



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA**

---

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**METODOLOGIA U-Pb EM ZIRCÃO POR LA-Q-ICP-MS NO  
LABORATÓRIO PARÁ-ISO/UFPA**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:**

**CAIO CRUZ DE MIRANDA**

**Orientador: Prof. Dr. João Marinho Milhomem Neto (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(a) autor(a)**

---

M672m Miranda, Caio Cruz de.  
Metodologia U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS no laboratório Pará-Iso/UFPA / Caio Cruz de Miranda. — 2023.  
xii, 58 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. João Marinho Milhomem Neto Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2023.

1. Geocronologia. 2. U-Pb em zircão. 3. LA-Q-ICP-MS. 4. Cráton Amazônico. I. Título.

CDD 551.701

---



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA**

---

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**METODOLOGIA U-Pb EM ZIRCÃO POR LA-Q-ICP-MS NO  
LABORATÓRIO PARÁ-ISO/UFGA**

Apresentado por:

**CAIO CRUZ DE MIRANDA**

Como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia, área de Geoquímica, linha de pesquisa em Geocronologia e Geoquímica Isotópica.

Data da aprovação: 06/06/2023

Conceito: EXCELENTE

Banca Examinadora:

---



Prof. Dr. João Marinho Milhomem Neto  
(Orientador – UFPA)

Documento assinado digitalmente



ANDREIA CARDOSO PEREIRA PAZ  
Data: 12/06/2023 17:02:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Andreia Cardoso Pereira  
(Membro – UFPA)

Documento assinado digitalmente



MARCO ANTONIO GALARZA TORO  
Data: 13/06/2023 10:10:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro  
(Membro – UFPA)

*À minha família:  
Débora e Mauro, meus pais.  
À minha esposa Amanda e meu filho, José Antônio.  
Às minhas tias, Silvia, Sandra, Cecília, Rose e Rosa.*

## AGRADECIMENTOS

Registro neste espaço os meus sinceros agradecimentos às instituições e pessoas que contribuíram de alguma maneira para a realização deste trabalho, em especial:

- À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Geociências (IG), e à Faculdade de Geologia (FAGEO) pela infraestrutura disponibilizada para realização desta pesquisa;

- Ao Laboratório de Geologia isotópica da UFPA (Pará-Iso), por toda a infraestrutura e suporte instrumental disponibilizado para a realização do levantamento de dados das análises isotópicas, em especial aos professores e bolsistas por toda a contribuição neste trabalho;

- Ao Grupo de Pesquisa em Geologia Isotópica da UFPA, especialmente aos Amaparaenses, por todo o apoio com a disponibilização dos dados analisados por cada um em seus trabalhos de TCC, Mestrado e Doutorado, da metodologia descrita neste trabalho;

- Ao Programa de Apoio Estratégico a Projetos Emergentes (PAEPE) da PROPESP-UFPA (Edital 14/2020, processo 23073.021030/2020-53) pelo auxílio financeiro concedido ao Prof. João Marinho Milhomem Neto e que foram utilizados exclusivamente para a aquisição de gases especiais para implantação da metodologia U-Pb em minerais por LA-Q-ICP-MS;

- Aos demais alunos e bolsistas do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da UFPA que também realizaram suas análises utilizando o método U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS e contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho;

- Aos meus pais, Débora e Mauro, as minhas tias maternas queridas, aos meus Avós Antônio e Rosemiro (*in memorian*), às minhas avós Osalina e Natalina, e meus primos e primas, por todo carinho, atenção, ensinamentos e orientações concedidos a minha pessoa e sempre me incentivando a trilhar caminhos em busca dos meus objetivos em todas as minhas fases desde a escola;

- À minha amada e eterna esposa Amanda Barreto por todo o amor, carinho, compreensão, apoio e dedicação dados a mim em todas as fases de desenvolvimento deste trabalho e etapa final da graduação, juntamente ao nosso filho José Antônio;

- Ao meu sogro José Barreto e sogra Carla Chagas, por todo apoio e suporte incondicional durante o fechamento deste trabalho e de vida;

- Ao meu orientador Prof. Dr. João Marinho Milhomem Neto (UFPA) por sua confiança, amizade, disponibilidade, compreensão e paciência demonstrados ao longo do desenvolvimento deste trabalho, contribuindo para meu crescimento acadêmico e profissional com seus ensinamentos e incentivos desde as aulas, práticas de campo e durante o

desenvolvimento deste trabalho;

- Ao Geólogo Msc. João Alberto pelos ajustes e adaptações desenvolvidos na macro Excel utilizada no presente trabalho para redução dos dados adquiridos para o desenvolvimento deste trabalho;

- Aos funcionários do Instituto de Geociências e da Faculdade de Geologia, pela imensa contribuição para a realização e andamento das atividades de rotina e de campo durante a graduação especialmente ao Prof. Dr. Fábio Domingos, atual diretor da FAGEO, motoristas (Evaldo, Raimundo Nazareno e outros) e aos técnicos-administrativos (Afonso Quaresma, Afonso Ferreira e Bruno Veras).

- Ao Prof. Dr. Vladimir Távora, por todas as oportunidades concedidas a mim durante a graduação, além de muitas orientações acadêmicas, profissionais e de vida, e pelo convite para ser monitor da prática de Paleontologia durante a graduação, além de outras atividades acadêmicas e de extensão;

- Ao Prof. Dr. Welson Cardoso (ICSA/FASS/UFGA) pela oportunidade de estagiar no Projeto de Extensão Escola Cidadã e Popular da Amazônia, da Faculdade de Serviço Social, durante um ano da graduação e que muito contribuiu para meu desenvolvimento profissional e pessoal, contribuindo no acesso de jovens estudantes da rede pública à um ensino preparatório digno para entrada na universidade através do ENEM;

- Aos meus queridos amigos da turma GEO16, pelo acolhimento no momento em que adentrei a universidade ainda no ano de 2017, amizade, apoio e por todas as experiências compartilhadas durante a graduação e que certamente serão lembradas com muito carinho, especialmente aqueles em que tive o prazer de formar equipes e compartilhar histórias e saberes: Gabriel Favacho, Iolanda Gomes, Pedro Oliveira, Pedro Batista, Maylom Paixão, Victor Vale, Talita Esteves, Wivian Rodrigues e ao amigo Wyllyams Soares (GEO17);

- Aos meus queridos amigos das turmas GEO14, GEO15 e GEO12 Artur Sarmento, Argel Soares, Izabelle Serrão, Gabriel Salomão, Gabriel Pontes e Dominique, por todos os momentos que compartilhamos em várias etapas da graduação durante meu início como estudante na UFGA, e em especial o momento de organização do 15º Simpósio de Geologia da Amazônia, o qual tivemos a excelente oportunidade de contribuir na organização enquanto estudantes, à convite do Prof. Dr. Paulo Gorayeb.

- Por fim, agradeço a todos que participaram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, adiantando meus sinceros pedidos de desculpas pelos que aqui não foram citados por mero esquecimento, mas que com certeza foram importante para meu desenvolvimento profissional, pessoal e pela conclusão desta etapa em minha vida.

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido com vistas à implantação e descrição detalhada do protocolo experimental da metodologia U-Pb em zircão por espectrometria de massa em equipamento com fonte plasma indutivamente acoplada, modelo *iCAP-Q* da marca *Thermo Fisher*, com sonda a *laser Nd: YAG LSX-213 G2 CETAC* e analisador de massa do tipo *Quadrupolo* (LA-Q-ICP-MS), pertencentes ao Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (Pará-Iso). O sistema geocronológico U-Pb é utilizado pela comunidade geocientífica há mais de 30 anos, sendo na atualidade uma ferramenta com alta *performance* em análises pontuais em diferentes minerais. Ao longo dos anos, diversos estudos foram realizados visando aprimorar os resultados obtidos pelo método urânio – chumbo, contudo, os protocolos analíticos da técnica LA-Q-ICP-MS ainda são pouco difundidos na literatura. O procedimento experimental utilizado neste estudo foi adaptado a partir daquele já em rotina no Pará-Iso para as análises em zircão por LA-ICP-MS multicoletor. Os materiais de referência (MRs) adotados para a validação da metodologia constituem-se de zircões já instituídos como MRs internacional (BB, 91500 e Mud Tank), e foram analisados repetidas vezes em diferentes sessões analíticas para testar a confiabilidade, precisão e reprodutibilidade do método e dos dados analíticos. A verificação de exemplos de aplicação geológica se deu a partir das diversas análises realizadas por diferentes pesquisadores em níveis de Graduação, Mestrado e Doutorado, no âmbito do Pará-Iso, em diferentes tipos de rocha e vários ambientes geológicos (Cráton Amazônico, Província Borborema, Faixa Paraguai, Zona Iberiana Central-Portugal e Cráton São Luís), destacando-se a Província Carajás (Sudeste do Cráton Amazônico) como o terreno mais estudado (n=2107). As análises por LA-Q-ICP-MS realizadas durante os anos de 2021 e 2022 no zircão BB forneceu uma idade média  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de  $560 \pm 1$  Ma (MSWD= 1,12; n=373); para o zircão 91500 a idade calculada foi de  $1069 \pm 4$  Ma (MSWD=1,5; n= 43) e de  $730 \pm 17$  Ma (MSWD=1,3; n= 30) para o zircão Mud Tank. Estes resultados corroboram com os dados publicados por outros autores e laboratórios, mostrando excelente acurácia, reprodutibilidade e precisão de 0,09% a 0,18% da metodologia U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS no Laboratório Pará-Iso, já em rotina e à disposição da comunidade geocientífica.

**Palavras-chave:** geocronologia; U-Pb em zircão; LA-Q-ICP-MS; Cráton Amazônico.

## ABSTRACT

This work was developed in order to the implementation and detailed description of the experimental protocol of the U-Pb methodology in zircon by mass spectrometry in equipment with inductively coupled plasma source, model iCAP-Q from Thermo Fisher brand, with laser probe Nd: YAG LSX-213 G2 CETAC and Quadrupole type mass analyzer (LA-Q-ICP-MS), belonging to the Isotopic Geology Laboratory of the Federal University of Pará (Pará-Iso). The U-Pb geochronological system has been used by the geoscientific community for over 30 years and is currently a tool with high performance in specific analyzes of different minerals. Over the years, several studies have been carried out to improve the results obtained by the uranium-lead method, however, the analytical protocols of the LA-Q-ICP-MS technique are still little known in the literature. The experimental procedure used in this study was adapted from that already routinely used in Pará-Iso for zircon analysis by multi-collector LA-ICP-MS. The reference materials (RMs) adopted for the validation of the methodology consist of zircons already established as international RMs (BB, 91500 and Mud Tank), and were analyzed repeatedly in different analytical sessions to test the reliability, precision and reproducibility of the method and analytical data. The verification of examples of geological application was based on the various analyzes carried out by different researchers at Graduation, master's and Doctorate levels, within the scope of Pará-Iso, in different types of rock and various geological environments (Amazonian Craton, Borborema Province, Paraguay Belt, Central Iberian Zone-Portugal and São Luís Craton), highlighting the Carajás Province (Southeast of the Amazonian Craton) as the most studied terrain (n=2107). LA-Q-ICP-MS analyzes performed during the years 2021 and 2022 on zircon BB provided a mean  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  age of  $560 \pm 1$  Ma (MSWD= 1.12; n=373); for zircon 91500 the calculated age was  $1069 \pm 4$  Ma (MSWD=1.5; n= 43) and  $730 \pm 17$  Ma (MSWD=1.3; n= 30) for zircon Mud Tank. These results corroborate data published by other authors and laboratories, showing excellent accuracy, reproducibility, and average precision from 0,09% to 0.18% of the U-Pb methodology in zircon by LA-Q-ICP-MS at the Pará-Iso Laboratory, already in routine and available to the geoscientific community.

**Keywords:** geochronology; zircon U-Pb; LA-Q-ICP-MS; Amazonian Craton.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Um dos cristais de zircão BB utilizado no Laboratório Pará-Iso/UFPA, cedidos por Maristela Santos da UFOP. a) fragmento de cristal in natura; b) cristal preparado no mount.....	6
Figura 2 – Fragmentos do zircão 91500 utilizados no Laboratório Pará-Iso/UFPA. a) aspecto in natura; b) inseridos no mount de resina epóxi.....	7
Figura 3 – Fragmento do zircão Mud Tank utilizado no Laboratório Pará-Iso/UFPA, cedido pelo Prof. Mauro Geraldês da UERJ. a) aspecto in natura; b) preparado no mount de resina epóxi após tratamento térmico (thermal annealing).....	7
Figura 4 - Relatório editado de <i>Performance</i> realizada no <i>iCAP-Q</i> do Laboratório Pará-Iso em 11/11/2022. São ilustradas, em tabelas e gráficos, as condições gerais de configuração e sensibilidade do equipamento, bem como os valores limites estabelecidos pelo fabricante e os obtidos durante o teste para alguns dos principais analitos.....	9
Figura 5 - Célula de colisão <i>Qcell</i> que compõe o <i>iCAP-Q</i> (Thermo Fisher 2012).....	11
Figura 6 – Gráfico gerado no Software Qtegra durante uma análise U-Pb no zircão BB por LA-Q-ICP-MS, mostrando o tempo em segundos e a intensidade do sinal em “cps” para as principais massas analisadas. Pode-se observar um sinal entre 30 e 40 mil cps do isótopo $^{207}\text{Pb}$ .....	12
Figura 7 – Fluxo analítico adotado no Pará-Iso para as análises pontuais U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS.....	13
Figura 8 – Macro Excel para tratamento e redução dos dados obtidos no <i>iCAP-Q</i> utilizada no Pará-Iso e adaptada de Farid Chemale Jr. & Koji Kawashita 2012.....	15
Figura 9 – Macro Excel para tratamento e redução dos dados obtidos no <i>iCAP-Q</i> utilizada no Pará-Iso e adaptada de (Chemale Jr. & Koji Kawashita 2012).....	16
Figura 10 - Série de Decaimento $^{238}\text{U}$ . (IAG. USP, 2002).....	17
Figura 11 - Serie de Decaimento $^{235}\text{U}$ . Extraído de (IAG. USP, 2002).....	18
Figura 12 - Serie de Decaimento $^{232}\text{Th}$ . Extraído de (IAG. USP, 2002).....	19
Figura 13 - Diagrama de Concórdia (ou diagrama de Wetherill) U-Pb ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ x $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ). Pontos analíticos sobre a curva concórdia representam idades concordantes; pontos analíticos ao longo da curva discórdia representam idades discordantes. (Sato <i>et al.</i> 2002). .....	20
Figura 14 - Desenho esquemático do espectrômetro de massa com fonte gasosa (Adaptado de Sato & Kawashita 2002).....	21

Figura 15 - Representação esquemática dos pólos presentes no Q-ICP-MS e aceleração dos íons (Sato & Kawashita 2002). .....	22
Figura 16 - Laser Nd:YAG LSX-213 G2 (Cetac 2016).....	23
Figura 17 - Desenho esquemático do Sistema de Ablação a Laser LSX-213G2 (Cetac 2016). ...	23
Figura 18 - Diagrama Concórdia para análises no zircão BB por LA-Q-ICP-MS durante o ano de 2021. ....	25
Figura 19 – Razões médias ponderadas obtidas por LA-Q-ICP-MS para o zircão BB no ano de 2021 (n=151): a) $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ; b) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ; c) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . ....	26
Figura 20 - Diagrama Concórdia para análises no zircão BB por LA-Q-ICP-MS durante o ano de 2022. ....	27
Figura 21 - Razões médias ponderadas obtidas por LA-Q-ICP-MS para o zircão BB no ano de 2022 (n=222). a) $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ; b) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ c) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ .....	28
Figura 22 - Diagrama concórdia para idades obtidas no zircão 91500 durante o ano de 2021 por LA-Q-ICP-MS. ....	29
Figura 23 - Razões médias ponderadas obtidas por LA-Q-ICP-MS para o zircão 91500 no ano de 2021(n=27). a) $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ; b) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ c) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ .....	29
Figura 24 - Diagrama Concórdia para idades obtidas no zircão 91500 durante o ano de 2021 por LA-Q-ICP-MS. ....	30
Figura 25 - Razões médias ponderadas obtidas por LA-Q-ICP-MS para o zircão 91500 no ano de 2022 (n=16). a) $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ; b) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ c) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ .....	31
Figura 26 - a) Diagrama Concórdia para idade obtida no zircão MudTank durante o ano de 2021 (n=30) por LA-Q-ICP-MS b) Idade média ponderada $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ .....	32
Figura 27 – Diagramas Concórdias das idades obtidas nos Mrs estudados nos anos 2021 e 2022 e gráficos de média ponderada obtidos nos Mrs. a) Zircão BB; b) Zircão 91500; c) Zircão Mud Tank; d) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ MR 91500; e) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ MR BB.....	33
Figura 28 – Levantamento estatístico das análises realizadas por tipo de rocha. ....	34
Figura 29 – Gráfico estatístico do total de análises realizadas por ambiente geotectônico e região nos anos de 2021 e 2022.....	35
Figura 30 – Detalhamento das análises realizadas no Cráton Amazônico durante os anos 2021 e 2022. ....	36
Figura 31 – Estatística de orientação docente vs. quantitativo de análises realizadas no âmbito da FAGEO e PPGG/UFPA no Pará-Iso, utilizando a metodologia U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS.....	41

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Síntese das idades e concentrações de U e Pb dos zircões usados como materiais de referência para análises isotópicas por LA-Q-ICP-MS no Pará-Iso/UFPA .....	8
Tabela 2 - Parâmetros instrumentais para o sistema LA-Q-ICP-MS.....	11
Tabela 3- Síntese das razões isotópicas médias obtidas e idades calculadas para os zircões BB, 91500 e Mud Tank. Dados da literatura (em itálico) são também apresentados para comparação.....	24
Tabela 4- Síntese dos trabalhos acadêmicos desenvolvidos no âmbito da FAGEO e do PPGG/UFPA que realizaram análises U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS no Pará-Iso/UFPA.....	37

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	v
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	4
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	5
3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....	5
3.2 SELEÇÃO DOS MATERIAIS DE REFERÊNCIA DE ZIRCÃO .....	5
<b>3.2.1 Zircão BB</b> .....	5
<b>3.2.2 Zircão 91500</b> .....	6
<b>3.2.3 Zircão Mud Tank</b> .....	7
3.3 METODOLOGIA U-Pb EM ZIRCÃO POR LA-Q-ICP-MS .....	8
<b>4 O MÉTODO ISOTÓPICO U-Pb E APLICAÇÕES EM ZIRCÕES POR LA-ICP-MS ...</b>	<b>17</b>
<b>5 INSTRUMENTAÇÃO DOS ESPECTRÔMETROS DE MASSA ICP-MS</b> .....	<b>21</b>
<b>6 RESULTADOS</b> .....	<b>24</b>
6.1 MATERIAIS DE REFERÊNCIA INTERNACIONAL PARA O MÉTODO U-Pb .....	24
6.2 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO GEOLÓGICA .....	34
<b>7 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>44</b>
<b>APÊNDICE A- Tabela de dados U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS dos materiais de referência</b> .....	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos geocronológicos utilizando o sistema isotópico urânio–chumbo (U–Pb) foram publicados por Holmes (1911) e posteriormente por Holmes e Lawson (1927). Estes trabalhos consolidaram-se como a base e o início dos estudos geocronológicos (Santos 2015). A partir disso, o sistema baseado no decaimento U–Pb tem sido utilizado amplamente na obtenção de idades com aplicação em cristais de zircão desde a primeira metade do século passado, sendo largamente aplicado nos diversos modelos atuais de espectrômetro de massa e que se diferem basicamente quanto a técnica de ionização aplicada em cada um deles.

Os primeiros testes desenvolvidos utilizando a separação química de elementos por cromatografia iônica e posterior análise por TIMS (*Thermal Ionization Mass Spectrometry*), foram realizados por Tilton *et al.* (1955), e posteriormente Cameron *et al.* (1969) implementou o ativador de ionização com sílica gel, com o objetivo de aplicar a metodologia U–Pb, cujo protocolo analítico estabelecido para o desenvolvimento das análises neste equipamento é bastante exigente quanto aos fatores que envolvem qualificação técnica para aplicação das metodologias e procedimentos que antecedem as análises isotópicas, além de tempo para a realização de todos os procedimentos analíticos que envolvem esta técnica. Alternativamente, Compston *et al.* (1986) desenvolveu o instrumento analítico SHRIMP (*Sensitive High Resolution Ion MicroProbe*), um tipo de microsonda iônica (SIMS), baseado no impacto de íons direto em superfícies sólidas (minerais) desenvolvido para aplicação do método U–Pb. Os resultados obtidos a partir do sistema U–Pb são relevantes para interpretar os diferentes tipos de estudos geológicos realizados, tais como: definição de eventos magmáticos e metamórficos (determinação de idades de cristalização/recristalização mineral), registro de evento termo-tectônico (abertura parcial do sistema isotópico U–Pb), estudos de proveniência sedimentar, dentre outros.

