $\approx 670$  Ma) belonging to the Pernambuco-Alagoas Domain; for the second, the rocks of the Cabrobró Complex ( $\approx 0.9$  to  $1.2$  Ga); for the third group, the rocks of the Arapiraca Complex with paleoproterozoic ages ( $\approx 1.6$  to  $2.2$  Ga); for the fourth and fifth groups, the rocks of the Nicolau Campo Grande Complex, with neoproterozoic ages ( $\approx 2.4$  to  $3.0$  Ga).

**Keywords:** Provenance analysis; U-Pb dating; LA-ICP-MS; Penedo Formation; Basin of Sergipe-Alagoas.

## INTRODUÇÃO

A análise de proveniência em sedimentos tem a finalidade de restaurar as relações existentes entre as áreas-fonte e suas bacias sedimentares, sobretudo através da identificação e localização das rochas fontes. Para tanto, diversas técnicas podem ser aplicadas, tais como a identificação da composição dos plagioclásios detríticos em arenitos, a identificação dos tipos de maclas nos feldspatos ou tipos de grãos de quartzo e suas inclusões, a análise de minerais pesados, a análise geocronológica, o levantamento de paleocorrente, e a identificação de seixos e calhaus em arenitos conglomeráticos e conglomerados (Roback e Walker, 1995; Morton et al., 1996, 2005; Sircombe 1999, 2000; Cawood e Nemchin, 2000; Hallsworth et al., 2000; Link et al., 2005; Nascimento et al., 2007; Araújo et al., 2012; Neves, 2015).

A chamada “análise convencional de minerais pesados detríticos” consiste na determinação da composição de toda a assembleia de minerais pesados presentes nos sedimentos (Morton e Hallsworth, 1994), que é consideravelmente influenciada pela intensidade do intemperismo ocorrido na área fonte e transporte, pelo nível de abrasão ao qual os sedimentos são submetidos durante o percurso, pela seleção hidrodinâmica, no momento da deposição, e pela diagênese (Morton, 1985; Johnsson, 1993; Morton e Hallsworth, 1994).

A seleção hidráulica ocorrida durante a deposição e os processos diagenéticos são os fatores que mais modificam a composição final dos sedimentos (Morton, 1985), mas podem ser desconsiderados por meio do estudo das variabilidades dentro de uma população mineral, seja esta variabilidade geocronológica, química ou morfológica. Isto porque as variações de quaisquer características presentes em uma população de minerais são herdadas diretamente da fonte e não resultam do fracionamento durante ciclo sedimentar (Johnsson, 1993). Segundo Mange e Morton (2007), o estudo das variabilidades aumenta a certeza e insere detalhes não avaliados em análises convencionais de minerais pesados. A geocronologia utilizando U-Pb em zircão detrítico é a mais usual e poderosa técnica para extrair informação da fonte, visto que provê dados sobre a fonte inicial dos sedimentos, e não sobre a fonte sedimentar reciclada (Fedo et al., 2003).

A Bacia de Sergipe-Alagoas, é uma das muitas bacias da margem continental, formada durante a abertura do Atlântico Sul, no final do Jurássico e Cretáceo (Souza-Lima et al., 2002). Limita-se a norte com a Bacia de Pernambuco-Paraíba, pelo alto de Maragogi, e a sul com a Bacia de Jacuípe, onde o limite é indiviso (Campos Neto et al., 2007). A Formação Penedo, inclusa na Bacia de Sergipe-Alagoas, pertence à supersequência rifte, que compreende os arenitos de granulação grossa a média, de ambiente flúvio-deltaico, com retrabalhamento eólico (Schaller, 1970; Souza Lima et al., 2002; Campos Neto et al., 2007).

Apesar da Bacia de Sergipe-Alagoas ser uma bacia bastante estudada, trabalhos de proveniências baseados em geocronologia de zircão são escassos (Santos, 2015; Almeida 2016). O objetivo deste estudo foi inferir as áreas-fontes dos sedimentos de afloramento clássico da Formação Penedo, estado de Alagoas (Figura 3), por meio da análise geocronológica, datação U-Pb, com LA-ICP-MS, de população de cristais de zircão detríticos, aliada à análise de paleocorrente. E, desta forma, colaborar para o entendimento da evolução geológica desta bacia, contribuindo com dados inéditos para uma unidade de grande relevância econômica, geológica e histórica.



Figura 3 - Mapa de localização e vias de acesso. Seção aflorante PDO-01 representada por estrela vermelha, localizada na cidade de Penedo, estado de Alagoas. Destaque a Bacia de Sergipe-Alagoas em amarelo.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

A Formação Penedo, da Bacia de Sergipe-Alagoas, situa-se em um contexto regional que inclui terrenos geológicos de diferentes idades e ambiências tectônicas. Em virtude das paleocorrentes levantadas na seção estudada PDO-01, o contexto geológico de interesse abrange parte dos estados de Alagoas e Pernambuco, a norte do afloramento (Figura 4).

### **Embasamento**

Segundo Almeida et al. (1977), esta região encontra-se na Província Borborema e inclui os terrenos do embasamento arqueano (Domo do Jirau do Ponciano), a porção sudeste do Domínio Pernambuco-Alagoas, o Domínio Rio Coruripe (a sul do Domínio Pernambuco-Alagoas) e a porção norte do Sistema Orogênico Sergipano (Domínios Macururé e Canindé).

O embasamento arqueano é representado pelos Complexos Jirau do Ponciano, Nicolau Campo Grande e pelo ortognaisse Serra das Cabaças, que juntos compreendem o Domínio Jirau do Ponciano (Figura 4), que tem como característica a ausência de intrusões neoproterozóicas. O Complexo Jirau do Ponciano é composto por ortognaisse tonalíticos a graníticos e compreende o núcleo do anticlinal de Jirau do Ponciano, um dobramento isoclinal invertido, com caimento do eixo para oeste e mergulho da superfície axial para sul (Brito e Mendes, 2011). O Complexo Nicolau Campo Grande é composto por gnaisse quartzofeldspáticos de granulação média a fina que ocorrem em duas associações litológicas distintas, uma dominada por metassedimentos químicos, metamáficas, metaultramáficas e formação ferrífera bandada e outra dominada por rochas metassedimentares (Mendes, 2010). Amorim (1995) corrobora uma origem vulcânica para estas rochas. O ortognaisse Serra das Cabaças compreendem metagranitos tipo “S”, róseos a creme, de granulação fina a média, constituindo ortognaisse com aspecto porfiróide (Amorim, 1995), localmente podem conter xenólitos de supracrustais (Mendes et al., 2015). Para amostras desta unidade, Brito Neves (1986) obteve idades Rb-Sr convencionais de 2,1 Ga e 2,3 Ga (paleoproterozóicas/riacianas). Considerando as relações de campo e a presença de xenólitos dos Complexos Nicolau-Campo Grande e Jirau do Ponciano inclusos no ortognaisse Serra das Cabaças, foram atribuídas idades arqueanas/paleoproterozóicas para estes complexos (Mendes, 2010).

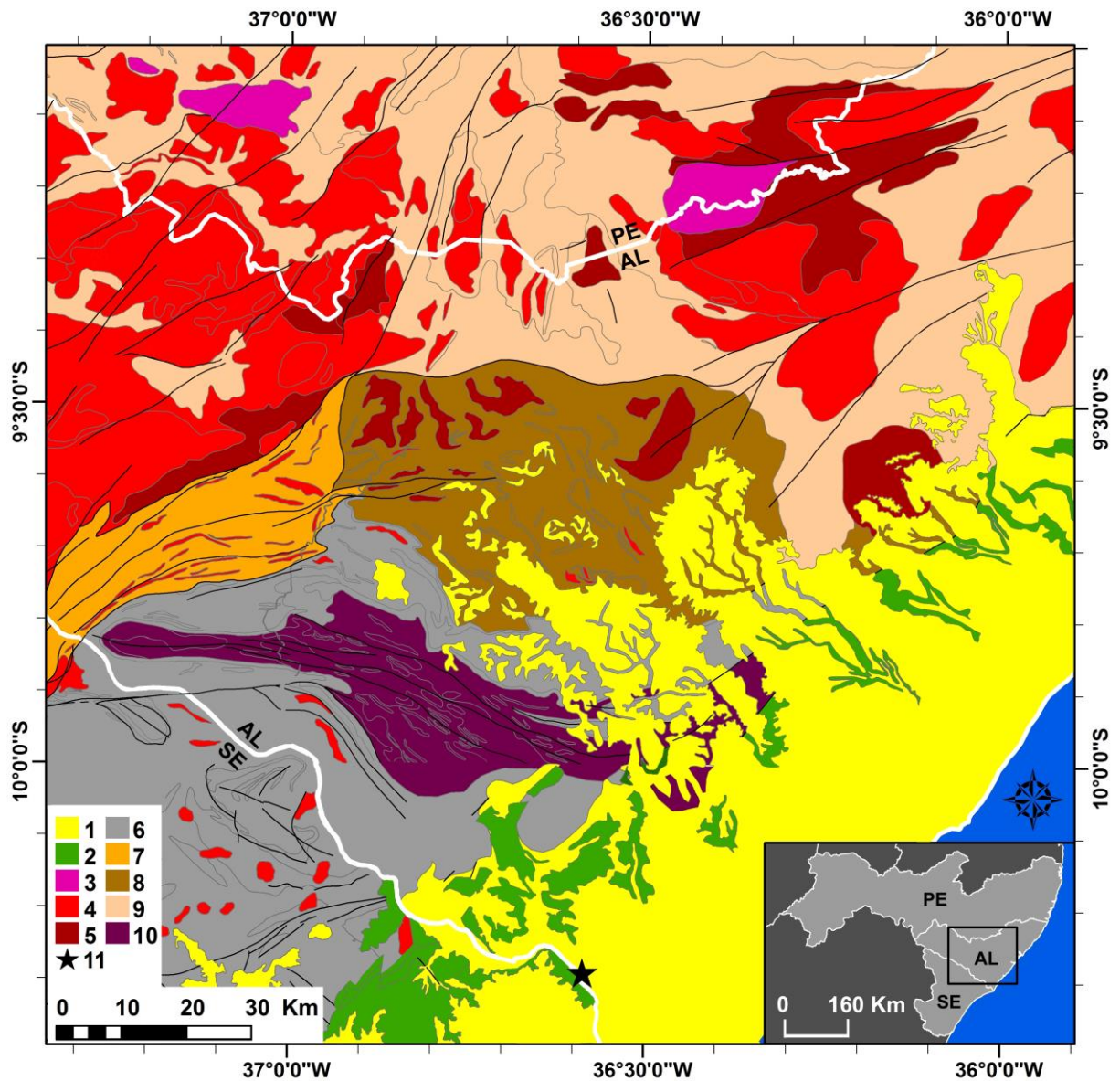


Figura 4 – Mapa Geológico Regional. Convenções: 1 - Grupo Barreiras e coberturas quaternárias; 2 - Bacia de Sergipe-Alagoas; 3 - corpos intrusivos paleozóicos; 4 - corpos intrusivos neoproterozóicos; 5 - corpos intrusivos mesoproterozóicos; 6 - Domínio Macururé; 7 - Domínio Canindé; 8 - Domínio Rio Coruripe; 9 - Domínio Pernambuco-Alagoas; 10 - Domo Jirau do Ponciano; 11 - Seção aflorante PDO-01. AL: Alagoas; PE: Pernambuco; SE: Sergipe. Após Mendes et al. (2009).