Após anos de desenvolvimento e evolução das técnicas analíticas em Geologia Isotópica, a metodologia de espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado e ablação a laser (LA-ICP-MS), é testada inicialmente por Feng *et al.* (1993) e Fryer *et al.* (1993), que à época possibilitou um grande avanço analítico para o método U–Pb, além de muitos desafios para as técnicas de análises isotópicas existentes. O método U–Pb em zircão por LA-ICP-MS desde então tem sido amplamente utilizado para a datação radiométrica, e tem apresentado bons resultados em análises de zircões como nos trabalhos pioneiros de ICP-MS de Hirata & Nesbitt (1995) e Jackson *et al.* (1996), além de demais pesquisas realizadas nos últimos anos. A maior parte dos testes pioneiros na datação de zircão e outros minerais

acessórios foram realizados com ICP-MS monocoletor com analisador de massa *Quadrupolo-Q* (Russo *et al.* 2002). Com a evolução tecnológica, se passou a utilizar nas pesquisas realizadas mais recentemente o ICP-MS multicoletor-MC com analisador magnético, como nos trabalhos desenvolvidos nos grandes laboratórios de Geologia Isotópica do Brasil (Buhn *et al.* 2009, Chemale *et al.* 2012, Milhomem Neto & Lafon 2019). A diferença instrumental entre os sistemas LA-Q-ICP-MS e LA-MC-ICP-MS implica, dentre outros fatores, em uma diferença substancial nos preços de aquisição, instalação, manutenção e uma melhor resolução em seu sistema de detecção.

A aplicação do método U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS além de ter sido pioneira nas análises isotópicas, utiliza um modelo específico de espectrômetro de massa com analisador *Quadrupolo* para análise *in situ* em zircão. Esta técnica tem sido largamente utilizada e tem apresentado bons resultados em análises de zircão como sintetizado em Lana *et al.* (2013), Santos (2015), e Takenaka *et al.* (2015). Este último trabalho descreve detalhadamente a metodologia empregada em análises de materiais de referência internacional de zircão e de amostras geológicas, além de ter sido um referencial para o desenvolvimento do presente estudo. Esses autores destacam a escassez de informações sobre os protocolos de ajustes e otimização em análises geocronológicas por LA-Q-ICP-MS, sendo essa também uma das motivações inerentes ao presente trabalho.

Para o andamento desta pesquisa foram utilizados equipamentos disponíveis (sonda a laser e ICP-MS *Quadrupolo*) e a infraestrutura instalada do Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (Pará-Iso/UFPA). Buscou-se descrever o protocolo analítico do método supramencionado, testado, implantado e colocado em rotina no segundo semestre de 2021. A instrumentação e equipamentos, bem como a manutenção para a aplicação da técnica LA-Q-ICP-MS são de custo relativamente mais baixos quando comparado com outras metodologias de análises pontuais (SIMS, LA-MC-ICP-MS, LA-SF-ICP-MS, etc).

O presente estudo utilizou o ICP-MS modelo *Icap-Q*, que apesar da menor sensibilidade quando comparado ao MC-ICP-MS, possui uma ampla faixa dinâmica analítica, o que permite a análise simultânea de U-Pb de minerais como zircão, monazita e titanita. Diversos estudos realizados demonstram a precisão dos resultados analíticos obtidos com esta metodologia para a geocronologia U-Pb (Takenaka 2014). No Pará-Iso/UFPA ela foi desenvolvida considerando a necessidade de suprir um problema técnico temporário apresentado no *Neptune* LA-MC-ICP-MS, visando também contribuir para o conhecimento da comunidade geocientífica, especialmente da Amazônia, acerca da metodologia U-Pb por LA-Q-ICP-MS com mais um

equipamento disponível para este tipo de análise. Além disso, buscou-se descrever todo o procedimento analítico da metodologia implementada no Pará-Iso da UFPA, a partir do desenvolvimento de um protocolo experimental, em que os resultados obtidos foram correlacionados com os dados disponíveis na literatura utilizando-se os materiais de referência internacional, zircões BB (Santos *et al.* 2017), 91500 (Wiedenbeck *et al.* 1995), MudTank (Black & Gulson 1978), além das diversas aplicações geológicas em zircões de amostras de vários usuários e pesquisadores do laboratório nos anos de 2021 e 2022.

## **2 OBJETIVOS**

O presente trabalho possui como objetivo geral a descrição e detalhamento sob o ponto de vista de desenvolvimento técnico-metodológico, visando a implantação de um protocolo experimental de análise U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS, utilizando-se a infraestrutura e equipamentos do Laboratório Pará-Iso/UFPA. Tendo como objetivos específicos a descrição do procedimento metodológico e a verificação da reprodutibilidade, a partir da aplicação do método U-Pb em materiais de referência internacionais (MRs) para efeitos de comparação e correlação dos dados obtidos com aqueles disponíveis na literatura, além de demonstrar a aplicabilidade do método em zircões analisados em diversos trabalhos acadêmicos de graduação, mestrado e doutorado desenvolvidos em parte ou integralmente no âmbito do Pará-Iso/UFPA

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

As pesquisas bibliográficas consistiram no estudo de artigos, dissertações e teses que versam sobre os conceitos gerais de geocronologia, a evolução dos conceitos sobre o sistema geocronológico U-Pb, os equipamentos utilizados e procedimentos experimentais para a técnica LA-Q-ICP-MS; além de estudos baseados na datação radiométrica em zircão.

#### 3.2 SELEÇÃO DOS MATERIAIS DE REFERÊNCIA DE ZIRCÃO

A utilização de MRs em técnicas de datação é ponto fundamental nas análises *in situ* de materiais sólidos em laboratório. As análises U-Pb em zircão requerem a utilização de zircões de referência internacional, isotopicamente homogêneos, devidamente certificados com diferentes técnicas empregadas e com idades bem definidas, utilizados em diversos laboratórios mundo afora e difundidos na literatura. Com este objetivo, foram analisados neste trabalho, a partir da aplicação do protocolo experimental U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS, os seguintes zircões de referência: BB (Santos *et al.* 2017), 91500 (Wiedenbeck *et al.* 1995) e Mud Tank (Black & Gulson 1978). Estes MRs são apresentados resumidamente a seguir.

##### 3.2.1 Zircão BB

O BB (Figura 1) é proveniente de um depósito de cristais e rochas preciosas, localizado no Sri Lanka, inserido no contexto do Complexo Highland (Kröner *et al.* 1994, Santos *et al.* 2017, Dissanayake & Rupasinghe 1993). Santos *et al.* (2017) realizaram estudos utilizando 20 cristais do zircão BB com aproximadamente 110g cada, e que possuem coloração roxa escura, são translúcidos e maiores que 10mm. Diferentes técnicas analíticas foram utilizadas para obtenção das razões isotópicas nas vinte amostras selecionadas do BB no referido trabalho, dentre elas: ID-TIMS, LA-Q-ICP-MS, LA-SF-ICP-MS, LA-MC-ICP-MS e SIMS. As amostras foram distribuídas em diversos laboratórios de acordo com as técnicas utilizadas de acordo com as técnicas empregadas. Os resultados obtidos por LA-Q-ICP-MS nas análises desenvolvidas mostraram que o zircão BB apresenta idades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de  $562 \pm 9$  Ma (n=635), obtida em quatro laboratórios distintos; (J.W. Goethe University of Frankfurt (JWG; Alemanha), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), University of Portsmouth (Inglaterra), Universidade de São Paulo – USP), que correspondem as idades estudadas em outros MRs de

qualidade pertencentes ao intervalo Paleozoico – Pré-cambriano.

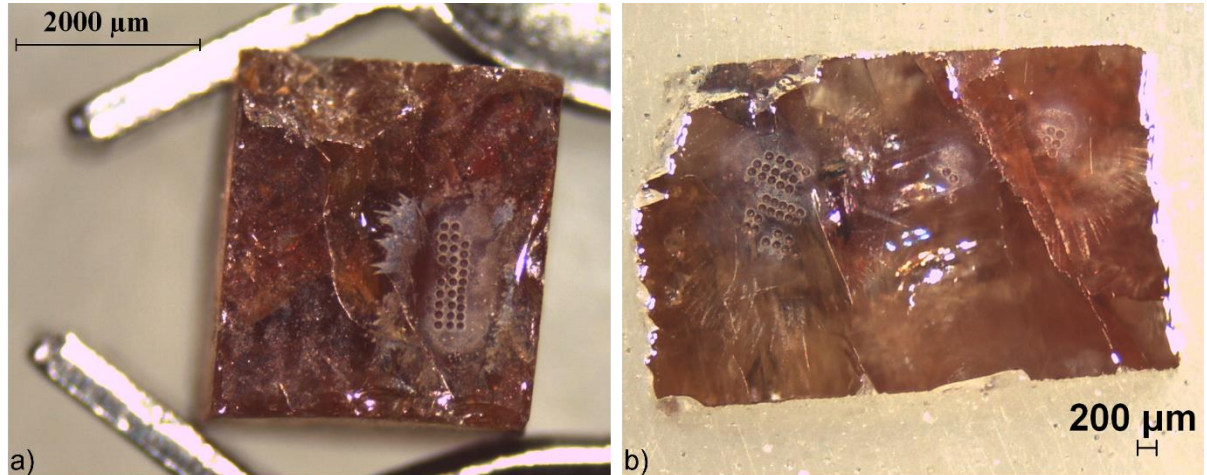


Figura 1 – Um dos cristais de zircão BB utilizado no Laboratório Pará-Iso/UFPA, cedidos por Maristela Santos da UFOP. a) fragmento de cristal *in natura*; b) cristal preparado no *mount*.

### 3.2.2 Zircão 91500

O 91500 (Figura 2) é um zircão que consiste em um cristal com uma massa aproximada de 238g, que se encontra no Museu Mineralógico de Harvard (Cambridge, EUA). Possui cor vermelha escura, transparente e sem inclusões aparentes, além de apresentar hábito prismático bem desenvolvido, onde apenas duas faces desse cristal são visíveis Widenbeck *et al.* (1995). Este zircão é um dos MRs mais utilizados em trabalhos realizados que aplicam o método U-Pb para estudos isotópicos.

Widenbeck *et al.* (1995) foram os pesquisadores pioneiros nos estudos realizados para o zircão 91500. Estes empreenderam análises U-Pb por ID-TIMS, em três laboratórios diferentes, localizados em Ottawa (Canadá), Toronto (Canadá) e Zurich (Suíça). Os resultados encontrados nestas análises apontaram para idades médias  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $1065,4 \pm 0,3$  Ma e  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de  $1062,04 \pm 0,4$  Ma, identificadas em 11 amostras analisadas nos referidos laboratórios.

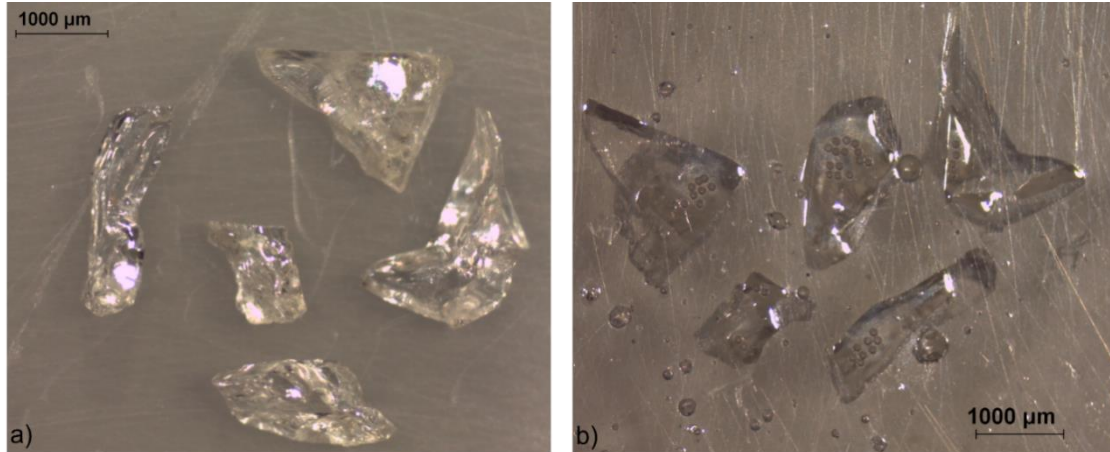


Figura 2 – Fragmentos do zircão 91500 utilizados no Laboratório Pará-Iso/UFPA. a) aspecto *in natura*; b) inseridos no *mount* de resina epóxi.

### 3.2.3 Zircão Mud Tank

Sua origem está associada ao carbonatito Mud Tank, situado em *Strangways Range Northern Territory*, na Austrália Black & Gulson (1978). São pequenas frações de um cristal maior previamente fragmentado (Figura 3). A idade U-Pb registrada inicialmente foi de  $732 \pm 5$  Ma, identificada por Black & Gulson (1978), a partir de análises TIMS, tendo realizado cinco análises do zircão, das quais quatro apresentaram concordância nos resultados obtidos. A concentração de U varia de 6 a 36 ppm, todavia, valores entre 11 e 131 ppm foram encontrados por Jackson *et al.* (2004) associados a idades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de  $732 \pm 1,4$  Ma, contida no erro analítico da idade obtida por Black & Gulson (1978).

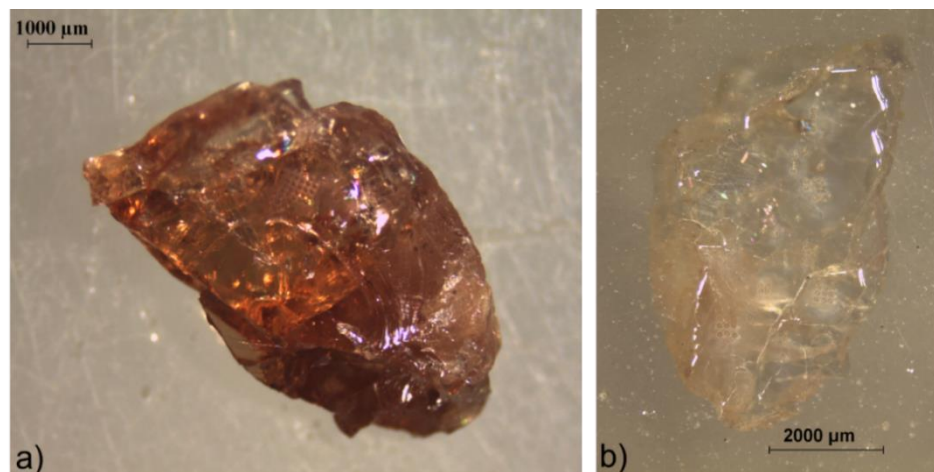


Figura 3 – Fragmento do zircão Mud Tank utilizado no Laboratório Pará-Iso/UFPA, cedido pelo Prof. Mauro Geraldês da UERJ. a) aspecto *in natura*; b) preparado no *mount* de resina epóxi após tratamento térmico (*thermal annealing*).

A Tabela 1 sintetiza os dados U-Pb dos MRs de zircão apresentados acima. Os zircões utilizados neste trabalho são empregados rotineiramente no Pará-Iso/UFPA como MRs secundários, cujas análises são realizadas de maneira intercalada com zircões de amostras e servem para garantir a qualidade analítica (reprodutibilidade e precisão) dos dados obtidos.

Tabela 1 - Síntese das idades e concentrações de U e Pb dos zircões usados como materiais de referência para análises isotópicas por LA-Q-ICP-MS no Pará-Iso/UFPA

Material de Referência	Idade (Ma)	U (ppm)	Pb (ppm)
Zircão BB	562 ± 9 (1)	263 (1)	2,1 (1)
Zircão 91500	1065,4 ± 0,6 (2)	71 (2)	13 (2)
Zircão Mud Tank	732 ± 5 (3)	6,1 (3)	4,39 (3)

(1) Santos *et al.* (2017) obtida por LA-ICP-MS; (2) Wiedenbeck *et al.* (1995), idade obtida por ID/TIMS; (3) Black & Gulson (1978), idade obtida por SIMS.

### 3.3 METODOLOGIA U-Pb EM ZIRCÃO POR LA-Q-ICP-MS

Para a otimização e implantação do protocolo experimental da metodologia U-Pb *in situ* em zircão por LA-Q-ICP-MS no Pará-Iso/UFPA, foram realizados diversos testes seguindo os protocolos implementados no laboratório para o LA-MC-ICP-MS (Milhomem Neto & Lafon 2019), além de procedimentos executados no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal de Ouro Preto e apresentados por Lana *et al.* (2013); Takenaka *et al.* (2015); Santos *et al.* (2017), que utilizaram a técnica LA-Q-ICP-MS. Para as análises U-Pb no Pará-Iso/UFPA utilizou-se um espectrômetro de massa monocolletor com fonte ICP modelo *iCAP-Q* da marca *Thermo Fisher*, equipado com um analisador de massa *Quadrupolo* e uma microsonda de ablação a laser *Nd:YAG LSX-213 G2 CETAC*. O protocolo analítico de otimização e preparo do equipamento é descrito a seguir, bem como o fluxo de trabalho adotado para garantia do bom funcionamento do sistema.

As análises *in situ* em zircão são precedidas por uma calibração automática e de rotina do ICP-MS em modo solução, que é realizada com uma periodicidade de pelo menos 1 mês ou até menos a depender das condições de uso do sistema. Este ajuste é feito em modo CCT (*Collision Cell Technology*; para análises com o laser) checando-se inicialmente os valores de *background* analítico com leitura de água ultrapura (*milli-Q*) e posteriormente por meio da análise de uma solução multielementar G1234V (*Tune*), que é uma solução padrão que possibilita que o programa ajuste os parâmetros instrumentais a fim de aumentar a sensibilidade em um intervalo grande de massas desde mais leves às mais pesadas, além de manter a formação de CeO + baixa para garantir a robustez do plasma, a 1 µg/L (1 ppb) de concentração, contendo os seguintes elementos químicos: Ba, Bi, Ce, Co, In e U. Este procedimento visa otimizar o

equipamento e os parâmetros dos isótopos que serão analisados, realizando uma verificação geral dos componentes que integram o sistema aplicando-se no *software Instrument Control* os procedimentos designados de *Performance* e *Autotune*. Este último, aplicado apenas quando é verificado alguma inconsistência no teste de *Performance*, realizado em modo solução nas condições de 1 ppb Tune a 2% HNO<sub>3</sub> e 0,5% HCl.

Estes procedimentos têm como objetivo analisar as condições gerais do sistema com a realização de testes de sensibilidade e estabilidade, além de verificar o funcionamento e condições particulares das partes que integram o sistema, apresentados em relatório gerado automaticamente após o teste da *Performance* (Figura 4), mostrando as condições do sistema onde é possível verificar se estão de acordo com os padrões de funcionamento estabelecidos pelo fabricante (*Thermo Fisher*). Caso esse relatório apresente algum componente do sistema que esteja em desacordo com os padrões, é então realizado o procedimento denominado *Autotune*, que visa fazer a otimização automática do sistema com as devidas correções necessárias que a *Performance* apresentou como insatisfatória para o seu funcionamento.