O Domínio Rio Coruripe (Amorim, 1995) está limitado a norte com a zona de cisalhamento Palmeira dos Índios, que o separa do Domínio Pernambuco-Alagoas. A oeste, encontra-se sotoposta aos representantes do Domínio Canindé (Complexo Araticum) e a sul, encontra-se parcialmente recoberto, discordantemente, pelos metassedimentos do Domínio Macururé. Este domínio é representado pelo Complexo Arapiraca, por granitos indiscriminados mesoproterozóicos e raros granitos neoproterozóicos (Brito e Mendes, 2011). O Complexo Arapiraca compreende paragneisses bandados, frequentemente migmatizados e por vezes granulitizados. Contém intercalações de lentes e/ou camadas de rochas metamáficas, mármore dolomíticos, rochas calcissilicáticas, formações ferríferas bandadas, quartzitos e complexos ígneos de metamáficas-metaultramáficas (Mendes, 2010). Brito et al. (2005) obtiveram em metaultramáficas duas idades U-Pb (em zircão), uma de 1.965 Ma e outra, para zircão herdado arredondado, de 2.049 Ma. Cristais de zircão extraídos do leucossoma de migmatito do Complexo Arapiraca possuem idade em torno de 760 Ma e de 630 Ma (Lima, 2013), sendo estes mais novos possivelmente relacionados ao evento Brasileiro que atuou na Província Borborema no período de 750-560 Ma (Oliveira et al., 2010, 2015)

O Domínio Pernambuco-Alagoas (Figura 4) está limitado a sul pela zona de cisalhamento Palmeira dos Índios e a norte pelo Zona de Cisalhamento Pernambuco. É formado pelo Complexo Belém do São Francisco, granitóides indiscriminados mesoproterozóicos, Complexo Cabrobó, Suíte Intrusiva Leucocrática Peraluminosa, Ortognaisse Serra das Flores e diversas intrusões graníticas do Neoproterozóico/Ediacarano (suítes intrusivas Ouro Branco, Itaporanga, Serra do Catu e granitóides indiscriminados) e do Paleozóico/Cambriano (Suíte Intrusiva Águas Belas). O Complexo Belém do São Francisco é composto por ortognaisse granítico a tonalítico-granodiorítico, eventualmente migmatizado, com enclaves máficos de composição quartzo-diorítica e enclaves de rochas supracrustais (Mendes et al., 2015). Idades U-Pb em SHRIMP de zircão obtiveram idade paleoproterozóica ( $2.079 \pm 34$  Ma) para cristalização de protólito de ortognaisse do Complexo Belém do São Francisco e Idade de  $655 \pm 7$  Ma para seu metamorfismo (Silva Filho et al., 2002). O Complexo Cabrobó (Unidade 1, exposta na região) compreende sequência metavulcanossedimentar formada por xistos e para-gnaisses eventualmente migmatizados, metagrauvas, quartzitos, calcissilicáticas, mármore e intercalações de metamáficas. Dados geocronológicos para este complexo incluem idade Rb-Sr isocrônica de  $966 \pm 14$  Ma (Brito Neves et al., 1995). Gnaisse migmatítico com granada do sub-domínio Água-Branca foi

datado de  $1.577 \pm 73$  Ma (Van Schmus et al., 1995). A Suíte Chorochó é composta de ortogaiesses, de composições monzograníticas a tonalíticas, contendo enclaves máficos (Amorim, 1995). A suíte intrusiva leucocrática peraluminosa engloba representantes de plútonismo mesoproterozóico e neoproterozóico (Medeiros, 2000). Ortognaisse Serra das Flores são rochas que intrudem o Complexo Cabrobró e possuem idades U-Pb (em zircão) tonianas (947Ma) (Mendes et al., 2011). Idade de cristalização do ortognaisse tonalítico do Jupi é de  $606 \pm 8$  Ma (idade U-Pb por LA-ICP-MS (Neves et al., 2008). Outras idades U-Pb para granitos do Pernambuco-Alagoas variaram de 570 a 625 Ma (Silva filho et al., 1997, 2000)

O Domínio Canindé (Davison e Santos, 1989) é parte do Sistema Orogênico Sergipano, que se consolidou durante Orogênese Brasileira/Pan-Africana, com a colisão entre o cráton São Francisco e o Bloco Pernambuco-Alagoas. Está limitado a norte pelo Domínio Pernambuco-Alagoas, através da zona de cisalhamento de Jacaré dos Homens e por intrusões graníticas neoproterozóicas (Suíte Intrusiva Serra do Catu). A sudeste limita-se com os domínios Rio Coruripe e Macururé, pela zona de cisalhamento transpressional de Belo Monte-Jeremoabo. A parcela do Domínio localizada no sul de Alagoas é representada pelo Complexo Araticum, que apresenta grande diversidade litológica (Mendes, 2010). O Complexo Araticum constitui uma sequência metavulcano-sedimentar polideformada, metamorfisada na fácies anfíbolito, composta por micaxisto, biotita gnaisse, metagrauvaca, metamáficas, metaultramáficas, formações ferríferas, mármore, quartzitos e calcissilicáticas (Lima, 2013). Silva Filho et al. (2003), por meio de análises isotópicas de carbono e oxigênio em amostra de mármore desta unidade, caracterizaram um intervalo de tempo para a deposição do nível de carbonato entre 1,05 Ga e 1,2 Ga. Além disso, idades de 611 Ma (U-Pb em zircões) foram obtidas de leucogranito a duas micas, posicionado ao longo da foliação principal (Brito e Mendes, 2011). Dados U-Pb obtidos para ortognaisse adjacente ao Complexo Araticum, limitado pela Zona de Cisalhamento de Jacaré dos Homens, indicam uma idade de  $642,4 \pm 3,4$  Ma, que foi interpretada como idade de cristalização e de ativação da zona de cisalhamento (Lima, 2013).

### **Bacia de Sergipe-Alagoas**

Apesar da Bacia de Sergipe-Alagoas ser tratada como uma bacia única, as sub-bacias de Sergipe e de Alagoas possuem cartas estratigráficas distintas devido as diferenças de estilo

tectônico e preenchimento, e estão separadas por um alto regional localizado na área do rio São Francisco (Mohriak, 1998), denominado Alto de Japoatã-Penedo. O preenchimento sedimentar neopaleozóico e jurássico apresenta grande similaridade ao longo das duas sub-bacias. No entanto, a série neocomiana (contendo a Formação Penedo) está mais desenvolvida na Sub-Bacia de Alagoas, enquanto as séries Gálica, Senoniana e o sistema terciário adquirem importância maior na Sub-Bacia de Sergipe (Feijó, 1995).

A porção emersa é representada por uma estreita faixa de 20 a 50 quilômetros de largura, estando a maior parte submersa (Souza-Lima et al., 2002). As bacias *offshore* (particularmente a Sub-Bacia de Sergipe) são caracterizadas por uma cobertura sedimentar relativamente fina em terra, e por uma série de depocentros controlados por falhas sintéticas, que formam uma série de grábens assimétricos (Mohriak et al., 1997). O arcabouço estrutural da Bacia de Sergipe-Alagoas está associado com um sistema de falhas normais NE-SW e falhas secundárias transversais E-W e NW-SE (Mohriak, 1998).

O preenchimento sedimentar da Bacia de Sergipe-Alagoas é representado por 23 sequências deposicionais correlacionáveis aos estágios evolutivos que ocorreram nas bacias da margem leste brasileira (Campo Neto et al., 2007). Os limites entre os estágios, sinéclise, pré-rifte, rifte e drifte, foram graduais, refletindo modificações no estilo tectônico predominante que afetou as sequências sedimentares (Souza-Lima et al., 2002).

### **Formação Penedo**

A Formação Penedo pertence ao estágio rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas, que corresponde à fase de subsidência mecânica da bacia. Fase que se iniciou há aproximadamente 142 Ma, no Andar Rio da Serra (Feijó, 1995) favorecida pelo aumento da taxa de subsidência (Campos Neto et al., 2007) (Figura 5). Os sedimentos desta unidade foram depositados durante intensa atividade tectônica que precedeu a abertura do Oceânico Atlântico.

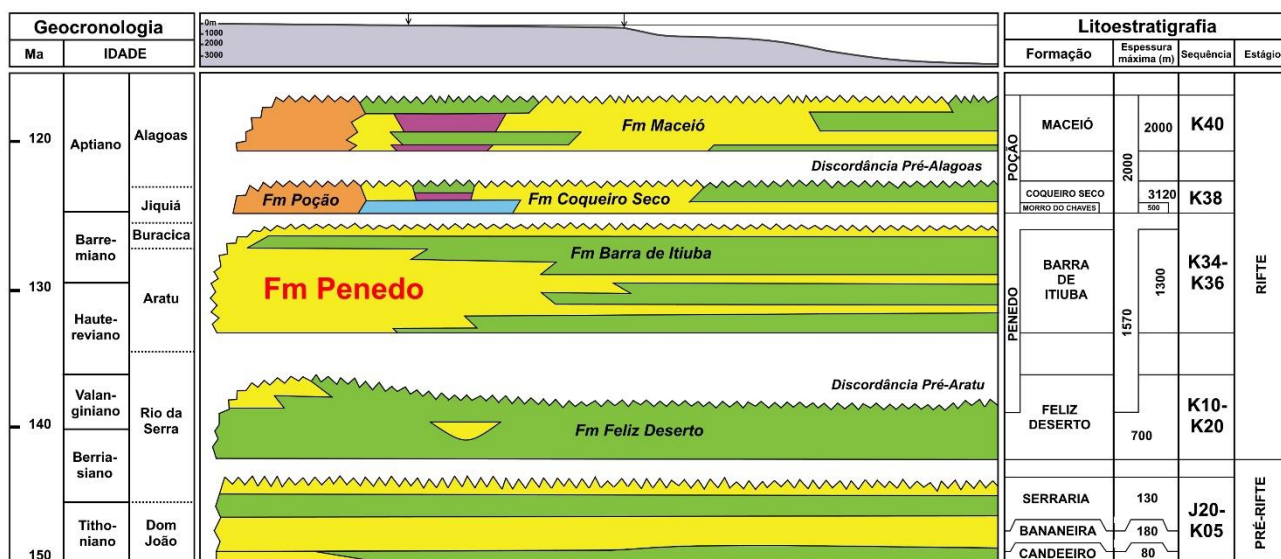


Figura 5 – Fração da Carta estratigráfica da Sub-Bacia de Alagoas, com destaque a Formação Penedo (após Campos Neto et al., 2007).

O contato inferior da Formação Penedo com a Formação Barra de Itiúba é gradacional, exceto quando sobre a discordância pré-Aratu (Galm e Santos, 1994). O contato superior, com as Formações Morro do Chaves e Coqueiro Seco, ora é interpretado como concordante ora como discordante (Schaller, 1970; Campos Neto et al., 2007). Lateralmente, em sua porção distal, interdigita-se com a Formação Barra de Itiúba. Na parte sergipana da bacia, a Formação Penedo interdigita-se lateralmente, em sua porção proximal, com os arenitos e conglomerados de borda ativa da Formação Rio Pitanga (Souza-Lima, 2008a).