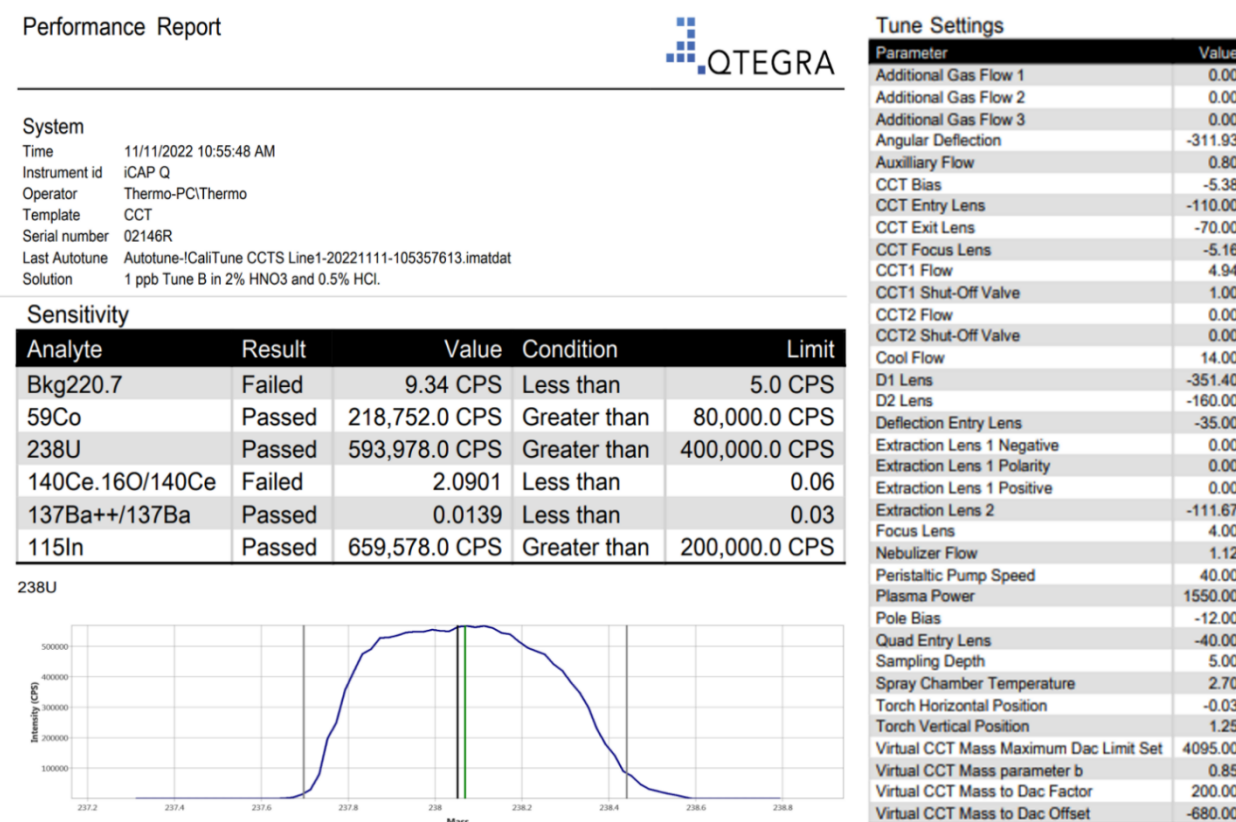


Figura 4 - Relatório editado de *Performance* realizada no *iCAP-Q* do Laboratório Pará-Iso em 11/11/2022. São ilustradas, em tabelas e gráficos, as condições gerais de configuração e sensibilidade do equipamento, bem como os valores limites estabelecidos pelo fabricante e os obtidos durante o teste para alguns dos principais analitos.

A configuração utilizada neste trabalho para o LA-Q-ICP-MS analisa e agrupa simultaneamente os seguintes isótopos:  $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{202}\text{Hg}$ ,  $^{204}(\text{Pb}+\text{Hg})$  e  $^{207}\text{Pb}$ . Estes nuclídeos focais para a análise U-Pb são medidos em contagens por segundos (cps) pelo analisador *quadrupolo* por *peak jump*, correspondendo à interpretação cíclica e alternada da massa de cada isótopo analisado, por vez, através de “saltos” seletivos. Os isótopos analisados possuem um *Dwell Time* representado em “ms” para cada um; 0,04 ms para o isótopo  $^{207}\text{Pb}$  e 0,03 ms para os isótopos  $^{202}\text{Hg}$ ,  $^{204}(\text{Pb}+\text{Hg})$ ,  $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{238}\text{U}$ . Os isótopos de Hg ( $^{202}\text{Hg}$  e  $^{204}\text{Hg}$ ) encontram-se presentes nos gases argônio (Ar) e hélio (He), necessários para o funcionamento do sistema LA-Q-ICP-MS, e por isso são também monitorados para posteriores correções de interferência de massa sobre o  $^{204}\text{Pb}$ .

O *iCAP-Q* dispõe de uma célula de colisão (*Qcell*) que recebe os íons após a deflexão destes nas lentes presentes no sistema (Figura 5). Ao utilizar a *Qcell*, o modo de análise é o CCT, coordenado pelo *software Instrument Control* a partir do computador do *iCAP-Q*. Neste modo, o funcionamento atua com pressões aproximadas de  $10^{-2}$  mbar com gás Hélio (He), e deve apresentar no regulador de pressão valores aproximados de 20 Mpa (200 bar) de pressão primária e 0,3 Mpa (3 bar) de pressão de saída. O laser é conectado ao ICP-MS por um cabo remoto (*trigger*) e dois tubos de Teflon que fazem a conexão entre os dois equipamentos (*Laser LSX-213* e *iCAP-Q*). O *software* utilizado no manuseio do laser é o *DigiLaz G2*, instalado no computador de apoio do *Laser LSX-213*. O protocolo de utilização do *laser* consiste inicialmente na preparação de mapas das pastilhas inseridas na câmara de amostras para nortear e agilizar a movimentação entre os *mounts* e o posicionamento das análises pontuais. Posteriormente é feita a configuração do modo automático de análises inserindo-se os parâmetros analíticos do laser (Energia, diâmetro dos furos, frequência, *burst count*, tempo de ablação, etc). Este componente funciona utilizando um fluxo aproximado de 450-500 ml de gás hélio (He) por minuto. Todos esses parâmetros utilizados no laser e no *iCAP-Q* estão sintetizados na Tabela 2.

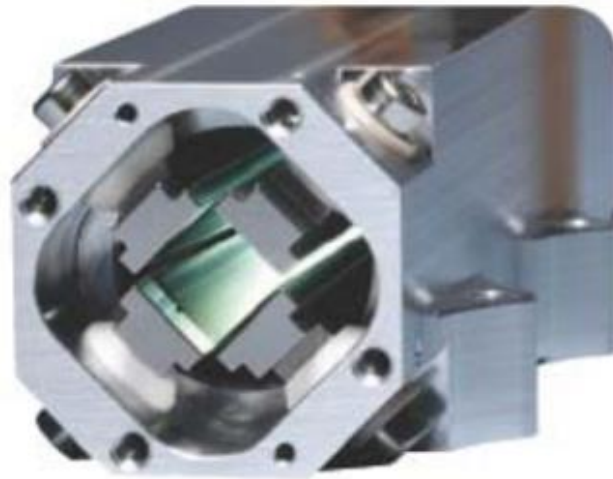


Figura 5 - Célula de colisão *Qcell* que compõe o *iCAP-Q* (Thermo Fisher 2012).

Tabela 2 - Parâmetros instrumentais para o sistema LA-Q-ICP-MS.

ICP-MS	<i>iCAP-Q Thermo Fisher</i>	LASER	LSX-213 G2 CETAC
Analizador de Massa	<i>Quadrupolo</i>	Comprimento de Onda	213 nm
Potência RF	1550 W	Fluxo de Gás He	480 mL min <sup>-1</sup>
Gás de Resfriamento (Ar)	16,0 L min <sup>-1</sup>	Frequência	10 Hz
Gás Auxiliar (Ar)	1,0 L min <sup>-1</sup>	Fluência	4-5 J/cm <sup>2</sup>
		Energia	55%
Isótopos analisados	<sup>202</sup> Hg, <sup>204</sup> (Pb+Hg), <sup>206</sup> Pb, <sup>207</sup> Pb, <sup>208</sup> Pb, <sup>232</sup> Th, <sup>238</sup> U	Diâmetro dos furos ( <i>Spot size</i> )	25-50 μm
<i>Dwell Time</i> (ms)	0.04 ( <sup>207</sup> Pb) e 0.03 [ <sup>202</sup> Hg, <sup>204</sup> (Pb+Hg), <sup>206</sup> Pb, <sup>208</sup> Pb, <sup>232</sup> Th, <sup>238</sup> U]	Tempo <i>Background</i>	~20s
		Tempo de Ablação ( <i>Burst count</i> )	~40s (420)

A aquisição dos dados obtidos nas análises é feita a partir da leitura e acompanhamento dos isótopos e parâmetros analíticos no *software Qtegra* versão 2.7, instalado no computador do *iCAP-Q*, onde são apresentados os resultados de cada isótopo analisado. O sistema foi configurado com um tempo padrão de *background* (~20s) para cada análise, que é o tempo entre o início da análise (laser desativado) e as primeiras emissões de sinal pelos isótopos após ativação do laser, durando até ~40s de ablação (420 *burst counts*) e totalizando um tempo de ~60s para cada análise pontual. Esta medição em tempo, cps e também o comportamento dos isótopos são ilustrados graficamente no momento das análises e são acompanhadas durante sua execução (Figura 6).

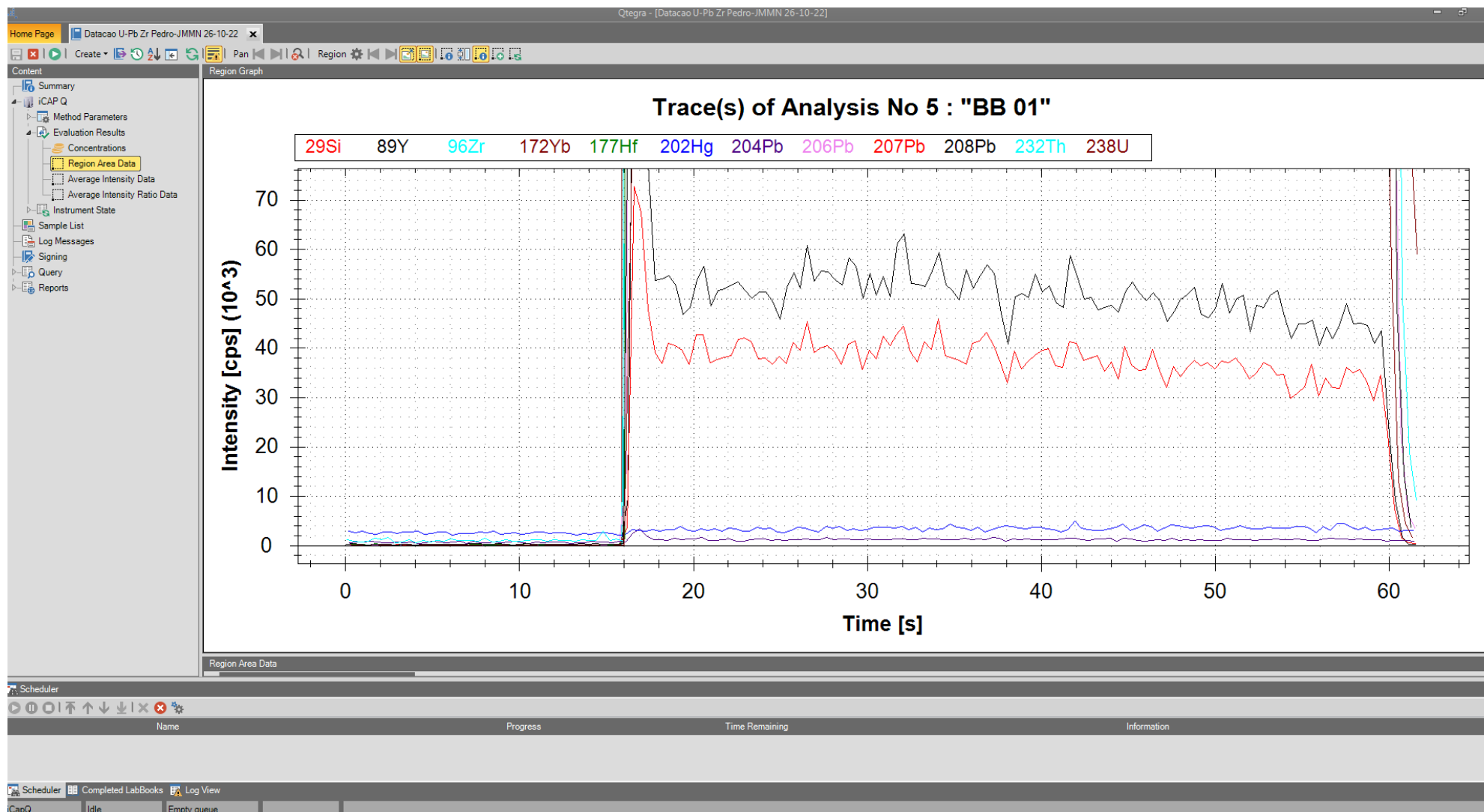


Figura 6 – Gráfico gerado no *Software Qtegra* durante uma análise U-Pb no zircão BB por LA-Q-ICP-MS, mostrando o tempo em segundos e a intensidade do sinal em “cps” para as principais massas analisadas. Pode-se observar um sinal entre 30 e 40 mil cps do isótopo <sup>207</sup>Pb.

O fluxo de análises padrão adotado no laboratório para a sistemática U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS é ilustrado na figura 7. A sequência analítica inicia e finaliza com a análise de um MR primário, sendo o GJ-1 ( $608,5 \pm 1,5$  Ma; Jackson *et al.* 2004) adotado para todas as análises realizadas. Após a análise do GJ-1 é realizada a análise de um MR secundário (BB, 91500, Mud Tank, etc), que se repete antes do último GJ-1 do ciclo de 14 análises. Esta ordem analítica é seguida para cristais de zircão de rochas ígneas e metamórficas em que o número de análises pontuais necessários para atingir os objetivos é geralmente de 30 a 40. Para rochas sedimentares e metassedimentares, onde são realizadas entre 100 e 120 análises pontuais em zircões detríticos, a frequência de análise de um MR secundário é menor. Podendo ser feita uma análise a cada ciclo.



Figura 7 – Fluxo analítico adotado no Pará-Iso para as análises pontuais U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS.

O processamento e tratamento dos dados analíticos brutos obtidos nas análises são exportados no formato *Laser Data Reduction*, em que são gerados arquivos individuais para cada análise conforme a nomenclatura adotada para cada material analisado dentro do *software Qtegra*. Após isto, os arquivos são renomeados sequencialmente no padrão de organização adotado na macro *Excel* em que serão reduzidos para que seja possível realizar o cálculo dos valores corrigidos das razões isotópicas  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  e seus erros percentuais a um sigma de desvio padrão. Esta macro foi adaptada para ser utilizada no *iCAP-Q* a partir da macro U-Pb em zircão por LA-MC-ICP-MS de Buhn *et al.* 2009, Chemale Jr *et al.* 2012 e Milhomem Neto & Lafon (2019). Diferentemente da planilha utilizada no presente

trabalho, aqueles autores adotaram um número menor de varreduras (40 por análise pontual). Na planilha desenvolvida para o *iCAP-Q*, cada análise pontual alcança o número de 155 varreduras (~0,4 segundos cada), dentre as quais 46 são relativas a aquisição do *background*, 19 de transição entre o sinal do *background* e o da ablação e 90 de sinal analítico da ablação propriamente dita (Figuras 8 e 9).

Na macro utilizada para os dados analisados no *iCAP-Q* duas modificações foram ainda implementadas: (i) a medição dos *backgrounds* automática no início de cada análise pontual, onde o sinal analítico da amostra ou MR é reduzido; (ii) a automatização dos cortes dos *outliers*, que são os valores de razões isotópicas calculados de acordo com a média  $\pm 1\sigma$ , podendo ser duplicados a medida que a variância dos dados não seja satisfatória. O fracionamento elementar induzido pelo laser é corrigido utilizando as razões isotópicas homogêneas do MR, como o GJ-1 (Jackson *et al.* 2004) utilizado como primário em todas as análises realizadas no *iCAP-Q*. As razões isotópicas  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  obtidas para o GJ-1 nas análises pontuais permitem realizar o cálculo do fator de conversão, que após sua aquisição, é aplicado sobre as razões das amostras estudadas em cada análise realizada (Milhomem Neto *et al.* 2017).

As razões isotópicas  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , são corrigidas pelas intensidades dos *backgrounds* e pela interferência do  $^{204}\text{Hg}$  sobre o  $^{204}\text{Pb}$ , tendo o valor de 4,355 como a razão  $^{202}\text{Hg}/^{204}\text{Hg}$  utilizada (Chemale Jr. *et al.* 2012). A correção do chumbo comum ( $\text{Pb}_{\text{com}}$ ) é realizada através do modelo de evolução do Pb terrestre ao longo do tempo de Stacey & Kramers (1975), o que torna necessário assumir uma idade estimada ( $t$ ) para cada amostra. O cálculo da composição radiogênica do  $^{206}\text{Pb}$  e  $^{207}\text{Pb}$  é realizado a partir das equações (1) e (2) utilizadas também por (Milhomem Neto *et al.* 2017), no método LA-MC-ICP-MS. Para uma fração do  $^{206}\text{Pb}$  não radiogênico (Williams 1998 *apud* Chemale Jr. *et al.* 2012): (1)  $f_{206} = (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t \text{ comum} / (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_{\text{amostra}}$ ; (2)  $f_{207} = (^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t \text{ comum} / (^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_{\text{amostra}}$ . As razões  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  e  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  determinadas em cada rodada de análise são corrigidas para  $f_{206}$  e  $f_{207}$ . O grau de concordância em porcentagem das idades identificadas para as razões  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  é calculado de acordo com Horstwood *et al.* (2016), e utiliza a seguinte fórmula  $6/8-7/6 = (\text{Idade } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} * 100) / (\text{Idade } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$ . Por fim, para os cálculos das idades são gerados os diagramas Concórdia e de média ponderada com auxílio do suplemento do *Excel*, o *Isoplot/EX* (Ludwig 2003).

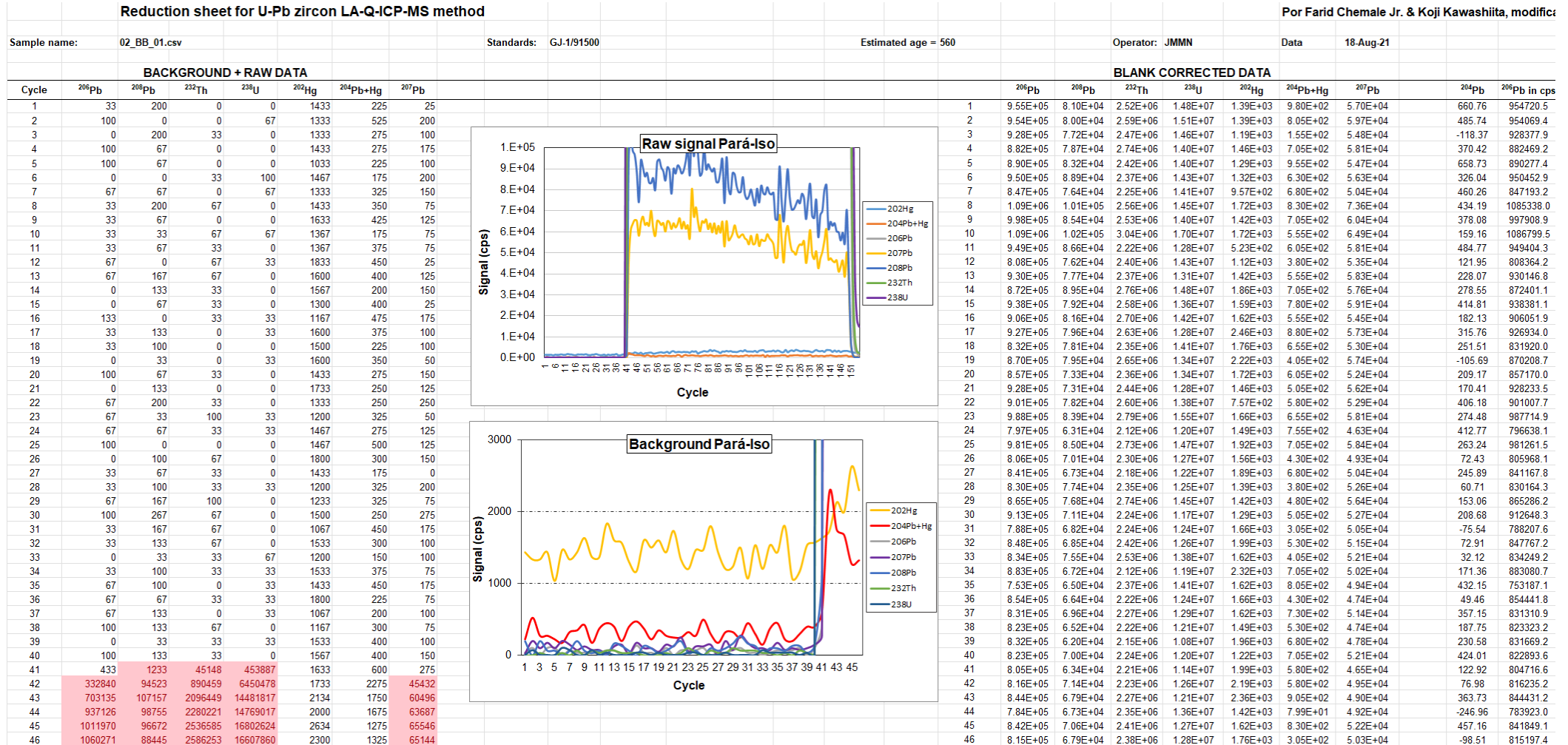


Figura 8 – Macro Excel para tratamento e redução dos dados obtidos no iCAP-Q utilizada no Pará-Iso e adaptada de (Chemale Jr. & Koji Kawashita 2012).