Segundo Schaller (1970), a Formação Penedo, é constituída por espessos leitos de arenitos mal selecionados, finos a grossos, subangulares a subarredondados, com intercalações de folhelhos e siltitos. Com coloração branca, cinzenta, amarelada e localmente esverdeada ou avermelhada, contendo pontilhados brancos provenientes da alteração de feldspato, característico desta formação (Figura 6). Os arenitos são puros a argilosos, muitas vezes contendo mica. Ocorrem também subarcósios, arcósios, com presença de feldspato, muitas vezes caulinizado, além de mica e fragmentos líticos (Vieira, 1991). Os folhelhos, em parte micáceos, variam de verde, cinza, castanho a avermelhado (quando próximo à borda da bacia e junto à Formação Rio Pitanga). Localmente podem ocorrer calcários argilosos impuros de cor creme acinzentado. Além de lentes de conglomerado, que marcam os leitos de fundo de canal (Schaller, 1970).

A geometria dos corpos arenosos varia de tabular a sigmoidal, exibindo também grandes canais. São comuns estratificações tabulares e tangenciais, muitas vezes com *sets* superiores a 50 centímetros de espessura, e feições acanaladas com largura de leito da ordem de dezenas de metros (Schaller, 1970). Também são comuns estruturas convolutas relacionadas à fluidização (Souza-Lima, 2008b) (Figura 6).

Em relação aos ambientes deposicionais, o registro sedimentar representa um sistema flúvio-deltaico de padrão entrelaçado (Vieira, 1991) que desembocava nos sistemas prodeltaicos e lacustres que atualmente constituem a Formação Barra de Itiúba. A atuação de rios entrelaçados e deltas foi bem desenvolvida, formando no todo um sistema progradante (Feijó, 1995). O padrão de drenagem aparentemente foi transversal ao sistema lacustre, conforme indicam as medidas de paleocorrentes obtidas por Souza-Lima e Borba (2008).

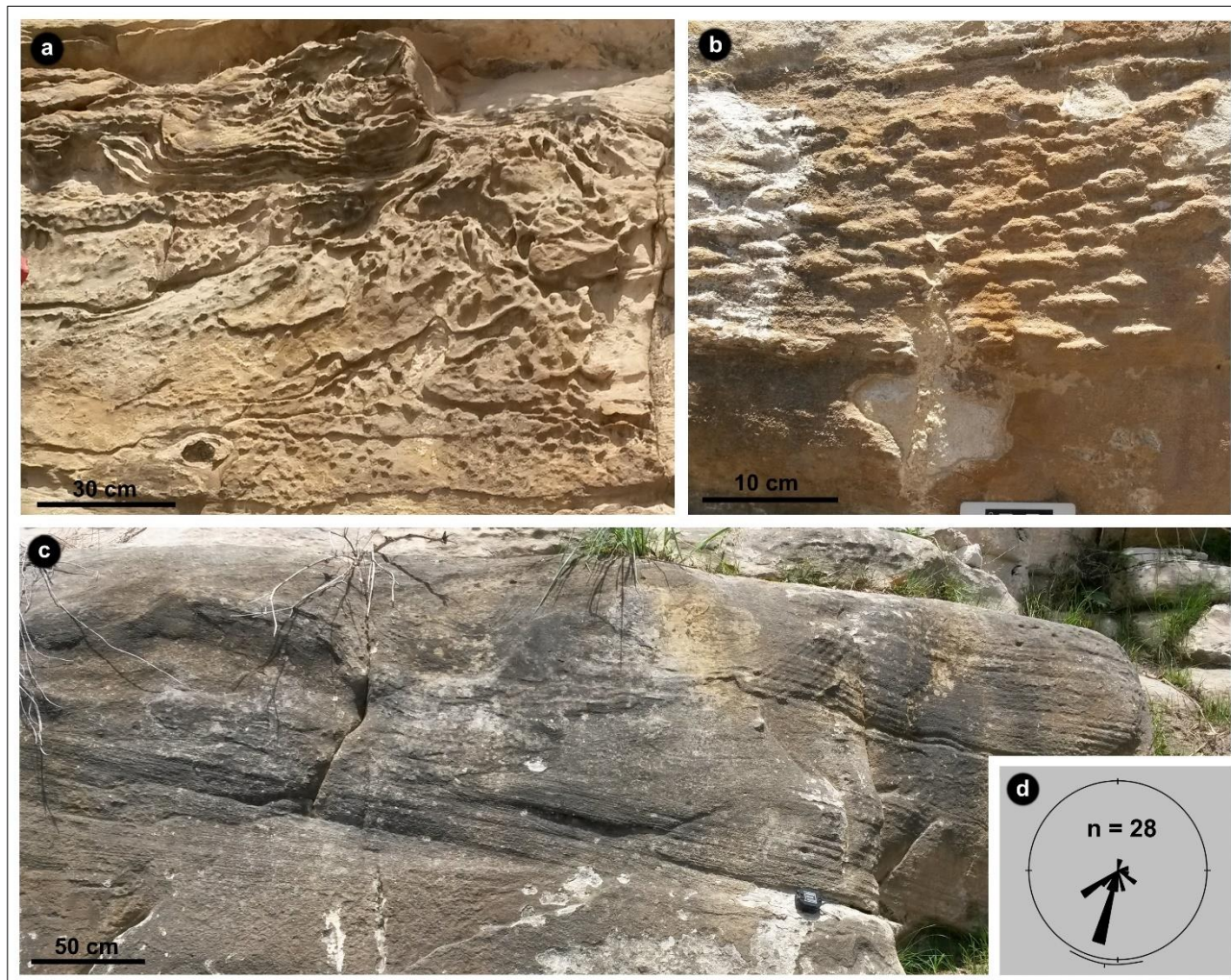


Figura 6 – Foto de partes da seção PDO-01. Arenitos da Formação Penedo apresentando: a - estruturas de fluidização; b - *climbing ripples*; c - estratificações cruzadas; d - 28 medidas de paleocorrente.

A seção aflorante PDO-01 constitui paredão rochoso de aproximadamente 20 metros. É composto por arenitos finos a médio de coloração amarela, por vezes com algum conteúdo síltico-argiloso esbranquiçado. Apresenta geometria tabular e sigmoidal, contendo estratificações cruzadas e *climbing ripples*, estratificações plano paralelas e quantidade considerável de estruturas de fluidização (Figura 6). Neste local, foram aferidas 28 medidas de paleocorrente de estratificações cruzadas, cuja média indica sentido 187,9° e confiabilidade de 23,4° (Figura 6), corroborando dados das referências bibliográficas (Souza-Lima, 2008b), segundo o qual os aportes teriam sido para S-SE na região dos altos de Japoatã (Sergipe) e Palmeira Alta (Alagoas) durante o Rio da Serra (~140 Ma).

## METODOLOGIA

Após selecionar o afloramento chave da Formação Penedo (Seção PDO-01), foi realizada coleta de amostra e a análise de paleocorrente. Os cristais de zircão foram concentrados por meio de metodologia clássica: redução da granulação com britador; quarteamento; cominuição na fração menor que 60 *mesh*; concentração de pesados com uso de bateia; separação de cristais não magnéticos utilizando-se do separador isodinâmico Frantz, e posteriormente o concentrado de minerais obtidos foi passado em líquidos densos (bromofórmio e diodometano). Por fim, os cristais de zircão foram catados manualmente com auxílio de lupa binocular de forma randômica e encaminhados para confecção de *mount* e metalização com ouro. Estes procedimentos foram realizados no Centro de Pesquisa Geocronológica da Universidade de São Paulo (CPGeo-USP), segundo metodologia descrita em Araújo et al. (2012).

As determinações geocronológicas foram realizadas no CPGeo-USP utilizando-se de Espectrômetro de Massa por Ablação a Laser (LA-ICP-MS), marca Finnigan Neptune acoplado a ArF Laser. Durante as análises, foram escolhidos pontos em zonas oscilatórias primárias, típicas de texturas ígneas em cristais de zircão, além disso foram evitados cristais muito fraturados e com inclusões. Alguns grãos tiveram mais de um *spot*, no intuito de verificar se existiam diferenças de idade entre o centro do cristal e sua margem. Os dados foram processados com *software* Isoplot (Ludwig, 2012). As incertezas para os índices medidos são dados em nível de um (1) sigma. Idades menores que 1.300 Ma são referidas como idades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  e idades maiores que 1.300 Ma como idade  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ . Os dados estão apresentados por meio de tabela, em diagrama de concórdia e em diagrama de frequência e curva de probabilidade. Foram obtidas imagens de catodoluminescência dos cristais datados, com MEV (Hitachi S-2250N) sob condições de aceleração de voltagem de 20 kV.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Idades U-Pb de zircão detrítico

Para datação U-Pb foi selecionada a amostra PDO-01 da Formação Penedo. Do concentrado de cristais de zircão desta amostra, foram investigados 83 cristais de zircão e 90 *spots*, dos quais 64 foram utilizados para análise geocronológica (Figura 7). Os resultados são apresentados graficamente na forma de histograma de densidade e frequência das idades U-Pb e na forma de diagrama concórdia  $Pb^{206}/U^{238}$  versus  $Pb^{207}/U^{235}$  (Figura 8). Foram utilizadas apenas análises com concordância de  $100 \pm 10\%$ . As idades obtidas apresentam uma concordância média de 99,7% (Tabela 1).

Os grãos de zircão detríticos analisados apresentam dimensões que variam de 150 a 350  $\mu m$ . Não foi possível observar correlação entre as idades dos grãos e sua morfologia. Em todos os grupos de idade, há presença de grãos mais arredondados ou subarredondados, relacionados ao maior transporte e fontes mais distantes ou retrabalhamento. Todavia, a maioria dos cristais detríticos preservam feições que indicam cristais de formato prismático.

Os concentrados de zircão da amostra PDO-01 apresentam idades que variam desde o Mesozoico (3.098  $\pm$  33 Ma) até o Paleozóico, no Cambriano Inferior (530  $\pm$  12 Ma). Metade destas idades estão acima de 1.300 Ma. No histograma de densidade e frequência (Figura 8) é possível distinguir 5 grupos de idades, nomeados de G1 a G5, em ordem geocronológica crescente.

Tabela 1 – Idades U/Pb em zircão de acordo com os agrupamentos de idades. I 206/238: idades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ , em milhões de anos; I 207/235: idades  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ , em milhões de anos; Conc: concordância.