#### 4 O MÉTODO ISOTÓPICO U-Pb E APLICAÇÕES EM ZIRCÕES POR LA-ICP-MS

O sistema geocronológico U-Pb baseia-se no decaimento do U e Th para isótopos estáveis de Pb. Desse modo, o U possui três isótopos radioativos naturais:  $^{238}\text{U}$  (99,27%),  $^{235}\text{U}$  (0,72%) e  $^{234}\text{U}$  (0,005%), ao passo que o tório (Th) possui apenas um isótopo, o  $^{232}\text{Th}$  (100%) também radioativo (Faure & Mensing 2005). Adicionalmente, o chumbo (Pb) aparece como produto do decaimento dos 3 tipos de isótopos de urânio, obtido a partir de 3 séries independentes de decaimento, representando cada uma das séries um relógio geocronológico (geocronômetro) diferente do outro da seguinte forma:  $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$  (Figura 6), onde cada átomo do  $^{238}\text{U}$  decai pela emissão de 8 partículas  $\alpha$  e 6 partículas  $\beta$ ;  $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$  (Figura 7) em que o  $^{235}\text{U}$  decai a partir da emissão de 7 partículas  $\alpha$  e 4 partículas  $\beta$ ;  $^{234}\text{U} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$  e o  $^{208}\text{Pb}$ , como produto final do decaimento do  $^{232}\text{Th}$  (Figura 8) que enquanto isótopo radioativo inicial apresenta isótopos intermediários radioativos que geram um átomo de  $^{238}\text{Pb}$  a cada série de decaimento, a partir da emissão de 6 partículas  $\alpha$  e 4 partículas  $\beta$ , tendo como produto final do decaimento o  $^{208}\text{Pb}$  (Geraldes, 2010).

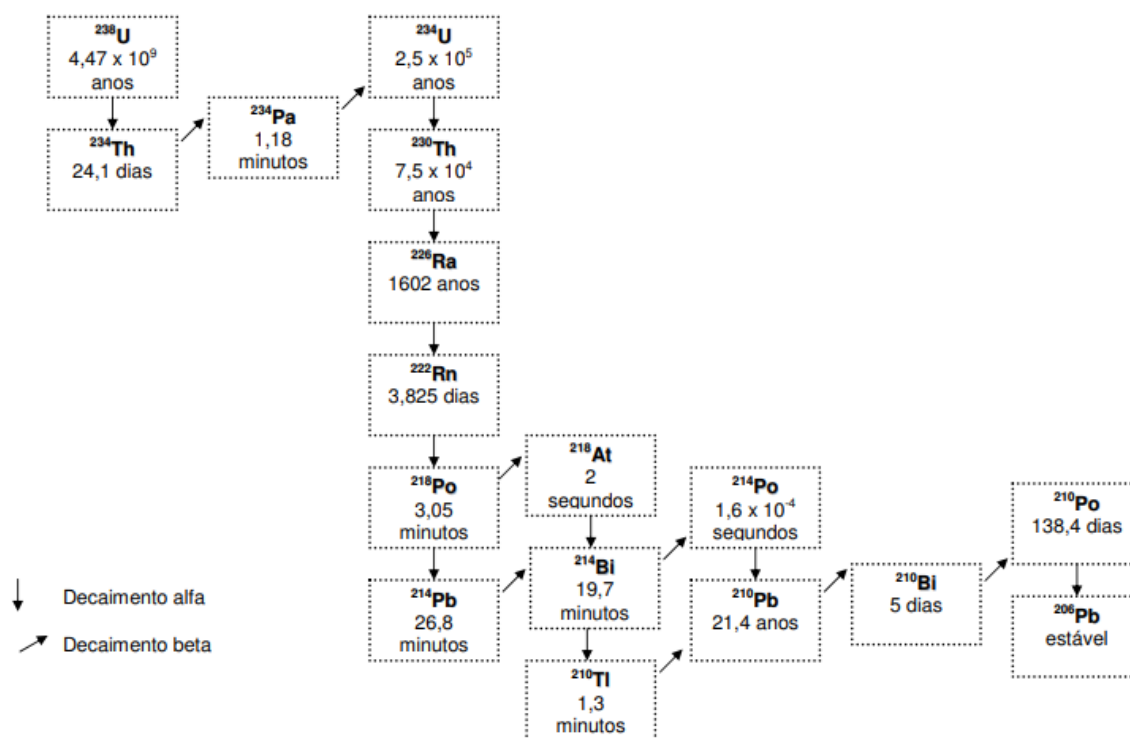


Figura 9 - Série de Decaimento  $^{238}\text{U}$ . (IAG. USP, 2002)

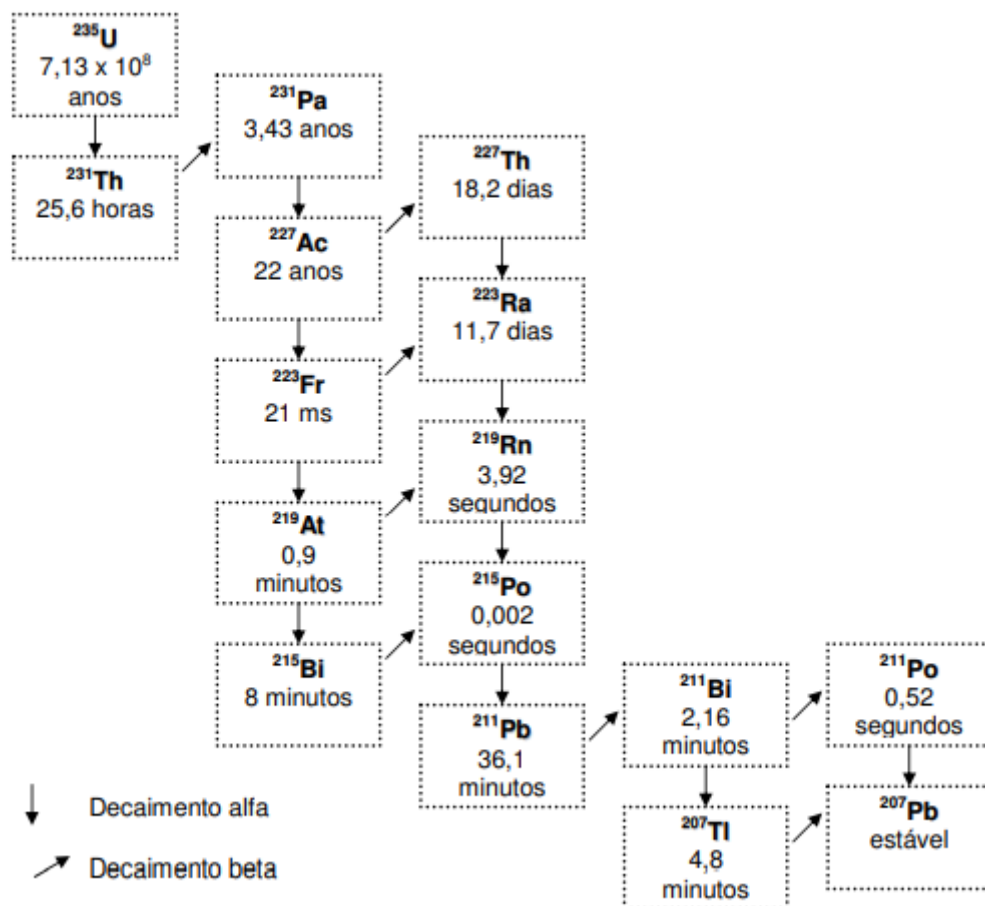


Figura 10 - Serie de Decaimento  $^{235}\text{U}$ . (IAG. USP, 2002).

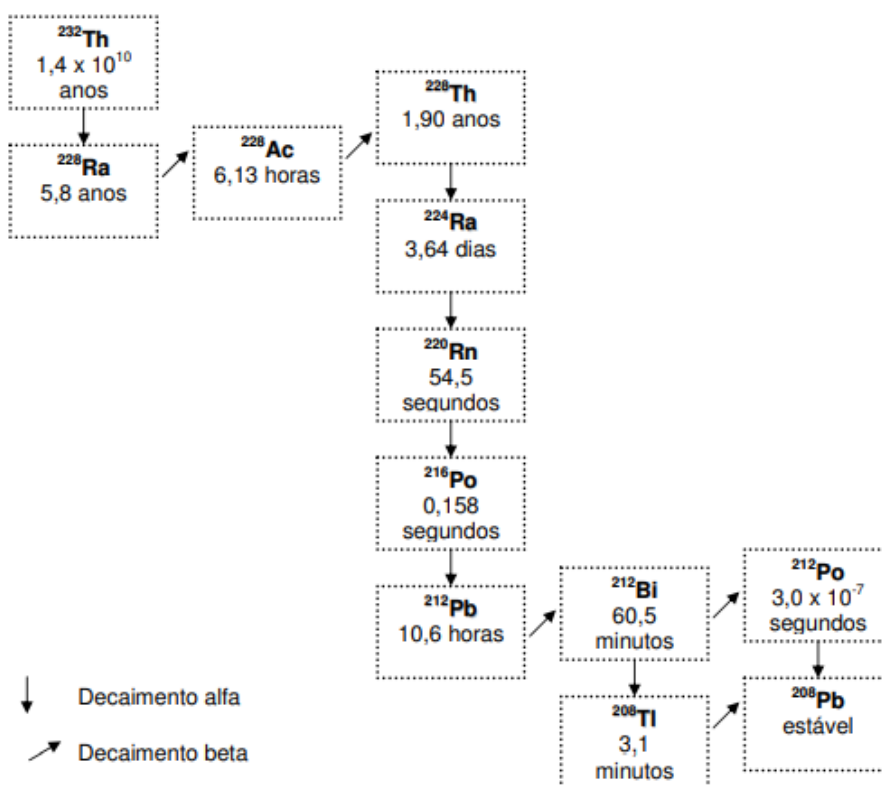


Figura 11 - Serie de Decaimento  $^{232}\text{Th}$ . (IAG. USP, 2002)

Para a datação de diferentes tipos de rochas e minerais, Ahrens (1955) e Wetherill (1956) utilizavam o diagrama de concórdia (Figura 9), que representa graficamente o ponto onde as idades obtidas pelos “geocronômetros”  $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$  e  $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ . A partir das análises das idades obtidas foi possível observar uma discrepância entre os resultados devido a perda de Pb. Para diminuir essa discrepância, foi calculado a idade concordante para os geocronômetros caso não houvesse perda de Pb, e, desse modo, foi possível estabelecer os parâmetros de idade geológica desde a idade 0 até o início da Terra (4,6 Ga).

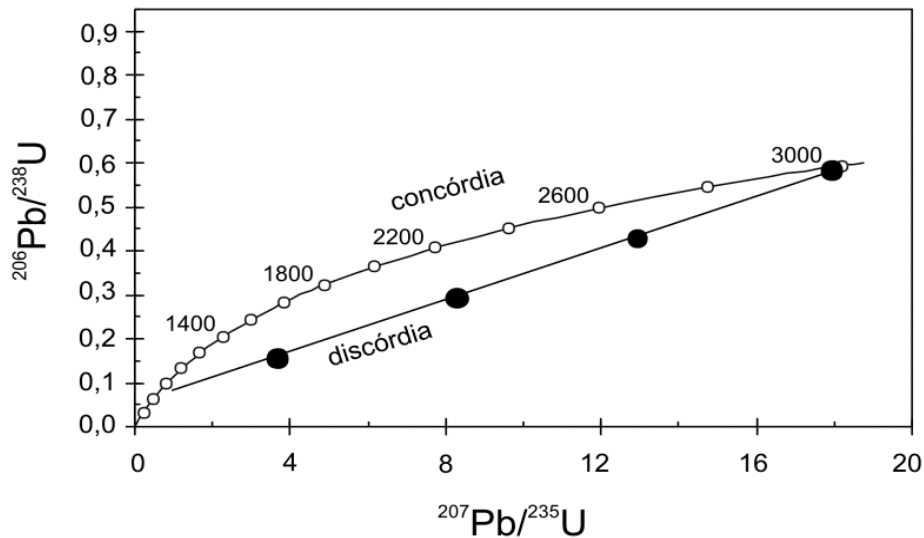


Figura 12 - Diagrama de Concórdia (ou diagrama de Wetherill) U-Pb ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  x  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ). Pontos analíticos sobre a curva concórdia representam idades concordantes; pontos analíticos ao longo da curva discórdia representam idades discordantes. (Sato *et al.* 2002).

O Zircão ( $\text{ZrSiO}_4$ ) é um mineral acessório comumente utilizado nos estudos geocronológicos no sistema U-Pb, além de ser um mineral presente em diversos tipos de rochas. Sua importância para os estudos geocronológicos está diretamente ligada a sua alta capacidade físico-química e resistência aos processos geológicos e, também, a sua capacidade de armazenar informações importantes dos elementos que compõem o sistema U-Pb como a entrada de U em seu retículo cristalino e substituição ao Zr, ainda, o zircão não permite a entrada de Pb comum em seu sistema cristalino, o que permite afirmar que todo o Pb encontrado neste mineral é proveniente do decaimento do U e do Th (Gerald 2010, Milhomem *et al.* 2017). As análises isotópicas de zircão para datação de eventos geológicos utilizando Espectrômetros de Massa com Ionização Acoplada por Plasma somado a utilização de um sistema de ablação a laser (LA-ICP-MS) possibilita a identificação de minerais ricos em elementos como U, Pb e Hf. As análises realizadas em equipamentos deste tipo são consideradas de baixo custo relativo com manutenções e desenvolvimento de análises quando comparado com outros equipamentos.

Ao longo dos anos diversos estudos foram realizados com o objetivo de demonstrar a capacidade do LA-ICP-MS para análises de elementos traços em amostras geológicas como os trabalhos de Jackson *et al.* (1992), Jenner *et al.* (1993), além dos trabalhos pioneiros de Fryer *et al.* (1993). A partir dos trabalhos realizados por Gray (1985) que realizou análises em elementos e isótopos de Pb através da combinação do laser com o espectrometro de massa, foi desenvolvida técnica por *Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*. Essa combinação dos espectrometros de massa com laser permite a separação de elementos e o estudo das razões isotópicas de diferentes materiais de maneira direta.

## 5 INSTRUMENTAÇÃO DOS ESPECTRÔMETROS DE MASSA ICP-MS

Os espectrômetros de massa em geral são compostos por 3 partes principais (Figura 10), conforme sintetizado por Sato & Kawashita (2002), e apresentam os seguintes componentes essenciais: **1. Fonte de Íons**, onde as amostras são ionizadas, antes de serem aceleradas no analisador, com o objetivo de diferenciar os íons a partir da massa. **2. Analisador de Massas**, que consiste em um conjunto de lentes que recebem os íons produzidos no ICP. A energia dos íons transmitidos dentro das lentes é reduzida com a introdução de pequenas quantidades de gás He no sistema, com o objetivo de melhorar o aspecto dos íons nas lentes de saída. **3. Sistema de Detecção** está presente nas versões mais recentes de espectrômetros ICP-MS, e é composto por multicoletores de íons, que possuem a função de neutralizar os íons no multicoletor, sendo essenciais para a acurácia analítica do estudo, por serem independentes da estabilidade do feixe de íons na fonte.

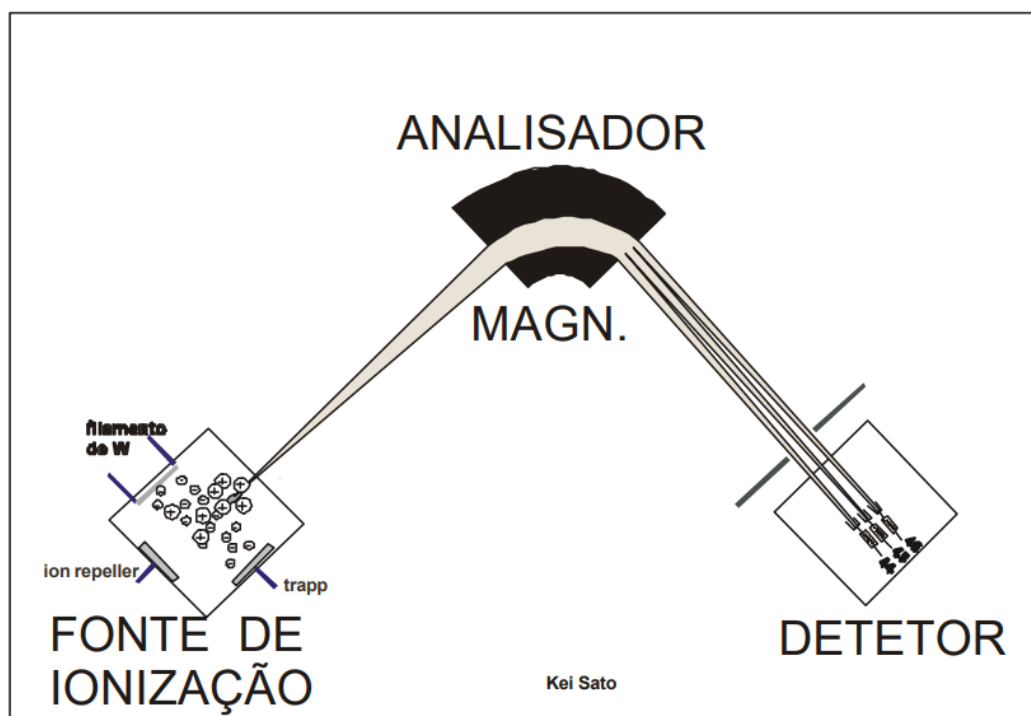


Figura 13 - Desenho esquemático do espectrômetro de massa com fonte gasosa (Adaptado de Sato & Kawashita 2002).

No método **LA-Q-ICP-MS**, o analisador de massas utilizado é o **Quadrupolo (QP)**, que possui em sua estrutura dois polos positivos e 2 negativos (Figura 11), neste modelo de analisador, os íons são modulados em um campo elétrico flutuante (RF), representados pelos círculos fechados, e os íons de círculos abertos são aqueles que não são modulados no analisador quadrupolo e chocam-se contra a parede do analisador. Após este momento de modulação, os íons

acelerados no analisador quadrupolo movem-se em direção helicoidal e somente as massas moduladas no RF passarão para o sistema de detecção do ICP.

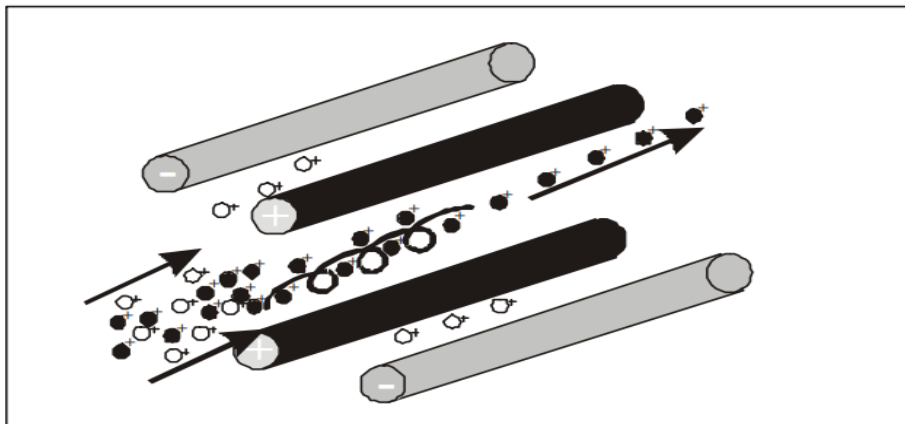


Figura 14 - Representação esquemática dos polos presentes no Q-ICP-MS e aceleração dos íons (Sato & Kawashita 2002).

Para o desenvolvimento de estudos isotópicos utilizando o sistema de ablação a laser (LA) acoplados aos sistemas ICP-MS, podem ser utilizados dois tipos principais de Lasers; os do tipo *Excimer* onde o comprimento de onda emitido é produto de uma transição eletrônica entre as moléculas do material analisado e a mistura de gás nobre e um halogênio que produz o feixe do laser, e os lasers modelo Nd:YAG, que consiste na emissão de luz por cristais ou materiais vítreos que possuem frequência quadruplicada (Takenaka 2014). O laser utilizado neste trabalho é do tipo Nd:YAG, modelo *LSX-213 G2*, da marca *CETAC* (Figura 12). O feixe produzido pelo laser incide sobre a amostra e é o responsável pela ablação da superfície exposta do material. Esta ablação consiste no desgaste progressivo e superficial do material por evaporação, fusão, sublimação, erosão, *sputtering* e explosão que permite analisar diretamente a amostra sem desgaste prévio.