Grupo	I 206/238	1 $\sigma$	I 207/235	1 $\sigma$	Conc	Th/U	Grupo	I 206/238	1 $\sigma$	I 207/235	1 $\sigma$	Conc	Th/U
G1 [21,9%]	530	12	524	41	101	2,00	G3 [42,2%]	1637	26	1623	32	100	1,19
	532	22	526	53	101	0,89		1724	21	1715	26	100	0,32
	540	08	534	18	101	0,48		1715	15	1731	17	99	0,55
	584	08	592	21	98	0,44		1716	22	1738	26	98	0,74
	587	08	581	20	101	0,40		1793	21	1773	31	101	0,68
	608	13	601	19	101	0,87		1795	33	1796	37	99	0,81
	624	10	613	26	101	1,61		1835	51	1841	56	99	0,65
	630	09	633	22	99	0,09		1916	31	1872	30	102	0,86
	655	08	654	19	100	0,56		1855	18	1923	26	96	0,69
	664	11	669	27	99	0,47		1998	37	2010	25	99	0,96
	666	16	674	43	98	0,64		1983	66	2024	66	97	0,93
	677	07	666	14	101	0,77		2060	17	2036	19	101	0,32
	680	08	689	16	98	0,14		1989	24	2050	27	97	0,82
	682	09	692	19	98	0,37		1992	22	2056	26	96	0,83
	G2 [28,1%]	853	13	846	29	100		0,80	2070	41	2079	27	99
899		14	924	26	97	0,42	2154	22	2092	28	102	1,21	
912		20	901	44	101	0,27	2088	17	2121	24	98	0,22	
962		19	964	39	99	0,53	2132	22	2128	21	100	0,35	
978		17	967	36	101	0,61	2182	59	2131	51	102	0,38	
987		16	978	31	100	0,10	2201	41	2138	25	102	0,67	
1000		11	985	20	101	1,06	2140	21	2158	20	99	0,44	
1014		13	1035	24	97	0,84	2179	49	2161	31	100	0,57	
1016		15	1023	29	99	0,42	2174	18	2164	17	100	0,49	
1019		17	1006	27	101	0,97	2235	21	2166	20	103	0,23	
1030		13	1023	31	100	0,54	2155	40	2168	25	99	0,47	
1059		13	1045	29	101	0,15	2229	33	2176	33	102	0,52	
1083		18	1100	34	98	0,46	2192	26	2211	24	99	0,36	
1088		16	1070	24	101	0,81	G4 [6,3%]	2478	39	2535	21	97	0,51
1090		12	1069	22	101	0,15		2498	39	2545	21	98	0,53
1234	20	1225	34	100	0,32	2693		28	2658	25	101	0,48	
1259	15	1247	22	101	0,44	2733		48	2682	24	101	0,84	
1280	14	1251	20	102	0,38	G5 [1,6%]	2957	23	3042	20	97	0,48	

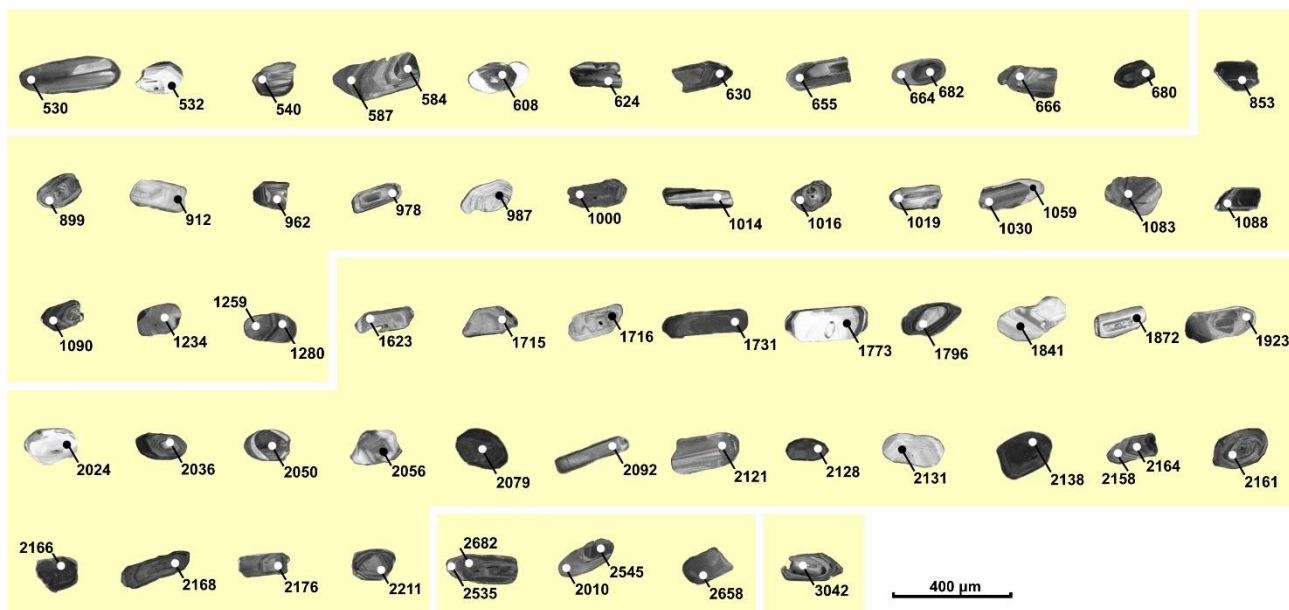


Figura 7 – Imagens de catodoluminescência dos cristais de zircão analisados. Pontos brancos ou pretos representam os *spots* analisados; linha branca divide os grupos de idades.

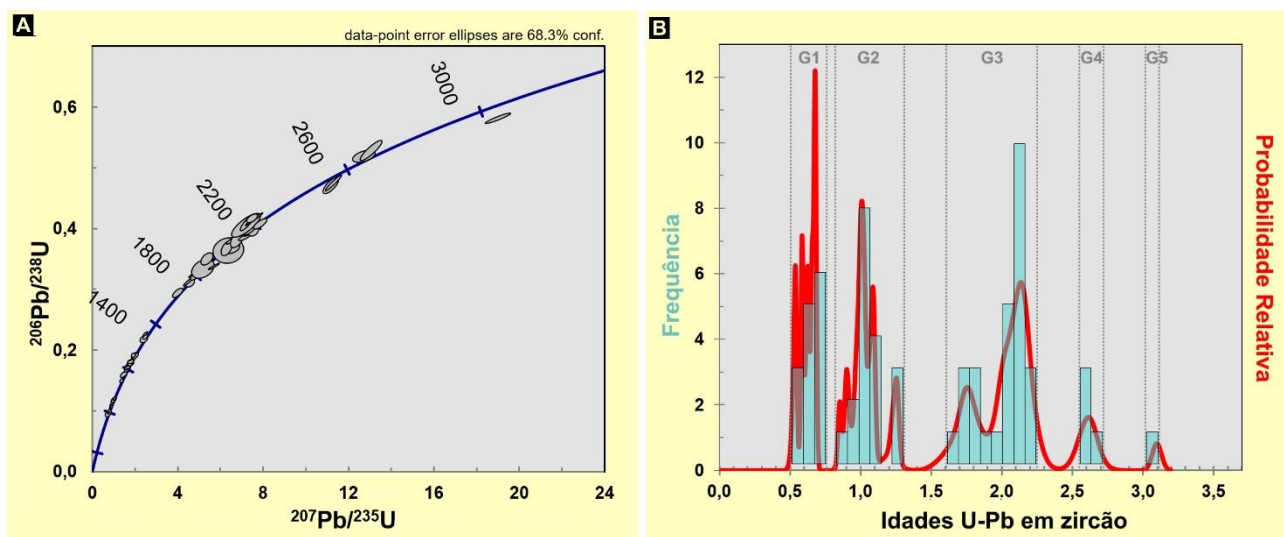


Figura 8 - A: Diagrama concórdia de amostra PDO-01. B: Histograma de densidade e frequência da amostra PDO-01.

O grupo G1 (Figura 7) compreende os cristais mais jovens, com idades que variam de 518 Ma a 691 Ma. Um total de 21,9% das análises estão nesta população, com concordância média de 99,8%. A maioria destes cristais tem idade criogeniana (neoproterozoica), mas chegam a alcançar idades paleozoicas, do Cambriano Inferior. O maior pico da curva de probabilidade encontra-se em aproximadamente 670 Ma. Cristais do Grupo 1 apresentam zoneamento oscilatório típico de cristais ígneos, em alguns deles é possível observar núcleos herdados, além de sobrecrecimento por *sector zoning* típicos de crescimento metamórfico e corrosão da borda. As razões Th/U dos *spots* analisados variam de 0,09 a 2,00, com média de 0,69.

Considerando que a análise de paleocorrentes do local onde foi retirada a mostra indica fontes posicionadas a norte, estas idades sugerem como fontes para estes cristais rochas do Complexo Araticum como o leucogranito de 611 Ma (Brito e Mendes, 2011) e ortognaisse de  $642,4 \pm 3,4$  Ma (Lima, 2013), além de outros corpos de granitos (*lato sensu*) como a Suíte Intrusiva Águas Belas, datada de  $528 \pm 4$  Ma (U-Pb convencional em mineral) (Mendes et al., 2015); além das suítes intrusivas Serra dos Macacos e Ferreira Costa, além dos plútons Munguba, Carneiros, Ouro Branco, Santana do Ipanema, Serra da Caatinga Branca e outros corpos graníticos indiscriminados datados com tendo idades entre 570 a 625 Ma (Silva filho et al., 1997, 2000).

O grupo G2 (Figura 7) possui cristais com idades variando de 840 Ma a 1.294 Ma, distribuídas entre o Esteniano e o Toniano, do final do Mesoproterozóico ao início de Neoproterozóico. Estas idades apresentam uma concordância média de 100,0% e representam 28,1% das análises. O maior pico da curva de probabilidade encontra-se a aproximadamente 1.000 Ma, no limite do Meso para o Neoproterozóico (Figura 8). As razões Th/U dos *spots* analisados variam de 0,10 a 1,06, com média de 0,51.

A maioria destes cristais (G2) apresentam zoneamento oscilatório e texturas de crescimento metamórfico, com a presença de zonas sinuosas de alto e baixa luminescência, zonas oscilatórias primárias borradas e *sector zoning*. O cristal datado de 962 Ma (Figura 7) mostra-se metamórfico de alto grau, uma vez que possui típica sequência contendo uma zona inicial de baixa luminescência no interior do grão, seguido de sobrecrecimento por *sector zoning* e zoneamento oscilatório.

Estes dados sugerem que este grupo de cristais neoproterozóicos a mesoproterozóicos tenham como provável fonte o ortognaisse Serra das Flores (947 Ma U-Pb) (Mendes et al., 2011). Datações indiretas, por meio de relações de campo, podem incluir também como fontes a unidade 1 do Complexo Cabrobró e os ortognaisses e granitos indiscriminados da Suíte Chorrochó.

O terceiro e maior grupo (Figura 7), com 42,2% das análises, compreende aqueles cristais de idade paleoproterozóica, variando de 1.591 Ma a 2.186 Ma. Estas idades apresentam uma concordância média de 99,6%. A maior parte destes cristais têm idades riaciana, mas estão também inclusas idades orosirianas e estaterianas. O grupo G3 possui dois picos principais na curva de probabilidade (Figura 8), o maior encontra-se a aproximadamente a 2.150 Ma e o menor a aproximadamente 1.750 Ma. As razões Th/U dos *spots* analisados variam de 0,22 a 1,25; com média de 0,65.

No G3, poucos são os cristais que preservam apenas características de texturas ígneas, a maioria apresenta alguma indicação de sobrecrecimento metamórfico, como texturas sinuosas, *sector zoning* e a interferências em zoneamentos primários anteriores. Há também presença de corrosão nas bordas de cristais. Estas idades indicam como possíveis fontes o Complexo Arapiraca, datado de 1.965 Ma (U-Pb) e, de forma indireta (por relações de campo), o Complexo paleoproterozóico Belém do São Francisco.

O quarto (G4) e quinto (G5) grupos (Figura 7) são compostos por cristais de idades arqueanas. O grupo G4 é composto por idades neoarqueanas, de 2.439 Ma a 2.781 Ma, com concordância média de 99,3%. Representam 6,3% das análises e seu único pico na curva de probabilidade encontra-se a aproximadamente 2.600 Ma (Figura 8). O grupo G5 é composto por única amostragem de idade mesoarqueana ( $3042 \pm 20$  Ma). Esta amostra representa 1,6% do total e possui concordância de 97%. Para estes grupos quatro e cinco, as razões Th/U dos *spots* analisados são de 0,51 a 0,84; com média de 0,57.

Estes 4 cristais arqueanos apresentam estrutura interna metamórfica que se sobrepõe a textura oscilatória primária. O cristal com núcleo mesoarqueano apresenta corrosão em sua borda. Tendo em vista estas idades, estes cristais poderiam ser provenientes do Complexo Nicolau Campo Grande e do Complexo Jirau do Ponciano. Estes cristais mais antigos preservam de certa forma seu formato prismático e são menos arredondados que outros cristais mais recentes, corroborando esta fonte arqueana mais proximal.

Apesar das texturas internas metamórficas citadas acima presentes em todos os grupos de idades, as razões Th/U dos *spots* analisados são típicos de cristais ígneos (Vavra et al.,1999). Poucos são os *spots* que desviam destes valores tipicamente ígneos, é o caso das razões Th/U que apresentaram valores de 0,9 a 2,0. Todavia, ainda assim, estes valores se assemelham muito mais às razões de cristais ígneos do que àquelas atribuídas para cristais metamórficos. É possível que isso ocorra pelo fato das análises pontuais serem feitas sobre áreas dos cristais em zonas oscilatórias primárias. Assim, tais razões Th/U são dados pontuais relacionados ao crescimento ígneo do mineral, e não relacionado aquelas regiões contendo perturbações metamórficas.

Os trabalhos de Melo (2016) e Melo *et al.* (2016), que analisaram as composições químicas dos cristais de zircão da Formação Penedo, mostraram que a maioria destes cristais apresentam quimismo de cristais de zircão originários de corpos básicos ou com afinidade mantélica, tendo como uma das evidências apresentadas as altas razões Zr/Hf, que variam de 17,7 a 101,9. Sendo assim, ressalta-se a contribuição de determinadas fontes aqui mencionadas, aquelas que contêm unidades máficas-ultramáficas.

No grupo de fontes arqueanas, destaca-se o Complexo Nicolau Campo Grande, composto de gnaisses quartzo-feldspáticos com intercalações de metavulcanosedimentares, incluindo metamáficas e metaultramáficas. Das fontes paleoproterozóicas, o Complexo Arapiraca ganha maior relevância pela presença de complexos ígneos metamáficos-metaultramáficos intercalados a seus paragnaisses. Quanto às fontes mesoproterozóicas, destaca-se o Complexo Cabrobró pelo mesmo motivo - é constituído de biotita gnaisses, com intercalações de metavulcanosedimentares, incluindo metamáficas.

Estes cristais mesoproterozóicos e paleoproterozóicos somam 70% das análises, juntamente com os cristais arqueanos chegam a quase 80% das análises (76,6%), e são os que incluem corpos máficos entre seus litotipos. A minoria restante, são os cristais cujas fontes apontam para os corpos graníticos (*latu senso*) brasileiros. Seriam a mesma minoria de cristais de fontes ácidas mencionada em Melo *et al.* (2016).

## CONCLUSÕES

Os cristais de zircão analisados da seção aflorante PDO-01 da Formação Penedo, Bacia de Sergipe-Alagoas, indicaram idades que variam desde o Mesoarqueano ( $3.098 \pm 33$  Ma) até o Paleozóico, no Cambriano Inferior ( $530 \pm 12$  Ma) e foram reunidas em 5 grupos de fontes: o primeiro grupo, com granitóides neoproterozóicos em torno de 670 Ma; um segundo, com rochas do Complexo Cabrobró de idades por volta de 1,0 e 1,2 Ga; um terceiro grupo, com rochas do Complexo Arapiraca com idades paleoproterozóicas riacianas e estaterianas; um quarto grupo, com idades neoarqueanas próximas a 2,6 Ga e um último cristal com núcleo de aproximadamente 3,0 Ga, provenientes do Complexo Nicolau Campo Grande, no Domo Jirau do Ponciano. Entre estes grupos sempre existe um hiato de idades.

As idades obtidas neste trabalho refletem não apenas a identidade de suas fontes, mas também o complexo histórico de eventos tectônicos registrados no contexto regional. Esse contexto inclui terrenos geológicos de diferentes idades e ambiências tectônicas e podem estar relacionados a determinados eventos ocorridos no setor meridional da Província Borborema.

Idades arqueanas como 3,0 Ga e 2,6 Ga podem ser um pequeno resquício do mais antigo supercontinente Kenorlândia. Idades riacianas (2,1 Ga) e estaterianas (1,7 Ga) estão sempre presentes em rochas do embasamento da Província Borborema e são evidencia de ao menos um ciclo de fragmentação e convergência. Os picos de 1,0 e 1,2 Ga relacionam-se a representantes do ciclo Cariris Velhos, enquanto aquelas idades entre 518 a 691 Ma estariam relacionados à granitogênese (sin e pós colisional) relacionados ao ciclo Brasileiro e também presentes na área de interesse a norte do afloramento PDO-01.

Entre os grupos G1 e G2 há um hiato de aproximadamente 150 Ma, enquanto entre os grupos G2 e G3, G3 e G4 e G4 e G5 existe um hiato de aproximadamente 300 Ma. Pode-se considerar a possibilidade de eventos extensionais entre esses períodos, como o evento extensional criogeniano ocorrido no domínio Pernambuco-Alagoas entre 850-630 Ma (Silva Filho et al., 2014) e aqui caracterizado pela ausência de cristais datados. De forma análoga, é possível avaliar também como períodos de eventos extensionais para esta região as outras lacunas de idade aqui identificadas: entre 2,7 e 3 Ga; entre 2,5 e 2,2 Ga e entre 1,6 e 1,2 Ga.

**AGRADECIMENTOS:**

A CAPES pela bolsa de mestrado de AMQM. Os autores agradecem o suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC), processos números: 308059/2014-0 (CNPq-PQ), 308754/2013-1 (CNPq-PQ), 473013/2012-4 (CNPq-Universal 2013) e 019.203.02538/2009-7 (PRONEX/FAPITEC/CNPq).

## **CAPÍTULO 3: CONCLUSÃO**

---

### 3. CONCLUSÃO

---

Assim como outras técnicas, a caracterização química de zircão pode ser muito útil para diferenciar proveniências de rochas mais básicas daquelas mais ácidas, ou discriminar origens mais mantélicas daquelas mais crustais. Todavia, o uso de técnicas consagradas como a geocronologia aliada à análise de paleocorrente, foi fundamental para definir as fontes indicadas neste trabalho.

Por meio dessas técnicas consagradas foi possível constatar que o registro sedimentar de paleocorrentes da seção aflorante PDO-01 da Formação Penedo, Bacia de Sergipe-Alagoas, indicou aporte sedimentar vindo predominantemente de norte e as idades dos cristais de zircão desta seção definiram cinco grupos de fontes. Estas fontes referem-se unicamente à seção estudada, de provável idade Rio da Serra, e não se aplicam aos demais intervalos, cujas direções de paleocorrentes variam consideravelmente, e para os quais não foram realizados estudos de proveniência com datação de zircão.

O primeiro grupo de fontes é composto por granitos (*lato sensu*) neoproterozóicos em torno de 670 Ma. O segundo, relaciona-se a rochas do Complexo Cabrobró de idades por volta de 1,0 e 1,2 Ga. O terceiro grupo é composto por rochas do Complexo Arapiraca com idades paleoproterozóicas riacianas e estaterianas. O quarto grupo de cristais, é proveniente de rochas com idades neoarqueanas próximas a 2,6 Ga e o último grupo é composto pelo núcleo de um cristal de aproximadamente 3,0 Ga, provenientes do Complexo Nicolau Campo Grande, no Domo Jirau do Ponciano.

As idades obtidas neste trabalho refletem não apenas a identidade de suas fontes, mas também o complexo histórico de eventos tectônicos registrados no contexto regional dessas fontes, localizadas na porção mais a sul da Província Borborema. De forma similar, os hiatos de 150 a 300 Ma entre os cinco grupos de idades citados podem refletir momentos de estabilidade geotectônica na região fonte desses sedimentos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Almeida, F. F. M., Hasui, Y., Brito Neves, B. B., Fuck, R. A. (1977). Províncias Estruturais  
Almeida, F. F. M., Hasui, Y., Brito Neves, B. B., Fuck, R. A. (1977). Províncias  
Estruturais Brasileira. *VIII Simpósio de Geologia Nordeste*, 363-391. Recife, SBG.
- Almeida, G. M. (2016). Estudo de proveniência da sedimentação aptiana aflorante na porção  
norte da Sub-Bacia de Alagoas. Dissertação (Mestrado). São Cristóvão: Programa de  
Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias. UFS.
- Amorim, J. L. (1995). Texto explicativo da Folha Arapiraca SC.24-X-D-V. Escala 1:100.000.  
Brasília: Serviço Geológico do Brasil/ CPRM.
- Araújo, C. E. G., Cordani, U. G., Basei, M. A. S., Castro, N. A., Sato, K., Sproesser, W. M.  
(2012). U-Pb detrital zircon provenance of metasedimentary rocks from the Ceará Central  
and Médio Coreau Domains, Borborema Province, NE-Brazil: Tectonic implications for  
a long-lived Neoproterozoic active continental margin. *Precambrian Research*, 206-207,  
36-51.
- Brito, M. F. L., Mendes, V. A. (2011). Compartimentação Tectônica da Folha Arapiraca. XIII  
Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos e VII International Symposium on Tectonics,  
286-289. Campinas.
- Brito, R. S. C., Pimentel, M. M., Wartho, J.-A., Dantas, E. J., Seixas, S. R., Morais, L. C.  
(2005). Brasileiro – Pan-African Sm-Nd and Ar-Ar dating results from the Canindé do  
São Francisco Gabros – Sergipano Belt-Brazil. *V South American Symposium on isotope  
Geology*, 205-207. Uruguay: SSAGI.
- Brito Neves, B. B. (1986) Tectonic regimes in the Proterozoic of Brazil. *XII Simposio de  
Geologia do Nordeste*, 235-251. João Pessoa: SBG.
- Brito Neves, B. B., Van Schmus W. R., Santos E. J., Campos Neto, M., Kozuch, M. (1995). O  
evento Cariris Velhos na Província Borborema: integração de dados, implicações e  
perspectivas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25, 279-296.
- Campos Neto, O. P. A., Souza-Lima, W., Cruz, F. E. G. (2007). Bacia de Sergipe-Alagoas. *B.  
Geoci. Petrobras*, 15(2), 405-415.
- Cawood, P. A., Nemchin, A. A. (2000). Provenance record of a rift basin: U/Pb ages of  
detrital zircons from the Perth Basin, Western Australia. *Sed. Geol.*, 134(3-4), 209-234.
- Davison, I., Santos, R. A. (1989). Tectonic Evolution of the Sergipano Fold Belt, NE Brazil,  
during the Brasileiro Orogeny. *Precambrian Research*, 45, 319-342.
- Fedo, C. M., Sircombe, K. N., Rainbird, R. H. (2003). Detrital zircon analysis of the  
sedimentary record. In: J. M. Hancher, P. W. O. Hoskin (Eds.), *Zircon: Reviews in  
Mineralogy and Geochemistry* (v. 53, 277–303). Washington: Mineralogical Society of  
America.
- Feijó, F. J. (1995). Bacia de Sergipe e Alagoas. *B. Geoci. Petrobras*, 8(1), 149-161.
- Galm, P. C., Santos, D. D. (1994). Caracterização de uma discordância de idade Pré-Aratu  
(Eocretáceo) na bacia de Sergipe/Alagoas. *Acta Geológica Leopoldensia*, 17(30/2): 555-  
562.
- Hallsworth, C. R., Morton, A. C., Clauoué-Long, J., Fanning, C. M. (2000). Carboniferous  
sand provenance in the Pennine Basin, UK: constraints from heavy mineral and detrital  
zircon age data. *Sed. Geol.*, 137(3-4), 147-185.