Figura 15 - Laser Nd:YAG LSX-213 G2 (Cetac 2016)

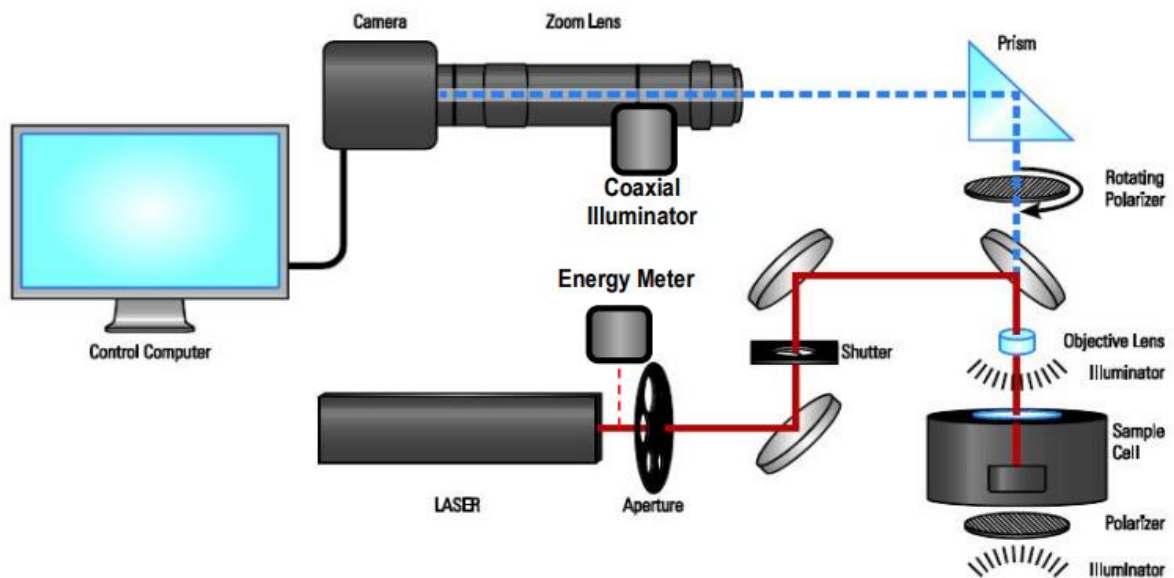


Figura 16 - Desenho esquemático do Sistema de Ablação a Laser LSX-213G2 (Cetac 2016).

O laser utilizado possui um feixe de 213 nm, que é focado no material a ser analisado por uma lente objetiva com iluminação incidente, transmitida ou refletida que está instalada no interior do sistema (Figura 13), e que pode ser utilizado em alta taxas de repetição para um frequência até 20Hz para melhor sensibilidade e amostragem conjuntamente com ICP-MS. Além disso, o sistema é composto pela *Sample Cell*, que é controlada pelo *software* DigiLaz G2, instalado no computador de apoio do ICP-MS e pode ser controlada nas direções X, Y, Z e que auxilia no imageamento da amostra, ajuste de foco, localização do material e posicionamento do ponto onde o laser deverá incidir na amostra, todo este sistema está conectado a um tubo onde passa gás He durante a análise para que o material analisado seja transportado até o ICP-MS.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 MATERIAIS DE REFERÊNCIA INTERNACIONAL PARA O MÉTODO U-Pb

As análises pontuais desenvolvidas em zircão precedem a leitura dos materiais de referência internacional, certificados e amplamente utilizados em diversos laboratórios pelo mundo. Neste trabalho foram analisados os zircões de referência BB (Santos *et al.* 2017), 91500 (Wiedenbeck *et al.* 1995) e Mud Tank (Black & Gulson 1978), durante repetidas sessões ao longo dos anos de 2021 e 2022. Ao todo, foram realizadas 373 análises pontuais para o zircão BB, 43 análises para o zircão 91500 e 30 análises para o zircão Mud Tank, tendo sido utilizados apenas os dados referentes ao ano de 2021 para este último.

As idades médias ponderadas foram obtidas a partir do cálculo da média das idades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de todas as análises pontuais realizadas. Estas foram utilizadas nos diagramas Concórdia que serão apresentados a seguir. Os valores obtidos das razões isotópicas  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  conjuntamente com os erros absolutos a  $1\sigma$  foram compilados na tabela 3, assim como a idade média ponderada calculada ( $2\sigma$ ) para cada MR. Como comparação, foram também apresentados dados extraídos de trabalhos utilizados como referência para o presente estudo.

Tabela 3- Síntese das razões isotópicas médias obtidas e idades calculadas para os zircões BB, 91500 e Mud Tank. Dados da literatura (em itálico) são também apresentados para comparação.

Zircão	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$ (%)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$ (%)	Idade Calculada ( $2\sigma$ )
BB (2021, n=151)	0,7302	0,56	0,09057	0,36	0,05867	0,43	$558 \pm 2$ Ma
BB (2022, n=222)	0,7349	0,27	0,09091	0,16	0,05268	0,18	$561 \pm 1$ Ma
<i>USP BB9 (n=13)<sup>1</sup></i>	<i>0,74204</i>	<i>0,02278</i>	<i>0,09097</i>	<i>0,00129</i>	<i>0,05916</i>	<i>0,00170</i>	<i>561 Ma</i>
<i>USP BB12 (n=16)<sup>1</sup></i>	<i>0,74934</i>	<i>0,02801</i>	<i>0,09155</i>	<i>0,00111</i>	<i>0,5937</i>	<i>0,00222</i>	<i>565 Ma</i>
<i>USP BB17 (n=13)<sup>1</sup></i>	<i>0,73845</i>	<i>0,02519</i>	<i>0,09113</i>	<i>0,00097</i>	<i>0,05877</i>	<i>0,00211</i>	<i>562 Ma</i>
91500 (2021, n=27)	1,849	1,0	0,1807	0,65	0,07397	0,94	$1071 \pm 6$ Ma
91500 (2022, n=16)	1,837	1,1	0,17995	0,48	0,07412	0,98	$1066 \pm 5$ Ma
<i>91500 (n=11)<sup>2</sup></i>	<i>1,8502</i>	<i>0,96</i>	<i>0,17917</i>	<i>0,96</i>	<i>0,07488</i>	<i>0,96</i>	<i>1062 ± Ma</i>
MudTank (2021, n=30)	1,0540	0,92	0,11993	0,40	0,06375	0,86	$730 \pm 3$ Ma
<i>Mud Tank (MIFB)<sup>3</sup></i>	<i>1,0137</i>		<i>0,1157</i>		<i>0,06355</i>		<i>732 ± 5 Ma</i>

(1) Zircão BB de Santos *et al.* (2017) (LA-ICP-MS); (2) Média Zircão 91500 de Wiedenbeck (1995) (ID-TIMS); (3) Zircão de Black & Gulson (1978) (SIMS).

O zircão BB foi analisado durante o ano de 2021 ao longo de repetidas sessões analíticas, por diferentes pesquisadores em datas especificadas no Anexo A. Para este MR, a idade média ponderada  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  obtida foi de  $558 \pm 2$  Ma (MSWD= 1,13; n=151; figura 18). Os valores médios obtidos para as razões isotópicas  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  com suas respectivas incertezas ( $2\sigma$ ) são apresentados na figura 19.

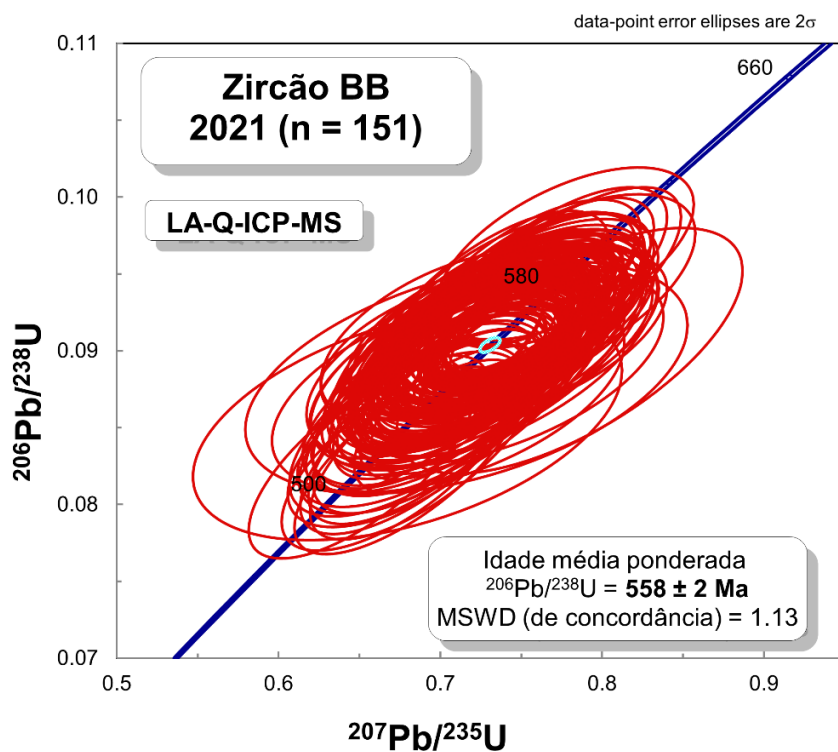


Figura 17 - Diagrama Concórdia para análises no zircão BB por LA-Q-ICP-MS durante o ano de 2021.

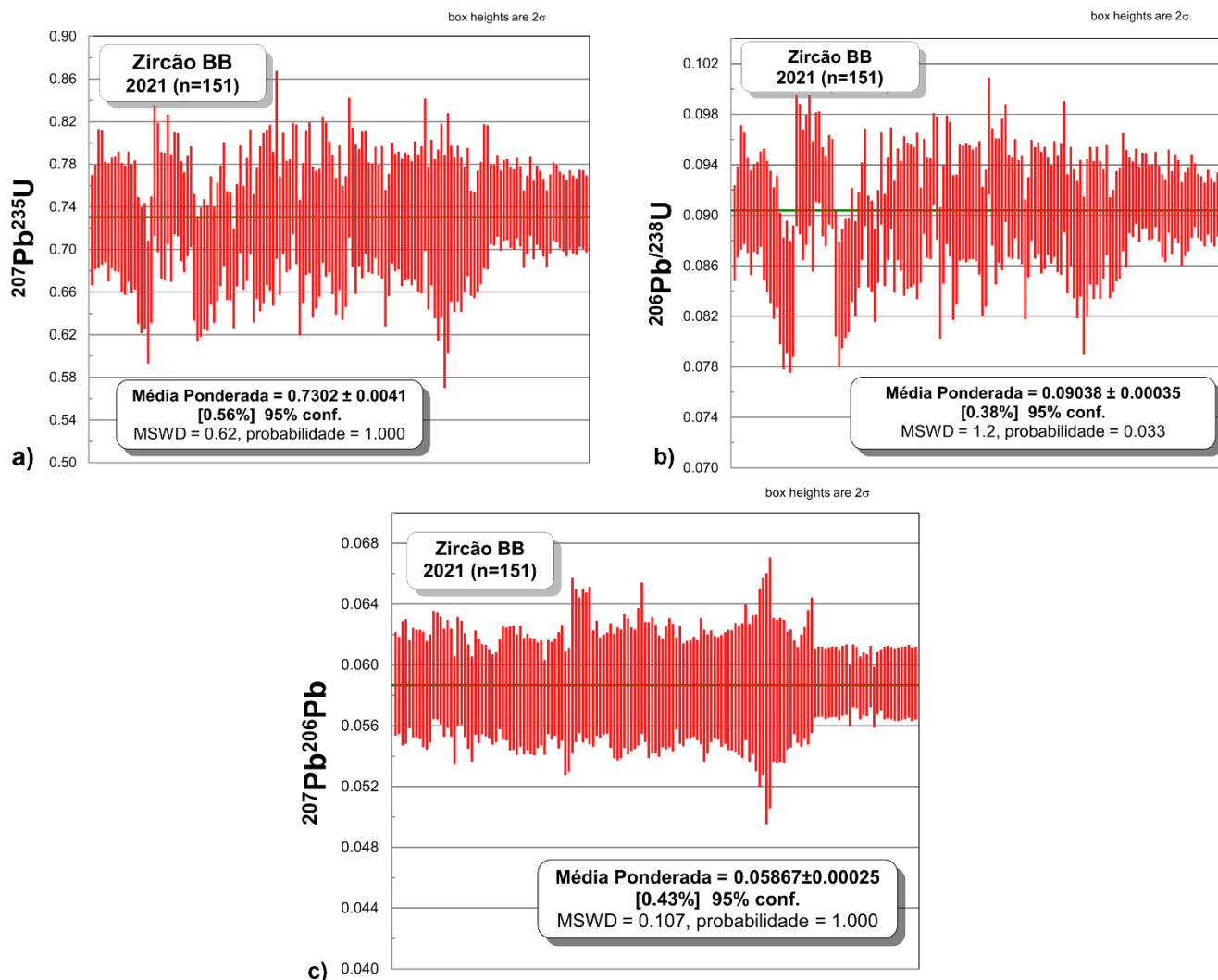


Figura 18 – Razões médias ponderadas obtidas por LA-Q-ICP-MS para o zircão BB no ano de 2021 (n=151): a)  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ; b)  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ; c)  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ .

O zircão BB foi analisado durante o ano de 2022 ao longo de repetidas sessões analíticas, por diferentes pesquisadores em datas distintas conforme especificado no Anexo A. Para este MR, a idade média ponderada  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  obtida foi de  $560 \pm 1$  Ma (MSWD=1,09; N= 222; figura 20). Os valores médios obtidos para as razões isotópicas  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  são apresentados na figura 21.

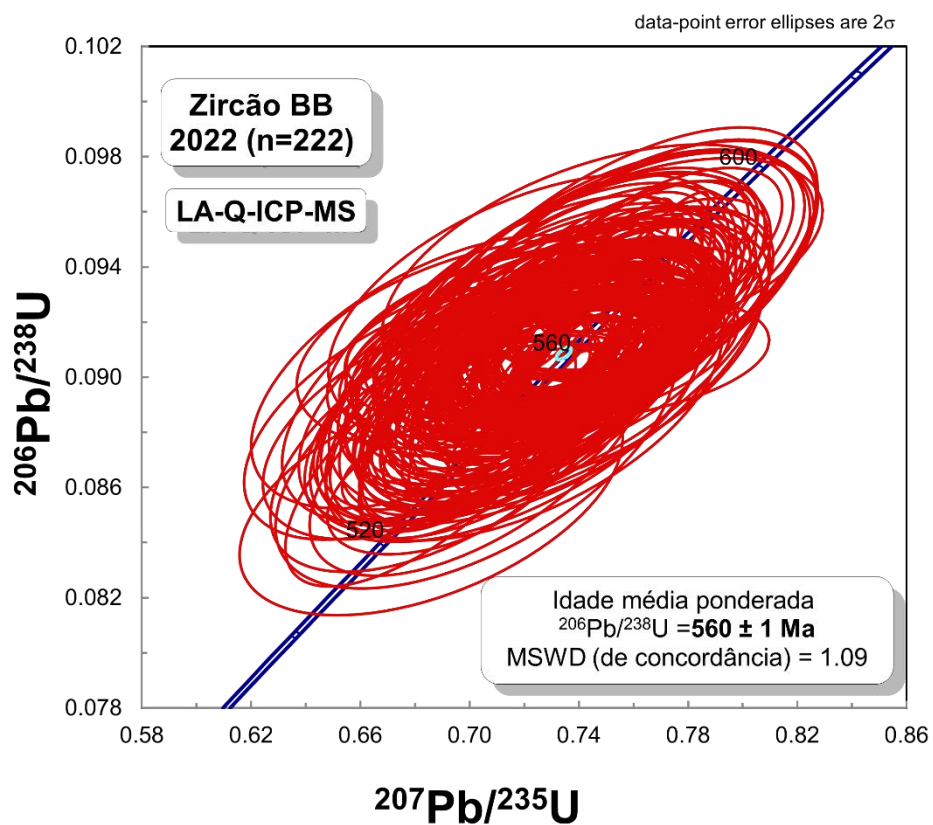


Figura 19 - Diagrama Concórdia para análises no zircão BB por LA-Q-ICP-MS durante o ano de 2022.

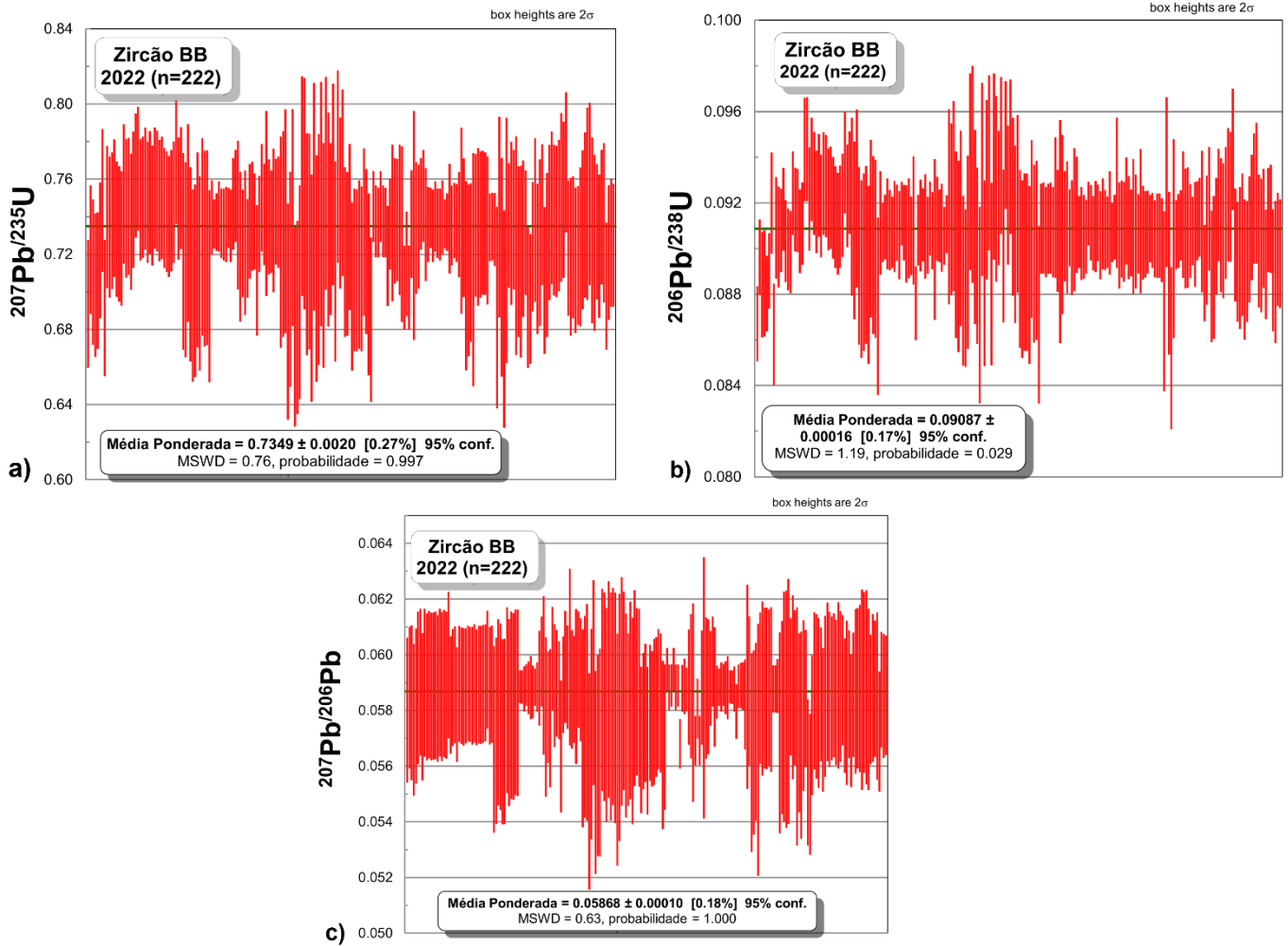


Figura 20 - Razões médias ponderadas obtidas por LA-Q-ICP-MS para o zircão BB no ano de 2022 (n=222). a)  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ; b)  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  c)  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ .

O zircão 91500 foi analisado durante o ano de 2021 ao longo de repetidas sessões analíticas, por diferentes pesquisadores em datas distintas conforme especificado no Anexo A. Para este MR, a idade média ponderada  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  obtida foi de  $1070 \pm 6$  Ma (MSWD=2,2; n= 27; figura 22). Os valores médios obtidos para as razões isotópicas  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  são apresentados na figura 23.