- Johnsson, M. J. (1993). The system controlling the composition of clastic sediments. In: M. J. Johnsson, A. Basu (Eds.), *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments*. USA: Geol. Soc. Am., 1-19. (Geological Society Special Publication, 284).
- Lima, M. M. C. (2013). Caracterização geoquímica, isotópica e geotectônica dos complexos Araticum e Arapiraca, Faixa Sergipana, Alagoas, Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado). Recife: Programa de Pós-Graduação em Geociências. UFPE
- Link, P. K., Fanning, C. M., Beranek, L. P. (2005). Reliability and longitudinal change of detrital-zircon age spectra in the Snake River system, Idaho and Wyoming: An example of reproducing the bumpy barcode. *Sed. Geol.*, 182, 102-142.
- Ludwig, K. R. (2012). ISOPLLOT v.3.75: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley: Berkeley Geochronology Center.
- Mange, M. A., Morton, A. C. (2007). Geochemistry of heavy minerals. *Developments in Sedimentology*, 58, 345-391.
- Medeiros, V. C. (2000). Folha SC.24-X: Aracaju NE. Escala 1:500.000. Brasília: PLGB/CPRM.
- Melo, A. M. Q. (2016). Caracterização química de zircão (MEV-EDS) aplicada ao estudo de proveniência. Monografia (Graduação). São Cristóvão: Departamento de Geologia. UFS.
- Melo, A. M. Q., Rosa, M. L. S., Conceição, H. (2016). Caracterização química de zircão (MEV-EDS) aplicada ao estudo de proveniência. *VIII Congreso Uruguayo de Geología*, 213-218. Montevideo: Sociedad Uruguaya de Geología.
- Mendes, V. A. (2010). Texto explicativo da Folha SC.24-X-D: Arapiraca. Escala: 1:250.000. Recife: CPRM.
- Mendes, V. A., Brito, M. F. L., Paiva, I. P. (2009). Folha SC.24-X-D: Arapiraca. Escala: 1:250.000. Recife: CPRM.
- Mendes, V. A., Brito, M. F. L., Santos, C. A. (2011). Zona de Cisalhamento Contracional de Palmeira dos Índios. Um possível Testemunho do Evento Cariris Velhos na Província Borborema. *XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos e VII International Symposium on Tectonics*, 290-293. Campinas.
- Mendes, V. A., Lima, M. A. B., Morais, D. M. F. (2015). Mapa de Recursos Minerais do Estado de Alagoas. Escala 1:250.000. Recife: CPRM.
- Mohriak, W. (1998). Crustal architecture and tectonic evolution of the Sergipe-Alagoas and Jacuípe basins, offshore northeastern Brazil. *Tectonophysics*, 288, 199-220.
- Mohriak, W. U., Bassetto, M., Vieira, I. S. (1997). Observações sobre a carta estratigráfica e a evolução tectono-sedimentar das bacias de Sergipe e Alagoas. *B. Geoci. Petrobras*, 11(1/2), 84-115.
- Morton, A. C. (1985). Heavy mineral in provenance studies. In: Zuffa G.G. (Ed.) *Provenance of Arenites* (249-278). Dordrecht: D. Reidel Pub.
- Morton, A. C., Clauqué-Long, J. C., Berge, C. (1996). SHRIMP constraints on sediment provenance transport history in the Mesozoic Staffjord Formation, North Sea. *J. Geol. Soc. London*, 153, 915-929.
- Morton, A. C., Hallsworth, C. R. (1994). Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sed. Geol.*, 90, 241-256.

- Morton, A. C., Whitham, A. G., Fanning, C. M. (2005). Provenance of Late Cretaceous to Paleocene submarine fan sandstones in the Norwegian Sea: Integration of heavy mineral, mineral chemical and zircon age data. *Sed. Geol.*, 182, 3-28.
- Nascimento, M. S., Góes A. M., Macambira M. J. B., Brod J. A. (2007). Provenance of Albian sandstones in the São Luís– Grajaú Basin (northern Brazil) from evidence of Pb–Pb zircon ages, mineral chemistry of tourmaline and palaeocurrent data. *Sed. Geol.*, 201(1-2), 21-42.
- Neves, S. P. (2015). Constraints from zircon geochronology on the tectonic evolution of the Borborema Province (NE Brazil): Widespread intracontinental Neoproterozoic reworking of a Paleoproterozoic accretionary orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, 58, 150-164.
- Neves S. P., Bruguier, O., Bosch, D., Silva, J. M. F., Mariano, G. (2008). U-Pb ages of plutonic and metaplutonic rocks in Southern Borborema Province (NE Brazil): timing of Brasiliano deformation and magmatism. *J. S. Am. Earth. Sci*, 25, 285-297.
- Oliveira, E. P., Bueno, J. F., McNaughton, N. J., Silva Filho, A. F., Nascimento, R. S., Donatti-Filho, J. P. (2015). Age, composition, and source of continental arc- and syn-collision granites of the Neoproterozoic Sergipano Belt, Southern Borborema Province, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 58, 257–280.
- Oliveira, E. P., Windley, B. F., Araújo, M. N. C. (2010). The Neoproterozoic Sergipano orogenic belt, NE Brazil: a complete plate tectonic cycle in western *Gondwana*. *Precambrian Res.*, 181, 64–84.
- Roback, R. C., Walker, N. W. (1995). Provenance, detrital zircon U-Pb geochronometry, and tectonic significance of Permian to Lower Triassic sandstone in southeastern Quesnellia, British Columbia and Washington. *Geol. Soc. Am. Bul.*, 107, 665-675.
- Santos, A. A. (2015). Proveniência dos sedimentos de porção aflorante do Membro Angico, Formação Riachuelo, da Sub-Bacia de Sergipe. Dissertação (Mestrado). São Cristóvão: Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias. UFS.
- Santos, E. J. (1995). Folha SC. 24-X: Floresta, Província Borborema, Nordeste do Brasil. Escala 1: 250.000. Recife: CPRM.
- Schaller, H. (1969). Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe/Alagoas. *B. Geoci. Petrobras*, 12(1), 21-86.
- Silva Filho, A. F., Guimaraes I. P., Luna, E. B. A. (1997) Rb-Sr and Sm-Nd studies of the Neoproterozoic juvenile metaluminous Tanquinho complex, PE-AL massif, NE Brazil. *Congresso Brasileiro de geoquímica*, v.2, 466-467. Porto Seguro.
- Silva Filho, A. F., Guimarães, I. P., Silva, J. M. R. (2002). Crustal evolution of the Pernambuco-Alagoas Complex; Borborema Province; NE Brazil; Nd isotopic data from Neoproterozoic granitoids. *Gond. Res.*, 5, 409-422.
- Silva Filho, A. F., Guimaraes I. P., Van Schmus W. R. (2000). High-K calc-alkaline granitoids of ca. 1.Ga TDM alog the limit PE-AL massif/Sergipano fold belt, NE Brazil: a Mesoproterozoic plate. *Revista Brasileira de Geociencias*, 30, 182-185.

- Silva Filho, A. F., Guimarães, I. P., Van Schmus, W. R., Armstrong, R. A., Rangel da Silva, J. M., Osako, L. S., Cocentino, L. M. (2014). SHRIMP U–Pb zircon geochronology and Nd signatures of supracrustal sequences and orthogneisses constrain the Neoproterozoic evolution of the Pernambuco–Alagoas domain, southern part of Borborema Province, NE Brazil. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 103(8), 2155–2190.
- Silva Filho, M. A., Acioly, A. C. A., Torres, H. H. F., Araújo, R. V. (2003). O Complexo Jaramataia no contexto do Sistema Sergipano. *Revista de Geologia*, 16, 99-110.
- Sircombe, K. N. (1999). Tracing provenance through the isotope ages of littoral and sedimentary detrital zircon, eastern Australia. *Sed. Geol.*, 124, 47-67.
- Sircombe, K. N. (2000) Quantitative comparison of large data sets of geochronological data using multivariate analysis: A provenance study example from Australia. *Geochim Cosmochim Acta* 64, 1593-1616
- Souza-Lima, W. (2008). Litoestratigrafia e evolução tectono-sedimentar da Bacia de Sergipe-Alagoas: A Formação Penedo (I). *Phoenix*, 110, 1-4.
- Souza-Lima, W. (2008). Litoestratigrafia e evolução tectono-sedimentar da Bacia de Sergipe-Alagoas: A Formação Penedo (II). *Phoenix*, 111, 1-4.
- Souza-Lima, W., Andrade, E. J., Bengtson, P., Galm, P. C. (2002). A Bacia de Sergipe-Alagoas: evolução geológica, estratigrafia e conteúdo fóssil. Aracaju: Fundação Paleontológica Phoenix.
- Souza-Lima, W., Borba C. (2008). Litoestratigrafia e evolução tectono-sedimentar da bacia de Sergipe-Alagoas: A Formação Barra de Itiúba (II). *Phoenix*, 109, 1-4.
- Van Schmus, W. R., Brito Neves, B. B., Hackspacher, P. C., Babinsky, M. (1995). U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, NE Brazil. *J. South Amer. Earth Sci.*, 8, 267-288.
- Vavra, G., Schmid, R., Gebauer, D. (1999). Internal morphology, habit and U-Th-Pb microanalysis of amphibolite-to-granulite facies zircons: geochronology of the Ivrea Zone (Southern Alps). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 134, 380-404.
- Vieira, M. M. (1991). Parâmetros controladores da qualidade de reservatórios profundos na Bacia de Sergipe-Alagoas. Dissertação (Mestrado). Ouro Preto: Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto.

**ANEXOS**

---

**COMPROVANTE DE SUBMISSÃO**


---

Capa > Usuário > Autor > Submissões > #126934 > Resumo

## #126934 Sinopse

RESUMO AVALIAÇÃO EDIÇÃO

### Submissão

**Autores** Alice Maria Queiroz de Melo  
**Título** Idades U-Pb de zircão detríticos e suas implicações na proveniência de sedimentos da Formação Penedo, Bacia de Sergipe-Alagoas, NE Brasil  
**Documento original** 126934-241801-1-SM.DOCX 2017-02-15  
**Docs. sup.** Nenhum(a) [INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR](#)  
**Submetido por** Sra Alice Maria Queiroz de Melo   
**Data de submissão** February 15, 2017 - 04:44 PM  
**Seção** Artigos  
**Editor** Nenhum(a) designado(a)

### Situação

**Situação** Aguardando designação  
**Iniciado** 2017-02-15  
**Última alteração** 2017-02-15

### Metadados da submissão

[EDITAR METADADOS](#)

#### Autores

**Nome** Alice Maria Queiroz de Melo   
**Instituição/Afiliação** Universidade Federal de Sergipe  
**País** —  
**Resumo da Biografia** —  
**Contato principal para correspondência.**

#### Título e Resumo

**Título** Idades U-Pb de zircão detríticos e suas implicações na proveniência de sedimentos da Formação Penedo, Bacia de Sergipe-Alagoas, NE Brasil  
**Resumo** A Formação Penedo representa um sistema flúvio-deltaico de padrão entrelaçado pertencente ao estágio rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas. Este trabalho foi realizado na seção aflorante, que deu o nome a esta unidade, localizada na cidade de Penedo, estado de Alagoas e denominada de PDO-01. A metodologia de estudo constituiu de análise de paleocorrente aliada a datação U-Pb de cristais de zircão detríticos por Espectrometria de Massa por Ablação a Laser. O registro sedimentar de paleocorrentes indicaram aporte vindo de norte, enquanto os cristais analisados apresentam idades variando do Mesozoico (3.098 ± 33 Ma) ao Paleozóico (530 ± 12 Ma) e foram reunidos em 5 grupos de fontes. Desta análise conjunta foram propostas as seguintes fontes de proveniência: para o primeiro grupo, os granitos neoproterozóicos (≈670 Ma) pertencentes ao Domínio Pernambuco-Alagoas; no segundo as rochas do Complexo Cabrobó (≈0,9 a 1,2 Ga); para o terceiro grupo, as rochas do Complexo Arapiraca com idades paleoproterozóicas (≈1,6 a 2,2 Ga); para o quarto e o quinto grupos, as rochas do Complexo Nicolau Campo Grande, no Domo Jirau do Ponciano com idades neoproterozóicas (≈2,4 a 3,0 Ga).

#### Indexação

**Área e sub-área do Conhecimento** Ciências Exatas e da Terra; Geologia; Geociências  
**Palavras-chave** Análise de proveniência; Datação U-Pb; LA-ICP-MS; Formação Penedo; Bacia de Sergipe-Alagoas  
**Idioma** pt

#### Agências de fomento

**Agências** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe; Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral-UFES

#### IDIOMA

#### USUÁRIO

Legado como:

**meloalice**

- [Meus periódicos](#)
- [Perfil](#)
- [Sair do sistema](#)

#### AUTOR

Submissões

- [Ativo](#) (1)
- [Arquivo](#) (0)
- [Nova submissão](#)

#### CONTEÚDO DA REVISTA

Pesquisa

Escopo de Busca

Todos 

Procurar

- [Por Edição](#)
- [Por Autor](#)
- [Por título](#)
- [Outras revistas](#)

#### TAMANHO DE FONTE



#### NOTIFICAÇÕES

- [Visualizar](#)
- [Gerenciar](#)

#### ARTIGOS MAIS VISUALIZADOS

» [Aplicação da técnica de oxidação química in situ com permanganato de potássio para a remediação de um aquífero raso contaminado por solventes clorados](#)  
**2760 Visualizações desde: 2012-12-01**

» [Estratigrafia dos Derrames de Basaltos da Formação Serra Geral \(Ribirão Preto - SP\) Baseada na Geologia Física, Petrografia e Geoquímica](#)  
**1485 Visualizações desde: 2010-07-01**

» [Geologia e caracterização tecnológica do minério de manganês da mina Córrego do Cocho, Itapira \(SP\)](#)  
**1343 Visualizações desde: 2011-12-01**

» [Diamictitos e "Cap Dolomites" sturtianos sobre o grupo Jacobina - Araras, Norte de Campo Formoso - Bahia](#)  
**1310 Visualizações desde: 2008-10-01**

» [Evolução sedimentar miocênica nos estados do Pará e Maranhão](#)

---

**RESUMO EXPANDIDO APRESENTADO EM CONGRESSO**

---



**VIII Congreso**  
  
**Uruguayo de**  
**Geología**

I Simposio de  
**Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata**

---

17, 18 y 19 de Noviembre de 2016  
**Montevideo, Uruguay**

**Compiladores:**  
Gaucher, C. y Montañó, J.



**ACTAS**

ISBN: 978-9974-8434-5-5



**C\_11. Petrología y Geoquímica**

**026 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE ZIRCÃO (MEV-EDS) APLICADA AO ESTUDO DE PROVENIÊNCIA.**

Melo, Alice Maria Queiroz<sup>1</sup>; Rosa, Maria Lourdes Silva<sup>1</sup>; Conceição, Herbert<sup>1</sup>

1 - Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias, Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral, Universidade Federal de Sergipe.  
Contacto: alicemqm@gmail.com

Resumen:

Chemical analyzes of detrital zircons have been widely used in provenance studies, not only to identify ages, but also to discriminate rock-sources. Therefore, this study aimed to analyze the chemical composition of zircon crystals of igneous bodies from Orogenic Sergipano System and its basement to compare with the zircon grains chemistry from Penedo Formation (Basin of Sergipe-Alagoas) in order to infer about possible rocks-source and verify if this technique is useful for this purpose. 465 crystals from six igneous units and one sedimentary unit were analyzed. In each crystal was executed 4 to 9 spot chemical analysis, totaling approximately 2900 analyzes. The chemical composition was determined by EDS-MEV for the elements Zr, Si, Hf, Th, U, Pb, Yb and Nb. The data were analyzed using descriptive statistics and binaries diagrams. The results led to distinguish crystals groups with which it was possible to attest the usefulness of this technique and infer that most zircon crystals of Penedo Formation were not from the units analyzed here, but probably from basic igneous or mantle rocks.

*Palabras claves: Zircon, Mineral Chemistry, Provenance, EDS-MEV, Brazil*

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE ZIRCÃO (MEV-EDS) APLICADA  
AO ESTUDO DE PROVENIÊNCIA**

**Melo, A. M. Q.<sup>1</sup>; Rosa, M. L. S.<sup>1</sup>; Conceição, H.<sup>1</sup>**

1- Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias, Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral, Universidade Federal de Sergipe;  
e-mail: alicemqm@gmail.com

**ABSTRACT**

Chemical analyzes of detrital zircons have been widely used in provenance studies, not only to identify ages, but also to discriminate rock-sources. Therefore, this study aimed to analyze the chemical composition of zircon crystals of igneous bodies from Orogenic Sergipano System and its basement to compare with the zircon grains chemistry from Penedo Formation (Basin of Sergipe-Alagoas) in order to infer about possible rocks-source and verify if this technique is useful for this purpose. 465 crystals from six igneous units and one sedimentary unit were analyzed. In each crystal was executed 4 to 9 spot chemical analysis, totaling approximately 2900 analyzes. The chemical composition was determined by EDS-MEV for the elements Zr, Si, Hf, Th, U, Pb, Yb and Nb. The data were analyzed using descriptive statistics and binaries diagrams. The results led to distinguish crystals groups with which it was possible to attest the usefulness of this technique and infer that most zircon crystals of Penedo Formation were not from the units analyzed here, but probably from basic igneous or mantle rocks.

Key Words: Zircon, Mineral Chemistry, EDS-MEV, Provenance, Brazil

## INTRODUÇÃO

Trabalhos com química mineral de zircão têm sido amplamente empregados em estudos de proveniência, não apenas para identificar as idades das fontes, mas também para discriminar rochas-fontes com base em suas variações químicas (Heaman et al. 1990, Owen 1987, Hoskin & Ireland 2000, Belousova et al. 2002).

O objetivo desta pesquisa foi analisar a composição química pontual de cristais de zircão de rochas graníticas (*lato sensu*) do Sistema Orogênico Sergipano (SOS) e seu embasamento para comparar com a composição de grãos de zircão detríticos da Formação Penedo, da Bacia de Sergipe-Alagoas (BSA), utilizando-se de Microscópio Eletrônico de Varredura acoplado a Espectrômetro de Energia Dispersiva (MEV-EDS), no intuito de verificar a utilidade desta técnica para inferir sobre possíveis rochas-fontes em estudos de proveniência.

Para tanto foram utilizados dois *mounts* de cristais de zircão cedidos pelo Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral (LAPA-UFS), Condomínio de Laboratórios Multiusuários das Geociências – CLGeo, da Universidade Federal de Sergipe. Os concentrados de cristais de zircão foram obtidos por meio de metodologia clássica e os *mounts* confeccionados pelo Centro de Pesquisa Geocronológica da USP (CPGeo).

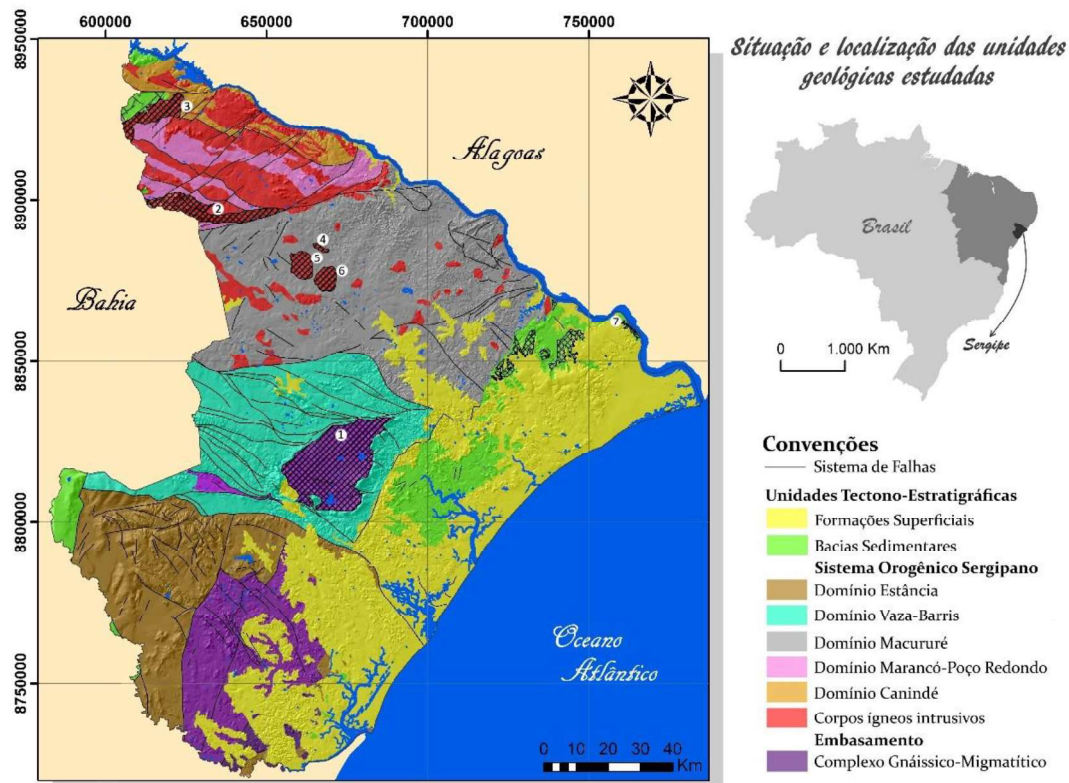
Foi usado MEV, marca Tescan® modelo Vega3, pertencente ao LAPA-UFS. Acoplados ao MEV, o EDS foi empregado para obtenção de dosagens químicas pontuais e o imageamento por Elétron Retroespalhado (BSE), utilizado para escolha do ponto, evitando-se fraturas e outras discontinuidades. As análises foram para os elementos: Zr, Si, Hf, Th, U, Pb, Yb e Nb em 4 pontos de 113 grãos da única amostra da Fm Penedo e entre 8 e 9 pontos em 352 cristais de 10 mostras de 6 corpos do SOS e seu embasamento – totalizando cerca de 2900 análises.