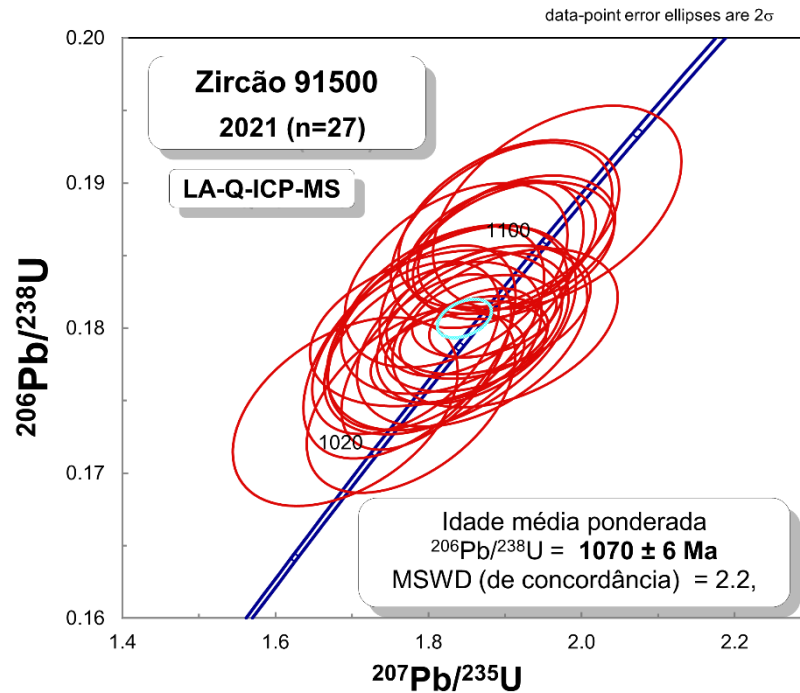


Figura 21 - Diagrama concórdia para idades obtidas no zircão 91500 durante o ano de 2021 por LA-Q-ICP-MS.

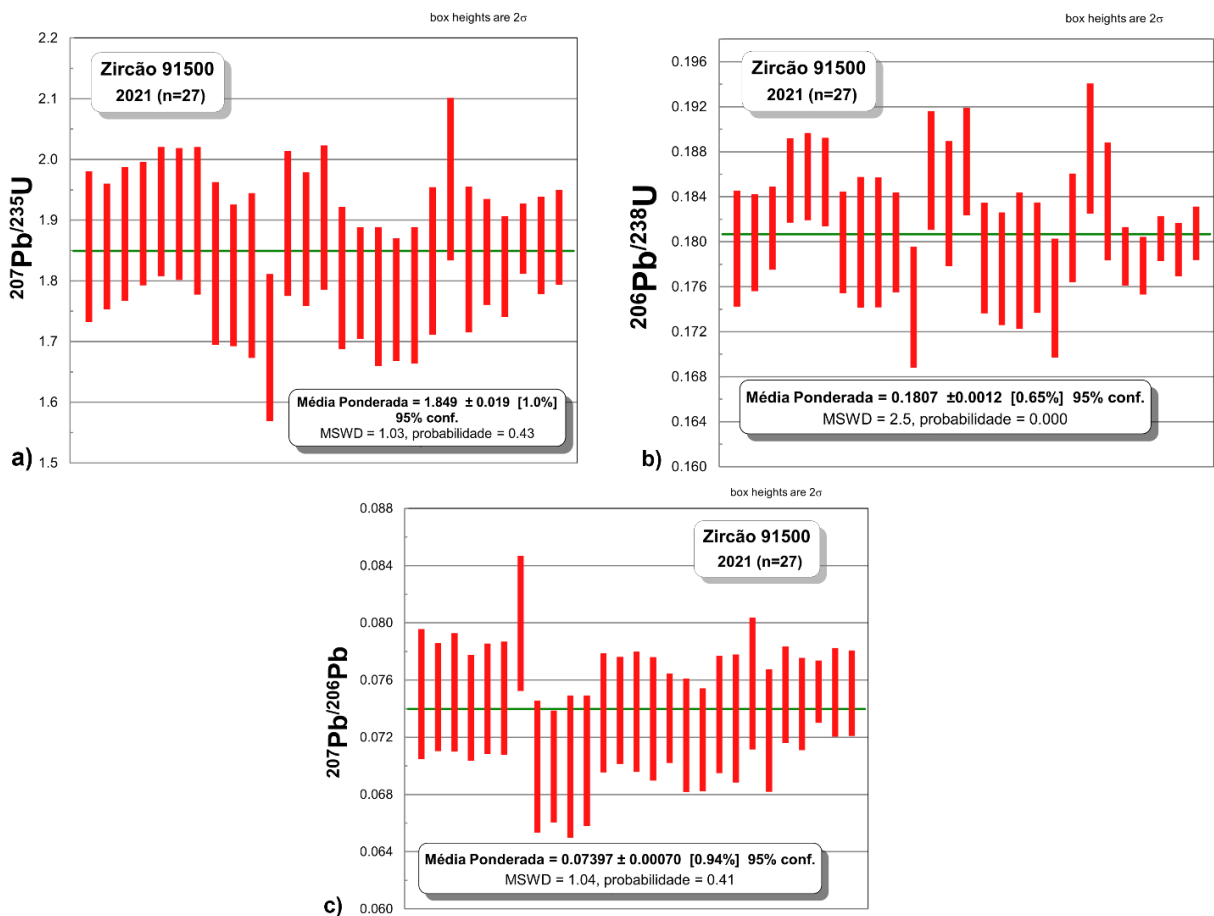


Figura 22 - Razões médias ponderadas obtidas por LA-Q-ICP-MS para o zircão 91500 no ano de 2021(n=27). a)  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ; b)  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  c)  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ .

O zircão 91500 foi analisado durante o ano de 2022 ao longo de repetidas sessões analíticas, por diferentes pesquisadores em datas distintas conforme especificado no Anexo A. Para este MR, a idade média ponderada  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  obtida foi de  $1065 \pm 5$  Ma (MSWD=0,45; n= 16; figura 24). Os valores médios obtidos para as razões isotópicas  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  são apresentados na figura 25.

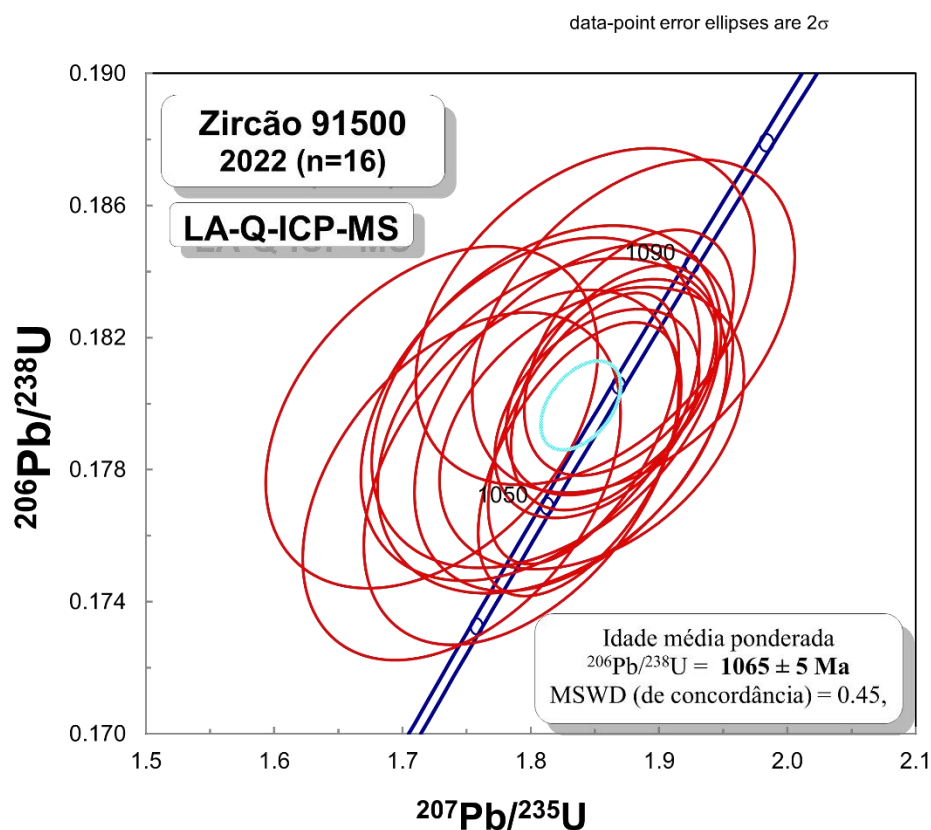


Figura 23 - Diagrama Concórdia para idades obtidas no zircão 91500 durante o ano de 2021 por LA-Q-ICP-MS.

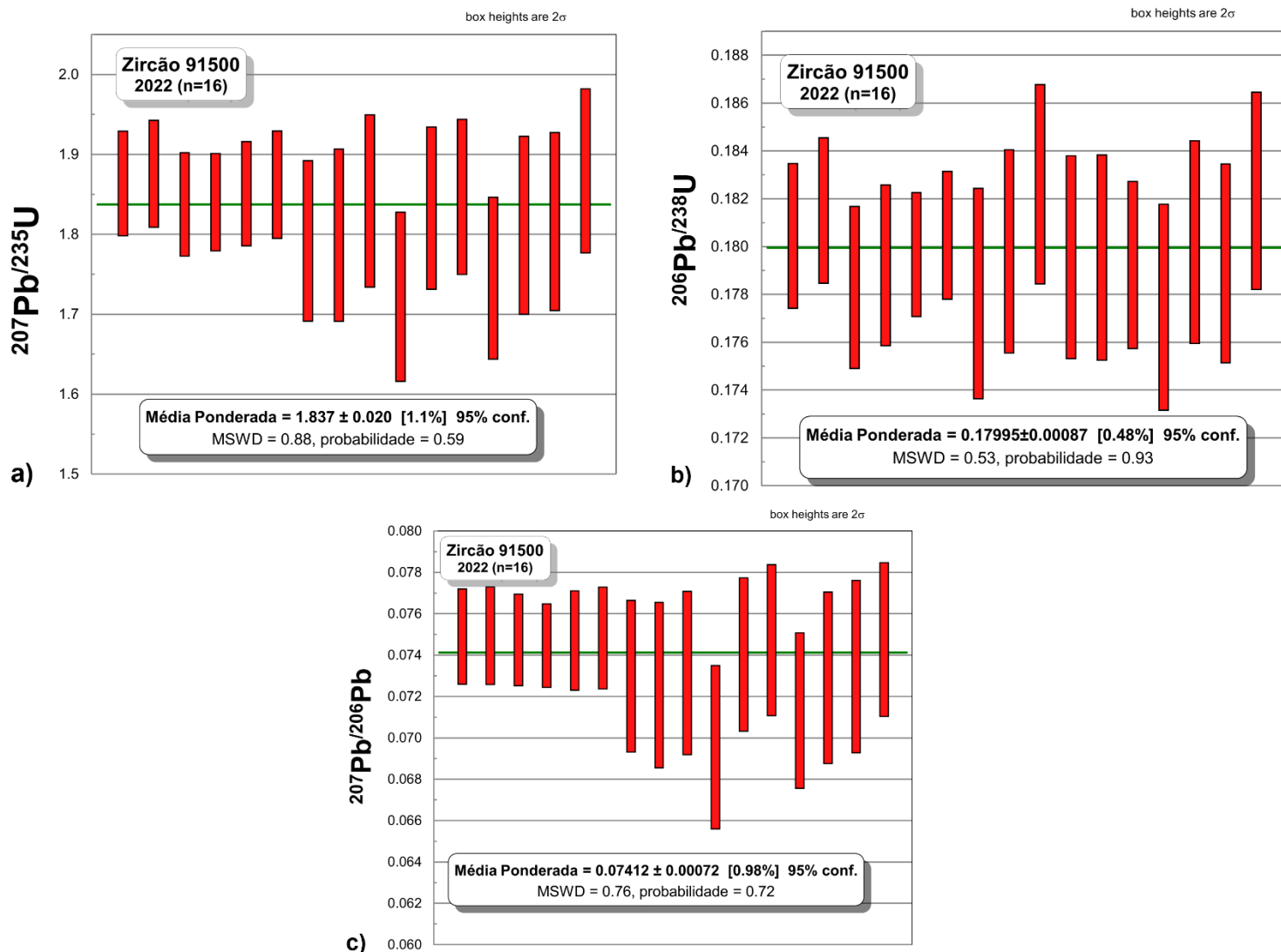


Figura 24 - Razões médias ponderadas obtidas por LA-Q-ICP-MS para o zircão 91500 no ano de 2022 (n=16). a)  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ; b)  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  c)  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ .

O zircão Mud Tank foi analisado durante o ano de 2021 ao longo de repetidas sessões analíticas, por diferentes pesquisadores em datas distintas conforme especificado no Anexo A. Para este MR, a idade média ponderada  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  obtida foi de  $730 \pm 17$  Ma (MSWD=1,3; n=30; figura 26). Os valores médios obtidos para as razões isotópicas  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  são apresentados na figura 26.

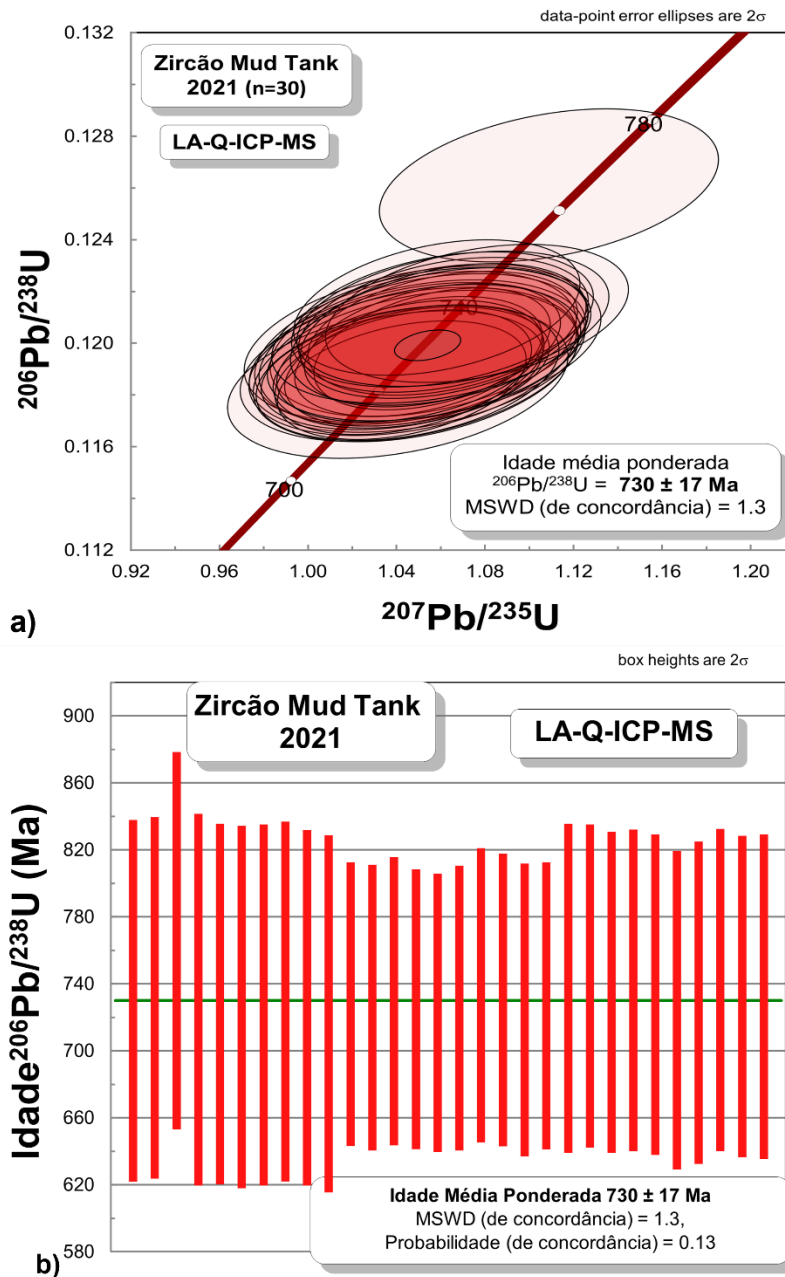


Figura 25 - a) Diagrama Concórdia para idade obtida no zircão MudTank durante o ano de 2021 (n=30) por LA-Q-ICP-MS b) Idade média ponderada  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ .

Finalmente, tomando-se como base os dois anos em análise neste estudo, a média ponderada das idades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  obtida para o Zircão BB foi de  $560 \pm 1 \text{ Ma}$  (MSWD = 1.12; n = 373) (Fig. 23a), para o Zircão 91500 foi de  $1069 \pm 4 \text{ Ma}$  (MSWD =  $1069 \pm 4 \text{ Ma}$ ; n=43) (Fig. 23b). A figura 23 mostra os diagramas concórdia dos resultados obtidos nas análises realizadas durante o ano de 2021 e 2022 dos zircões BB, 91500.

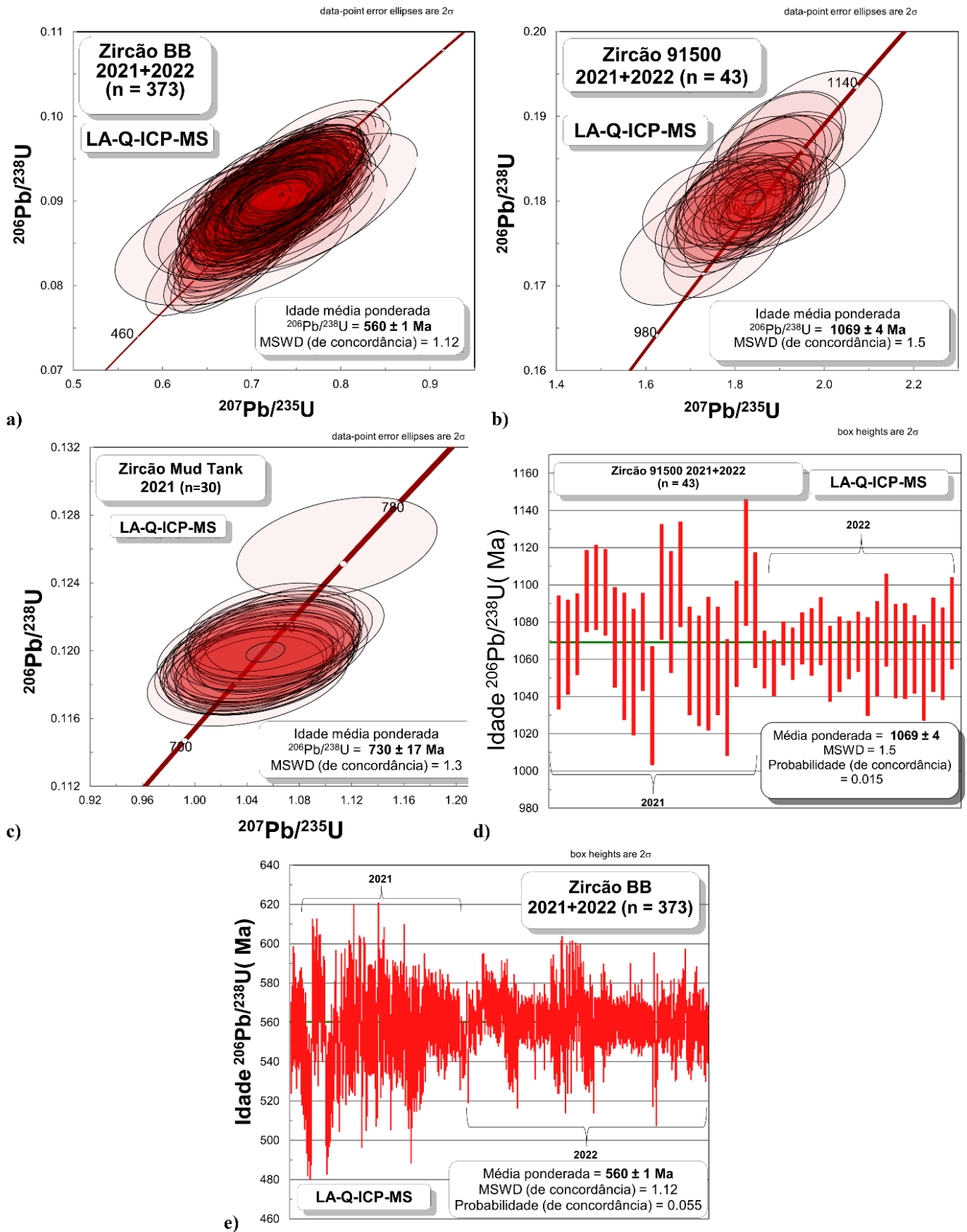


Figura 26 – Diagramas Concórdias das idades obtidas nos Mrs estudados nos anos 2021 e 2022 e gráficos de média ponderada obtidos nos Mrs. a) Zircão BB; b) Zircão 91500; c) Zircão Mud Tank; d)  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  MR 91500; e)  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  MR BB.