Foram calculadas as médias das análises elementares para cada cristal e verificada a validade dos dados por meio da soma dos óxidos e do cálculo da fórmula estrutural do cristal. Foi observada a estatística descritiva e plotados diagramas binários, por meio dos softwares Microsoft Office Excel® e GCDKit 4.0 (Janoušek et al. 2006). As rochas investigadas localizam-se no estado de Sergipe, nordeste do Brasil, são identificadas no mapa da FIGURA 1.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

A geologia da região de interesse abrange a porção centro-norte do estado de Sergipe, nordeste do Brasil. Está inserida no setor meridional da Província Borborema e inclui os terrenos do

embasamento arqueano (Complexo Gnaissico-Migmatítico do Domo de Itabaiana), o Sistema Orogênico Sergipano (composto pelos Domínios Canindé, Poço Redondo-Marancó, Macururé, Vaza-Barris, Estância e seus corpos intrusivos) e parte da Província Costeira, composta pelas bacias sedimentares mesozoicas de Sergipe-Alagoas, além de coberturas recentes (FIGURA 1).



**FIGURA 1:** Mapa de situação e localização das unidades geológicas estudadas. Unidades investigadas: 1- Domo de Itabaiana, 2- Serra do Brejo, 3- Maciço Serra Negra, 4- Stock lagoa do Roçado, 5- Stock Glória Norte; 6- Stock Glória Sul e 7- Formação Penedo.

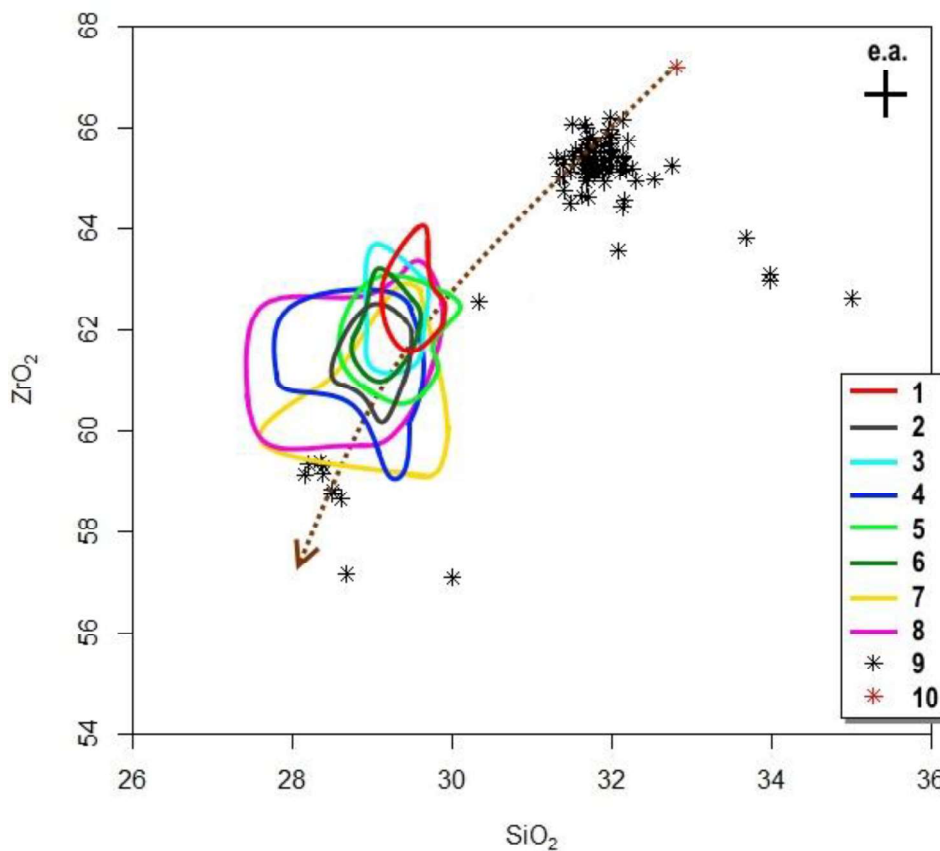
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os cristais de zircão dos corpos ígneos apresentam composição com média de 61,6% de  $ZrO_2$ , variando de 55,2% a 64%. Média de 29,2% de  $SiO_2$ , variando de 27,5% a 31,1%. Enquanto os grãos da Formação Penedo possuem maiores amplitudes, apresentam média de 64,5% de  $ZrO_2$ , variando de 57,1% a 66,2%, e média de 31,6% de  $SiO_2$ , variando de 28,2% a 35,0%.

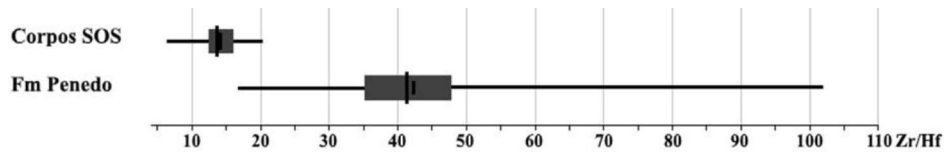
O diagrama da FIGURA 2 corrobora trabalhos como Wark & Miller (1993) e Belousova et al. (2002), que afirmaram que a concentração em Hf no zircão tende a aumentar com a diferenciação magmática. Neste diagrama, os cristais da Fm Penedo agrupam-se em dois campos distintos: a maior parte ocupa campo dos cristais que sofreram menos substituições durante sua cristalização (quando comparados aqueles dos corpos ígneos aqui analisados).

Levando em consideração o conteúdo de Hf, amplamente utilizado por outros autores (Heaman et al. 1990; Pupin 2000; Hoskin & Schaltegger 2003; Belousova et al. 2002; Pérez-Soba et al. 2007), os grãos da Fm Penedo também se diferenciam dos cristais dos corpos ígneos do SOS. O conteúdo de HfO<sub>2</sub> dos cristais dos corpos ígneos variam de 2,5% a 7,2%, com média de 3,8%. Já os cristais da Fm Penedo variam de 0,5% a 3,0% de HfO<sub>2</sub>, com média de 1,3%. O que, segundo Heaman et al. 1990, inclui valores definidos para cristais de rochas mais básicas.

As razões Zr/Hf, utilizada como índice de diferenciação magmática (Pupin 2000, Pérez-Soba et al. 2007), para os cristais dos corpos ígneos investigados não mostraram diferenças significativas, variam de 7,3 a 20,3, com média de 13,8. São valores baixos, e também distintos daqueles encontrados para os cristais da Formação Penedo, cujos valores de Zr/Hf variam de 17,3 a 101,9, com média de 42,5. Sugerindo fontes relacionadas a cristais de origem mantélica, ou rochas básicas e alcalinas (Pavlenko et al. 1957 apud Pérez-Soba et al. 2007; Pupin 2000).



**FIGURA 2:** Diagrama binário SiO<sub>2</sub> vs ZrO<sub>2</sub>. Cada ponto representa a média de valores para um cristal de zircão. Os campos coloridos foram definidos com base nos pontos dos cristais das seguintes unidades geológicas: 1: granodiorito metaluminoso do Maciço Lagoa do Roçado; 2: trondhjenito do Domo de Itabaiana; 3: monzonito metaluminoso do Stock Glória Norte; 4: granito metaluminoso do Stock Glória Norte; 5: granito peraluminoso do Stock Serra do Brejo; 6: sienito metaluminoso do Stock Serra do Brejo; 7: granito peraluminoso Maciço Serra Negra; 8: granito peraluminoso do Stock Glória Sul; 9: Arenito da Fm Penedo; 10: zircão estequiométrico; e.a.: erro analítico do equipamento.



**FIGURA 3:** Comparação dos valores de Zr/Hf em cristais de zircão do SOS e da Fm Penedo. *Box-plots* mostram o 1° e 3° quartis. A mediana (linha menor), a média (linha maior) e o máximo e mínimo pela linha horizontal.

## CONCLUSÕES

O estudo de química de zircão com MEV-EDS aplicado a proveniência pode ser muito útil para diferenciar proveniências de rochas mais básicas daquelas mais ácidas, ou discriminar origens mais mantélicas ou mais crustais. Todavia, recomenda-se o uso de técnicas consagradas como a geocronologia aliada à análise de paleocorrente, caso o intuito seja definir proveniências.

Neste caso, os grãos detríticos da Fm Penedo investigados são, em sua maioria, provenientes de outros corpos do embasamento, visto que os campos definidos nos digramas para estes cristais não se sobrepõem, mesmo quando considerado o erro analítico do equipamento. Por seu quimismo seriam provenientes de corpos mais básicos, ou mesmo, com afinidade mantélica.

### *Agradecimentos*

*Alice Maria Queiroz de Melo é bolsista CAPES. Ao CNPQ (Processo 473013/2012-4 Universal 2013). Ao Condomínio de Laboratório Multiusuários das Geociências – CLGeo.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belousova, E.A., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y. & Fisher, N.I. 2002. Igneous zircon: Trace elemento composition as an indicator of source rock type. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 143: 602-622.
- Heaman, L. M., Bowins, R., Crocket, J. 1990. The chemical composition of igneous zircon suites: implications for geochemical tracer studies. *Geoch. Cosm. Acta*, 54: 1597-1607.
- Hoskin, P.W.O. & Ireland, T.R. 2000. Rare earth element chemistry of zircon and its use as a provenance indicator. *Geol.*, 28: 627-630.
- Hoskin, P.W.O. & Schaltegger, U. 2003. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53: 27-62
- Janousek, V., Farrow, C.M., Eeban, V. 2006. Interpretation of Whole-rock Geochemical Data in Igneous Geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDKit). *Journal of Petrology*, 47: 1255-1259.
- Owen, M.R. 1987. Hafnium content of detrital zircons: A new tool for provenance study. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57: 824-830.
- Pérez-Soba, C., Villaseca, C., Gonzáles, Del Tánago J. 2007. The Composition of zircon in heperaluminous hercynian granites of the Spanish Central System Batholith. *The Canadian Mineralogist*, 45:509-527.
- Pupin, J.P. 2000. Granite genesis related to geodynamics from Hf–Y in zircon. *Trans. R. Soc. Edinb. Earth Sci*, 91: 245-256.
- Wark, D.A., Miller, C.F. 1993. Accessory mineral behavior during differentiation of a granite suite: monazite, xenotime and zircon in the Sweetwater Wash pluton, southeastern California, U.S.A. *Chem Geol*, 110: 49-67.