## 6.2 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO GEOLÓGICA

Como exemplos de aplicação geológica, buscou-se neste estudo compilar todas as análises U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS realizadas em diferentes tipos de rocha desde a implantação dessa rotina analítica no Pará-Iso/UFGPA. Tais análises foram realizadas por pesquisadores (estudantes e professores) vinculados à Faculdade de Geologia (FAGEO) e ao PPGG nos três níveis de formação acadêmica (TCC, Mestrado, Doutorado). O banco de dados obtido (Tabela 4) totaliza 4.465 análises pontuais (*spots*) realizadas durante os anos de 2021 e 2022. Durante este período foram estudadas rochas dos três grandes grupos e suas variações, que totalizaram 3438 *spots* (77%) de análises feitas em cristais de zircão de rocha ígnea, 820 *spots* (18%) em zircão detrítico de rocha sedimentar e 207 *spots* em zircões de rocha metamórfica (Figura 28). Em termos de domínios geotectônicos e região (Figura 29), obteve-se a seguinte estatística: Cráton Amazônico (64%), Província Borborema (14%), Faixa Paraguai (9%), Zona Iberiana Central, em Portugal (7%) e Cráton São Luís (6%).

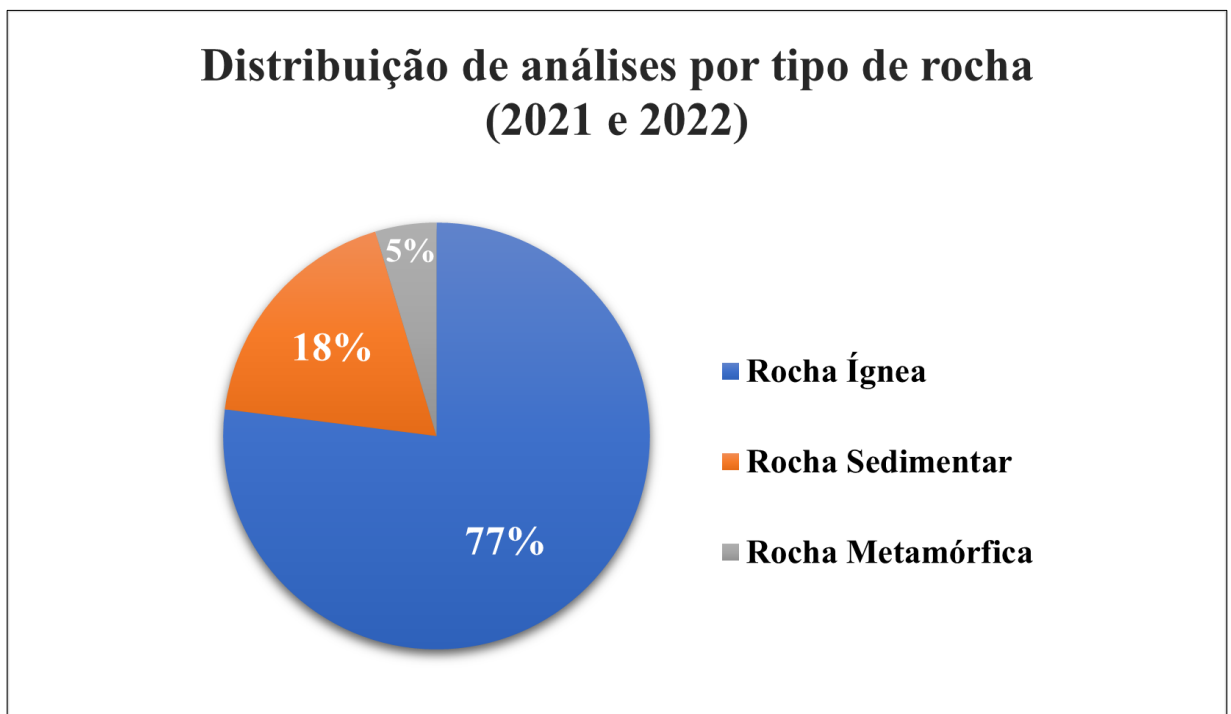


Figura 27 – Levantamento estatístico das análises realizadas por tipo de rocha.

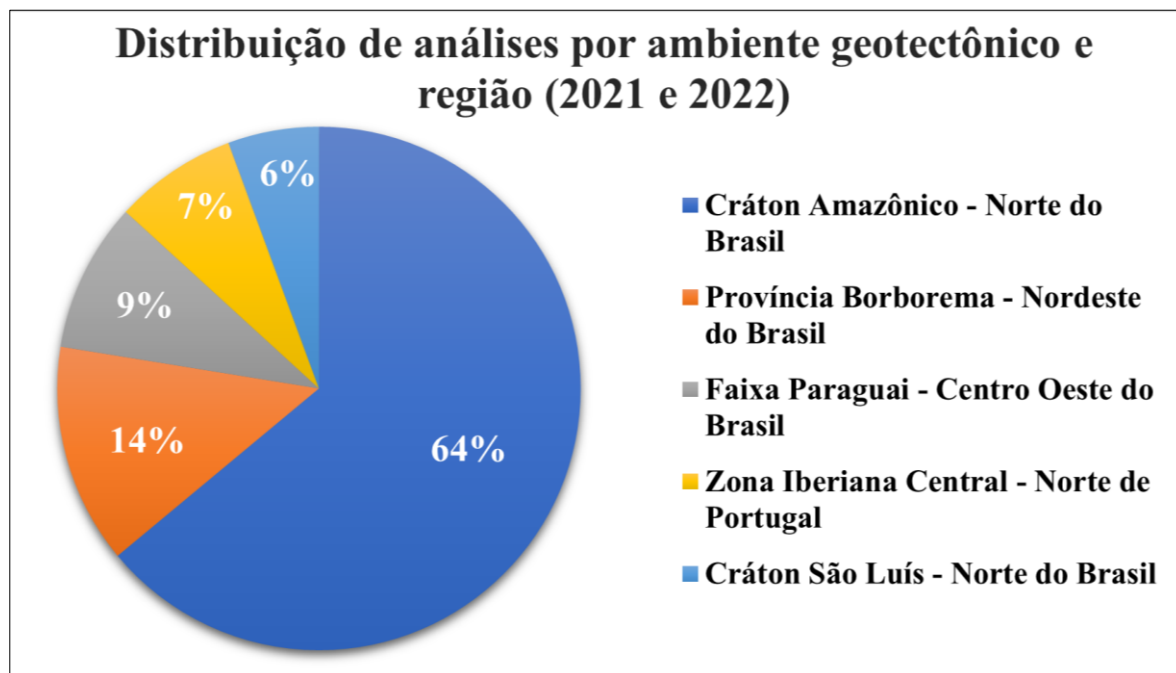


Figura 28 – Gráfico estatístico do total de análises realizadas por ambiente geotectônico e região nos anos de 2021 e 2022.

A maior parte das análises foram realizadas no contexto do Cráton Amazônico (CA) (Figura 30) representando 64% (2856 *spots*) do total de análises realizadas, sendo em maior expressividade neste contexto, as rochas da Província Carajás, que foi o terreno mais demandante de análises geocronológicas no *iCAP-Q*, durante o mesmo período, totalizando 74% do total de análises realizadas no Cráton Amazônico. Estes trabalhos versam sobre a geologia e geocronologia de unidades litoestratigráficas inseridas nos Domínios Rio Maria, Carajás e Sapucaia. Ainda no contexto do Cráton Amazônico, o Escudo das Guianas totalizou para o mesmo período 17% (486 *spots*) das análises realizadas, sendo 9% (257 *spots*) dos trabalhos realizados na porção sudeste (Bloco Amapá e Domínio Lourenço) e 8% (229 *spots*) realizados na porção central deste escudo (Domínio Guiana Central e noroeste do Amazonas).

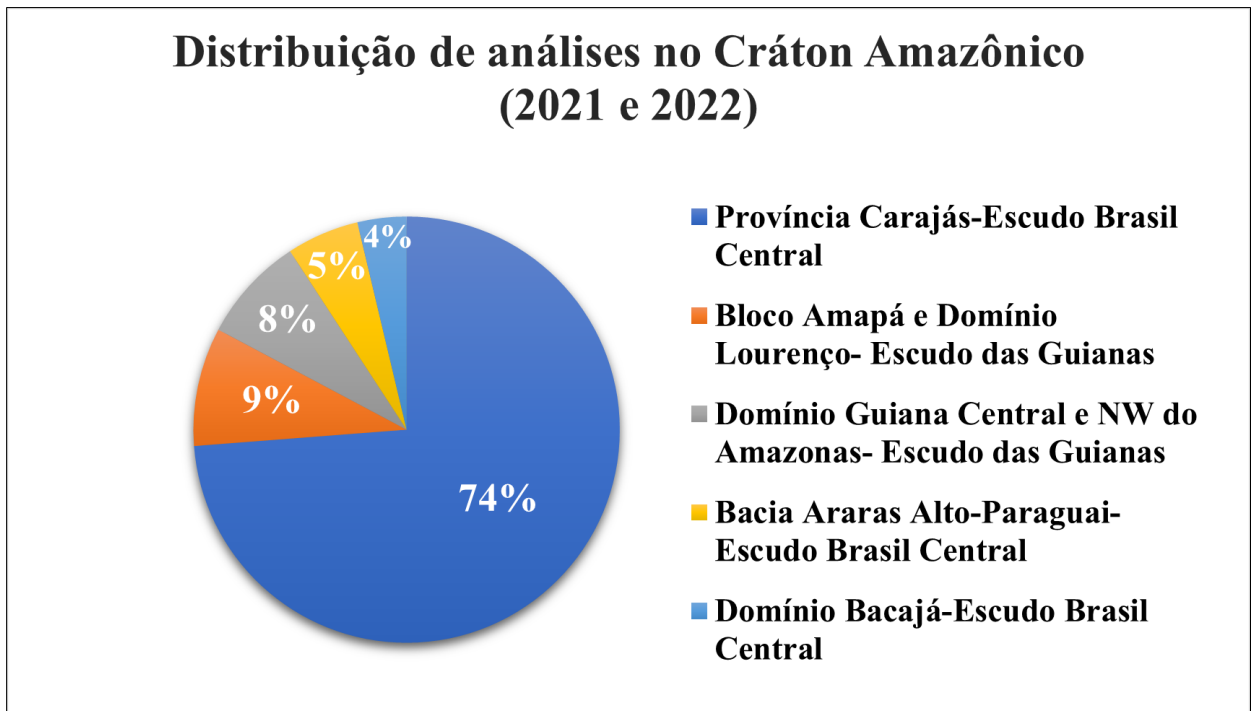


Figura 29 – Detalhamento das análises realizadas no Cráton Amazônico durante os anos 2021 e 2022.

A segunda unidade geotectônica com maior número de análises desenvolvidas no *iCAP-Q*, foi a Província Borborema, tendo sido responsável por 14% (607 *spots*) do total de análises (Figura 29), em trabalhos que visam trazer maiores detalhamentos das rochas inseridas no contexto do Sistema Orogênico Sergipano, da porção Sul da Província Borborema, e uma área no Contexto da Zona de Cisalhamento Sobral-Cariré, na porção noroeste do Estado do Ceará. Em seguida, a Faixa Paraguai é o ambiente geotectônico representado por 9% (412 *spots*) das análises realizadas, em trabalhos que visam contribuir com o conhecimento geológico das áreas onde ocorrem as rochas inseridas na capa carbonática ediacarana e da bacia Araras Alto-Paraguai.

Foram realizadas também análises na unidade geotectônica denominada Zona Iberiana Central, inserida no contexto dos complexos anatéticos da porção Norte de Portugal, sendo realizadas 7% (339 *spots*) do total de análises, para o mesmo período estudado neste trabalho. Por último, os trabalhos desenvolvidos sob as rochas do Cráton São Luís representam 6% (251 *spots*) do total de análises, e são trabalhos desenvolvidos nas áreas compreendidas pelo Cinturão Gurupi em estudos de proveniência sedimentar.

Tabela 4- Síntese dos trabalhos acadêmicos desenvolvidos no âmbito da FAGEO e do PPGG/UFPA que realizaram análises U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS no Pará-Iso/UFPA.

(continua)

TÍTULO DA PESQUISA	AUTOR	NÍVEL	ORIENTADOR	DATA / Nº DE ANÁLISES
Geocronologia U-Pb em monazita e zircão do metamorfismo de alto grau do Complexo Tartarugal Grande, região centro-leste do Amapá	Miranda S. S.	TCC	Milhomem Neto J. M.	07/12/2021 (n = 43)
Geocronologia e geoquímica dos granitóides mesoarqueanos da região de Inajá, Sul do Pará: implicações para a evolução crustal do Domínio Rio Maria, Província Carajás.	Nogueira B. K. C.	Doutorado	Lafon J. M.	09/12/2021 (n = 172) 10/12/2021 (n = 43)
Evolução crustal do setor sul da Província Borborema: Domínio Macururé, Sistema Orogênico Sergipano	Pereira F. S.	Doutorado	Lafon J. M.	10/12/2021 (n = 134)
Avaliação da metodologia Lu-Hf em zircão de granitoides paleoproterozoicos do Cráton São Luís/Cinturão Gurupi na aplicação em estudos de proveniência sedimentar de sucessões sedimentares.	Ferreira F. B.	Mestrado	Moura C. A. V	14/12/2021 (n = 251)
Geocronologia U-Pb-Hf dos granitos sin-tectônicos e relações estruturais na Zona de Cisalhamento Sobral-Cariré-Campo Lindo, noroeste do Ceará.	Santos M. H. S.	Mestrado	Galarza M. A.	27/12/2021 (n = 108)
Evolução crustal das rochas estaterianas e calaminianas do extremo noroeste do Amazonas, região de São Gabriel da Cachoeira à Missão Tunuí.	Veras R. S.	Doutorado	Macambira M. J. B.	28/12/2021 (n = 121)

(continuação)

TÍTULO DA PESQUISA	AUTOR	NÍVEL	ORIENTADOR	DATA / Nº DE ANÁLISES
Arcabouço estratigráfico da seção Ediacarana-Cambriana da bacia Araras Alto-Paraguai, Sul do Cráton Amazônico.	Carvalho D. F.	Doutorado	Macambira M. J. B.	28/12/2021 (n = 157)
Evolução crustal do setor sul da Província Borborema: Domínio Macururé, Sistema Orogênico Sergipano	Pereira F. S.	Doutorado	Lafon J. M.	31/01/2022 (n = 106) 02/02/2022 (n = 177) 31/05/2022 (n = 82)
Geologia e geocronologia U-Pb-Hf do magmatismo arqueano da borda sul do Domínio Lourenço, Amapá	Cantao R. G.	Mestrado	Lafon J. M.	29/12/2021 (n = 108) 13/09/2022 (n = 61)
Geocronologia U-Pb em zircão e Sm-Nd em rocha total de quartzitos da região de Tucumã-PA, Província Carajás	Oliveira E. T. F.	TCC	Milhomem Neto J. M.	29/12/2021 (n = 119)
Evolução Crustal do Domínio Guiana Central	Rodrigues V. A.	Doutorado	Macambira M. J. B.	10/01/2022 (n = 108)
Rochas charnoquíticas e máficas associadas da região de Ourilândia do Norte (PA): geologia isotópica (U-Pb e Lu-Hf em zircão) e implicações na evolução crustal do Domínio Carajás.	Santos M. C.	Mestrado	Macambira M. J. B.	11/01/2022 (n = 82)
Geocronologia e geoquímica dos granitóides mesoarqueanos da região de Inajá, Sul do Pará: implicações para a evolução crustal do Domínio Rio Maria, Província Carajás.	Nogueira B. K. C.	Doutorado	Lafon J. M.	14 e 15/02/2022 (n = 126) 07/09/2022 (n = 241)

(continuação)

TÍTULO DA PESQUISA	AUTOR	NÍVEL	ORIENTADOR	DATA / Nº DE ANÁLISES
Geocronologia U-Pb em monazita e zircão do metamorfismo de alto grau do Complexo Tartarugal Grande, região centro-leste do Amapá	Miranda S. S.	TCC	Milhomem J. M. N.	27/07/2022 (n = 45)
Petrogênese e contextualização tectônica dos granitoides mesoarqueanos do terreno Sapucaia	Nascimento A. C.	Doutorado	Oliveira D. C.	28/07/2022 (n = 256) 29/11/2022 (n = 55)
Tipo e origem dos granitoides neoarqueanos de Ourilândia do Norte e Tucumã	Felix, W. Q.	Doutorado	Oliveira, D. C.	21 e 22/07/2022 (n = 211) 14 e 15/09/2022 (n = 125) 23 e 24/11/2022 (n = 97)
Granitoides mesoarqueanos do norte de Tucumã, Província Carajás	Silva L. C.e	Doutorado	Oliveira D. C.	29/07/2022 (n = 166)
Geocronologia dos mega enclaves de Água Azul do Norte (PA), Província Carajás	Pinto E. S.	Mestrado	Oliveira D. C.	22/07/2022 (n = 166)
Petrologia, Geocronologia e Geologia Isotópica dos granitoides arqueanos da área de Bannach: Implicações geotectônicas e evolução crustal da crosta arqueana do Domínio Rio Maria, Província Carajás.	Machado J. R. M.	Doutorado	Oliveira D. C.	22/07/2022 (n = 41) 14/09/2022 (n = 42) 23 e 24/11/2022 (n = 108)
Paleoambiente e Paleocyanografia da Capa Carbonática Ediacarana do Sudeste do Cráton Amazônico	Santos R. F.	Doutorado	Nogueira A. C. R.	13/09/2022 (n = 43)
Geologia, Geocronologia U-Pb e afinidade petrológica do embasamento mesoarqueano de afinidade TTG de Ourilândia do Norte – Tucumã (PA), Província Carajás.	Reis Y. H. C.	Mestrado	Oliveira D. C.	14 e 15/09/2022 (n = 57)

(conclusão)

TÍTULO DA PESQUISA	AUTOR	NÍVEL	ORIENTADOR	DATA / N° DE ANÁLISES
Paleoambiente e proveniência da Formação Diamantino: registro Eopaleozoico ou Mesozoico (pós-camp) no sudeste do Cráton Amazônico.	Oliveira P. G. A.	Mestrado	Bandeira J. B. C. S.	26, 27 e 28/10/2022 (n = 369)
Geologia, Geoquímica e Geologia Isotópica da Região “Volta Grande do Xingu”: Evolução Crustal do NW do Domínio Bacajá, Província maroni-Itacaiúnas, Cráton Amazônico.	Pimentel H. S.	Doutorado	Macambira M. J. B.	25/10/2022 (n = 106)
The anatectic complexes of the Central Iberian Zone (Northern Portugal): geochemical and thermochronological constraints on their genesis, evolution, exhumations and the role of associated shear zones.	Fonseca B. I. C.	Doutorado	Lafon J. M.	28/10/2022 (n = 44) 11 e 14/11/2022 (n = 295)

A contribuição docente para o desenvolvimento e aplicação da metodologia U-Pb por LA-Q-ICP-MS foi de fundamental importância para o presente trabalho. Os trabalhos orientados por Lafon J. M., são os trabalhos com maior número de análises totalizando 1589 *spots* (35%) seguido por Oliveira D. C., com 1324 *spots* (30%), Macambira M. J. B., com 574 *spots* (13%), Bandeira J. B. C. S., 369 *spots* (8%), Moura C. A. V., 251 *spots* (6%), Milhomem Neto J. M., com 207 *spots* (5%), Galarza M. A., com 108 *spots* (2%) e Nogueira A. C. R., com 43 *spots* (1%), dados representados graficamente na Figura 31.

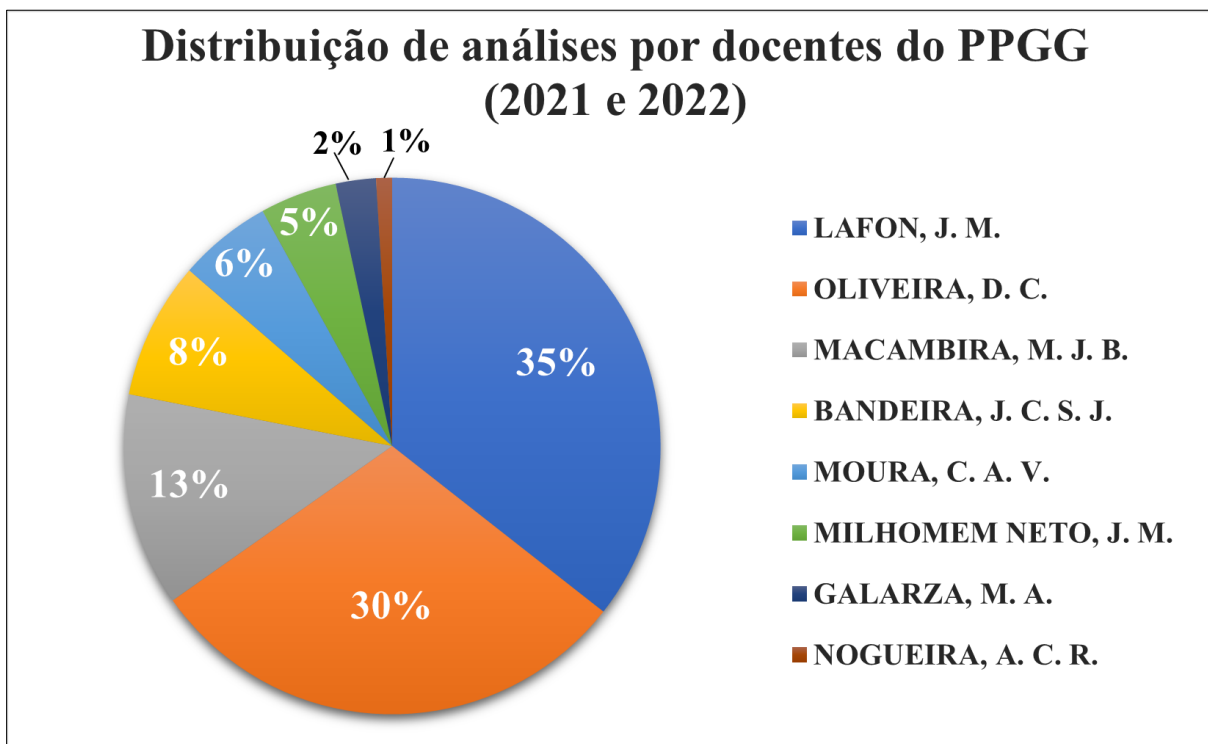


Figura 30 – Estatística de orientação docente vs. quantitativo de análises realizadas no âmbito da FAGEO e PPGG/UFPA no Pará-Iso, utilizando a metodologia U-Pb em zircão por LA-Q-ICP-MS.

## 7 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para os materiais de referência internacional de U e Pb, zircões BB, 91500 e MudTank, analisados durante os anos de 2021 e 2022, durante as etapas de implementação e aplicação da metodologia U-Pb para análises *in situ* de zircões por LA-Q-ICP-MS reproduziram os valores da literatura com precisão, acurácia e reprodutibilidade necessária para a aplicação em rotina da metodologia no Pará-Iso/UFGPA.

A aplicação da metodologia U-Pb nos MR de zircões forneceram as idades para o zircão BB de  $558 \pm 2$  Ma para o ano de 2021 e de  $560 \pm 1$  Ma para o ano de 2022; o zircão 91500 teve sua idade estimada em  $1070 \pm 6$  Ma para o ano de 2021 e  $1065 \pm 5$  Ma para o ano de 2022; para o MR Mud Tank, a idade encontrada foi de  $730 \pm 17$  Ma. Estas idades concordam com as idades disponibilizadas para os MRs BB, 91500 e Mud Tank, estudados por Santos *et al.* (2017), Wiedenbeck (1995) e Black & Gulson (1978), respectivamente.

Durante as aplicações e testes realizados, o zircão BB (Santos *et al.* 2017) foi o material de referência analisado que mais se adequou para uso como material de referência secundário, pois apresentou durante todas as sessões de análise um sinal analítico estável, menor variância nas razões isotópicas e maior concordância de idades com aquelas da literatura.

Os MRs 91500 e Mud Tank apresentaram maior variância nos dados analisados e maior discrepância com as idades difundidas na comunidade científica, comprovado pelo baixo quantitativo de análises do primeiro para os dois anos de análises compreendidos neste trabalho e na ausência de dados analíticos do Mud Tank durante o ano de 2022.

Os resultados encontrados durante a aplicação geológica do presente método mostram que 77% dos trabalhos desenvolvidos e que realizaram análises geocronológicas no laboratório Pará-Iso/UFGPA são pesquisas realizadas em rochas ígneas, pertencentes em sua maioria ao contexto geológico do Cráton Amazônico (norte do Brasil), sendo o ambiente com maior número de análises desenvolvidas, com cerca de 64% do total para os anos de 2021 e 2022. Em seguida as rochas sedimentares com 18% do total de análises e metamórfica com apenas 5% do montante de análises. Os demais ambientes geotectônicos em que foram realizadas aplicações geológicas distribuem-se da seguinte forma: Província Borborema – Escudo Brasil Central (14%), Faixa Paraguai – Centro Oeste do Brasil (9%), Zona Iberiana Central – Norte de Portugal (7%), Cráton São Luís – Norte do Brasil (6%), em números de *spots* realizados por cada trabalho desenvolvido no âmbito do laboratório durante os anos estudados no presente trabalho.

O desenvolvimento dos diversos trabalhos no âmbito do Cráton Amazônico torna-o, o mais bem explorado em análises geocronológicas durante os anos de 2021 e 2022. Cerca de 74% das análises realizadas no Cráton Amazônico foram em as rochas da Província Carajás – Escudo Brasil

Central; 9% sobre as rochas presentes no Bloco Amapá e Domínio Lourenço, inseridas no Escudo das Guianas; 8% em rochas do Domínio Guiana Central e porção NW do Amazonas também no contexto do Escudo das Guianas; 5% foram realizadas sobre as rochas da Bacia Araras – Alto Paraguai, e por fim 4% são unidades pertencentes ao Domínio Bacajá – Escudo Brasil Central.

## REFERÊNCIAS

- Ahrens L. H. 1955. Implications of the Rhodesia age pattern. *Geochimica et Cosmochimica. Acta*, **8**: 1-5.
- Barbosa J.P.O. & Chaves C.L. 2015. *Geologia e recursos minerais da Folha Macapá - NA.22-Y-D, Estado do Amapá*, Escala 1:250.000. Belém, CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 116p.
- Black L. P. & Gulson B. L. 1978. The age of the Mud Tank carbonatite, Strangways Range, Northern Territory. *BMR Journal of Australian Geology and Geophysics*, **3**: 227-232.
- Buhn B. Pimentel M. M., Matteini M., Dantas E. L. 2009. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectroetry (LC-ICP-MS). *Academia Brasileira de Ciências* **81**: 99-114.
- Cameron A. E., Smith D.E., Walker R.L. 1969. Mass spectrometry of nanogram size samples of lead. *Analytical. Chemistry.*, **41**: 525-526
- Compston W., Kinny P.D., Williams I.S., Foster J.J. 1986. The age and Pb loss behaviour of zircons from the Isua supracrustal belt as determined by ion microprobe. *Earth and Planetary Science Letters*, **80**: 71-81.
- Chemale Jr. F., Dussin I.A., Alkmim F.F., Martins M.S., Queiroga G., Armstrong R., Santos M.N. 2012. Unravelling a proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: The case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. *Gondwana Res.* **22**: 200–206.
- Dissanayake C.B. & Rupasinghe M.S. 1993. A prospector's guide map of the gem deposits of Sri Lanka. *Gems Gemmol.*, **29**: 173-181.
- Elhlou S., Belousova E., Griffin W.L., Pearson N.J., O'reilly S.Y. 2006. Trace element and isotopic composition of GJ red zircon standard by laser ablation. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **70**: A158.
- Faure G. 1986. *Principles of isotope geology*. 2 nd ed. New York, John Wiley & Sons, 589p.
- Faure G. & Mensing T.M. 2005. *Isotopes: principles and applications*, 3<sup>a</sup> ed. New York, John Wiley Ed. 897p.
- Feng R., Machado N., Ludden J. 1993. Lead geochronology of zircon by Laser Probe-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LP-ICP-MS). *Geochimica et Cosmochimica. Acta*, **57**: 3479-3486.
- Fryer B.J., Jackson S.E., Longerich H.P. 1993. The application of laser ablation microprobeinductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-Mc-ICP-MS) to in situ (U)-Pb geochronology. *Chemical Geology*, **109**: 1-8.
- Geraldes M. C. 2010. *Introdução a geocronologia*. 1 ed. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geociências, 146p.
- Gray A.L. 1985. Solid sample introduction by laser ablation for inductively coupled plasma source mass spectrometry. *Analyst*. **110**: 551–556.

Hirata T. & Nesbitt R.W. 1995. U-Pb isotope geochronology of zircon: evaluation of the laser probe -inductively coupled plasma mass spectrometry technique. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **59**: 2491-2500.

Horstwood M.S.A., Kosler J., Gehrels G., Jackson S.E., McLean N.M., Paton C., Pearson N.J., Sircombe K., Sylvester P., Vermeesch P., Bowring J.F., Condon D.J., Schoene B., 2016. Community-derived standards for LA-ICP-MS U-Th-Pb geochronology e uncertainty propagation, age interpretation and data reporting. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **40**(3): 311-332.

Holmes A. 1911. The association of lead with uranium in rock-minerals and its application to the measurement of geological time. *Proc. Roy. Soc. Lond.*, **85**: 248-256.

Holmes A. & Lawson R.W. 1927. Factors involves in the calculation of the ages of radioactive minerals. *Am. J. Sci.*, **13**: 327–344.

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG (2002) - Química e geoquímica do Urânio. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/capitulo%202.pdf>. Acesso em: 20/11/2021.

Jackson S. E., Pearson N. J., Griffin W. L, Belousova, E. A. 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasm-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, **211**: 47-69.

Kröner A., Kehelpannala K.V.W., Kriegsman L.M. 1994. Origin of compositional layering and mechanism of crustal thickening in the high-grade gneiss terrain of Sri Lanka. *Precamb. Res.*, **66**: 21-37.

Lana C., Alkmim F.F., Armstrong R., Scholz R., Romano R., Nalini H.A. 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, **230**: 1-30.

Ludwig K.R. 2003. *User's manual for Isoplot/Ex version 3.00* – a geochronology Toolkit for Microsoft Excel, No. 4. Berkeley Geochronological Center, Special Publication, 70 p.

Milhomem Neto J.M., Lafon J.M. 2020. Crustal growth and reworking of Archean crust within the Rhyacian domains of the southeastern Guiana Shield, Brazil: evidence from zircon U-Pb-Hf and whole-rock Sm-Nd geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, **103**: 102740.

Milhomem Neto J.M., Lafon J.M. 2019. Zircon U-Pb and Lu-Hf isotope constraints on Archean crustal evolution in Southeastern Guyana Shield. *Geoscience Frontiers*, **10**: 1477-1506.

Milhomem Neto J.M., Lafon J.M., Galarza M.A. 2017a. Lu-Hf em zircão por LA-MC-ICPMS no laboratório Pará-Iso (UFPA): metodologia e primeiro exemplo de aplicação na porção Sudeste do Escudo das Guianas, estado do Amapá. In: Rizzotto G. J., Quadros M. L. do E. S., Vasquez M. L. (org.) *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém, SBG-Núcleo Norte. **10**: 195-208.

Milhomem Neto J. M., Lafon J. M., Galarza M. A., Moura, C. A. V. 2017b. U-Pb em zircão por LA-MC-ICP-MS no laboratório Pará-Iso (UFPA): metodologia e aplicação na porção sudeste do Escudo das Guianas. In: Rizzotto G. J., Quadros M. L. do E. S., Vasquez M. L. (org.) *Contribuições a geologia da Amazônia*. **10**: 333-346.

Nogueira S.A.A., Bettencourt J.S., Tassinari C.C.G. 2000. Geochronology of the granitoid hosted Salamangone gold deposit Lourenço District Amapá, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**(2): 261:264

Oliveira E.C., Lafon J.M, Gioia S.M.C.L., Pimentel M.M. 2008. Datação Sm-Nd em rocha total e granada do metamorfismo granulítico da região de Tartarugal Grande, Amapá Central. *Revista Brasileira de Geociências*, **38**(1): 116-129.

Rosa-Costa L.T., Chaves C.L., Klein E.L. 2014. *Geologia e recursos minerais da Folha Rio Araguari – NA.22-Y-B, Estado do Amapá*, Escala 1:250.00. Belém, CPRM. 159p.

Russo R.E., Mao X.L., Liu H., Gonzalez J., Mao S.S. 2002. Laser ablation in analytical chemistry – a review. *Talanta*, **57**: 425-451

Sato K. & Kawashita K. 2002. Espectrometria de Massas em Geologia Isotópica. *Revista do Instituto de Geociências – USP* **2**: 57-77.

Santos M. M. 2015. *Desenvolvimento de padrões de zircão para geocronologia U-Pb e análises isotópicas de Hf por laser ablation ICP-MS*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, Ouro Preto. 115p.

Santos M.M., Lana C., Scholz R., Buick I., Schmitz M.D., Kamo S.L., Gerdes A., Corfu F., Tapster S., Lancaster P., Storey C.D., Basei M.A.S., Tohver E., Alkmim A., Nalini H., Krambrock K., Fantini C., Wiedenbeck M. 2017. A new appraisal of Sri Lankan BB zircon as a reference material for LA-ICP-MS U-Pb geochronology and Lu-Hf isotope tracing. *Geostandards & Geoanalytical Research*, **41**: 335-358.

Spencer C.J., Kirkland C.L., Taylor R.J.M. 2016. Strategies towards statistically robust interpretations of in situ U-Pb zircon geochronology. *Geoscience Frontiers*, **7**: 581–589.

Takenaka L.B., Lana C., Scholz R., Nalini Jr. H.A., Abreu A.T., 2015. Optimization of the in-situ U-Pb age dating method via LA-Quadrupole-ICP-MS with applications to the timing of U-Zr-Mo mineralization in the Poços de Caldas Alkaline Complex, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **62**: 70-79.

Tilton G.R., Patterson C., Brown H., Inghram M., Hayden R., Hess D., Larsen E. 1955. Isotopic composition and distribution of lead, uranium and thorium in a Precambrian granite. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **66**: 1131-1148.

Thermo Fisher 2012. *Manual de funcionamento do Icap-Q*. Estados Unidos, Thermo Fisher Scientific. 144 p.

Vianna S.Q., Lafon J.M., Milhomem Neto J.M., Silva D.P.B., Barros C.E.M. 2020. U-Pb geochronology, Nd-Hf isotopes, and geochemistry of Rhyacian granitoids from the Paleoproterozoic Lourenço domain (Brazil), southeastern Guiana Shield. *Journal of South American Earth Sciences*, **104**: 102937.

Wiedenbeck M., Allé P., Corfu F., W.L. Meier M., Oberli F., Von Quadt A., Roddick J.C., Spiegel W. 1995. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses. *Geostandards Newsletter*, **19**: 1-23.

Wetherill G. W. 1956. An interpretation of the Rhodesia and witwaterstand age patterns. *Geochimica et Cosmochimica, Acta*, **9**: 290-292.

**APÊNDICE A- TABELA DE DADOS U-PB EM ZIRCÃO POR LA-Q-ICP-MS DOS MATERIAIS DE REFERÊNCIA DE ZIRCÃO**  
**Dados Analíticos do Mr BB 2021 e 2022.**

(continua)

	Análise pontual	Razões isotópicas <sup>c</sup>										Idades (Ma)				Conc. <sup>f</sup> (%) 6/8-7/6					
		$f_{206}^a$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U <sup>b</sup>	207Pb/ 235U	1 $\sigma$ (%)	206Pb/ 238U	1 $\sigma$ (%)	Rho <sup>d</sup>	207Pb/ 206Pb <sup>e</sup>	1 $\sigma$ (%)	206Pb/ 238U	1 $\sigma$ (abs)		207Pb/ 235U	1 $\sigma$ (abs)	207Pb/ 206Pb	1 $\sigma$ (abs)	
<b>OLIVEIRA, E. T. F.</b> (29/12/2021)	002_BB-01.csv	0,0068	20	8	30	0,27	0,72	3,55	0,09	2,11	0,59	0,06	2,86	547,6	11,5	549,9	19,5	559,6	16,0	98	
	015_BB-02.csv	0,0045	23	7	37	0,18	0,73	3,32	0,09	1,96	0,59	0,06	2,68	557,3	10,9	557,1	18,5	556,1	14,9	100	
	028_BB-03.csv	0,0031	25	7	46	0,15	0,75	4,32	0,09	2,63	0,61	0,06	3,42	568,8	15,0	567,2	24,5	560,8	19,2	101	
	041_BB-04.csv	0,0124	26	9	149	0,06	0,75	4,16	0,09	2,36	0,57	0,06	3,43	568,5	13,4	567,8	23,6	565,0	19,4	101	
	054_BB-05.csv	0,0056	25	7	40	0,18	0,74	3,16	0,09	2,04	0,65	0,06	2,42	560,4	11,5	559,9	17,7	558,0	13,5	100	
	067_BB-06.csv	0,0033	27	36	190	0,19	0,73	3,79	0,09	2,28	0,60	0,06	3,02	552,3	12,6	554,2	21,0	562,0	17,0	98	
	080_BB-07.csv	0,0039	27	32	170	0,19	0,73	3,50	0,09	1,89	0,54	0,06	2,95	559,3	10,6	559,4	19,6	560,0	16,5	100	
	093_BB-08.csv	0,0040	35	33	203	0,16	0,73	3,62	0,09	1,99	0,55	0,06	3,02	559,0	11,1	558,8	20,2	557,8	16,9	100	
	106_BB-09.csv	0,0047	23	8	48	0,17	0,74	3,80	0,09	2,04	0,54	0,06	3,21	563,4	11,5	559,9	21,3	545,9	17,5	103	
	<b>TESTES</b> (6/10/2021)	02 BB 01.csv	0,0068	23	61	233	0,26	0,72	4,17	0,09	2,87	0,69	0,06	3,02	556,1	16,0	551,3	23,0	531,2	16,0	105
03 BB 02.csv		0,0058	23	71	248	0,29	0,72	4,17	0,09	2,90	0,70	0,06	3,00	550,5	16,0	550,0	22,9	548,2	16,4	100	
04 BB 03.csv		0,0037	24	76	258	0,30	0,73	4,14	0,09	2,93	0,71	0,06	2,93	545,7	16,0	557,3	23,1	605,1	17,7	90	
05 BB 04.csv		0,0042	23	72	248	0,29	0,72	4,16	0,09	2,96	0,71	0,06	2,92	538,2	15,9	550,7	22,9	602,8	17,6	89	
06 BB 05.csv		0,0035	23	74	248	0,30	0,72	4,14	0,09	2,94	0,71	0,06	2,92	543,4	16,0	552,8	22,9	591,8	17,3	92	
07 BB 06.csv		0,0047	22	69	237	0,29	0,69	4,25	0,09	3,04	0,71	0,06	2,98	526,3	16,0	533,0	22,7	562,0	16,7	94	
10 BB 09.csv		0,0038	18	52	206	0,26	0,68	4,28	0,08	3,11	0,73	0,06	2,94	514,6	16,0	527,4	22,6	583,2	17,1	88	
11 BB 10.csv		0,0064	17	48	190	0,25	0,68	4,27	0,08	3,06	0,72	0,06	2,98	522,3	16,0	529,8	22,6	562,2	16,8	93	
12 BB 11.csv		0,0064	16	46	180	0,26	0,65	4,39	0,08	3,12	0,71	0,06	3,08	512,8	16,0	509,3	22,3	493,7	15,2	104	
13 BB 12.csv		0,0044	16	37	177	0,21	0,69	4,25	0,08	3,07	0,72	0,06	2,93	520,2	16,0	533,5	22,6	590,5	17,3	88	
<b>TESTES</b> (4/10/2021)		02 BB 01.csv	0,0028	25	72	253	0,29	0,77	3,91	0,09	2,71	0,69	0,06	2,83	581,3	15,7	582,4	22,8	586,4	16,6	99
		03 BB 02.csv	0,0042	23	68	237	0,29	0,76	3,96	0,09	2,73	0,69	0,06	2,86	577,4	15,8	573,2	22,7	556,5	15,9	104
		04 BB 03.csv	0,0043	22	60	222	0,27	0,73	4,03	0,09	2,79	0,69	0,06	2,90	565,4	15,8	558,0	22,5	528,0	15,3	107
	05 BB 04.csv	0,0058	22	61	222	0,28	0,73	4,05	0,09	2,75	0,68	0,06	2,98	572,3	15,7	557,4	22,6	497,0	14,8	115	
	06 BB 05.csv	0,0041	22	62	223	0,28	0,77	3,94	0,09	2,71	0,69	0,06	2,86	581,4	15,8	577,6	22,8	562,5	16,1	103	
	07 BB 06.csv	0,0043	21	58	218	0,27	0,73	4,05	0,09	2,82	0,70	0,06	2,90	560,0	15,8	556,5	22,5	542,6	15,7	103	
	<b>TESTES</b> (28/09/2021)	07_BB01.csv	0,0062	24	55	226	0,25	0,76	3,10	0,09	1,84	0,60	0,06	2,49	583,0	10,8	575,5	17,8	546,3	13,6	107
08_BB02.csv		0,0054	23	48	217	0,22	0,76	3,15	0,09	1,89	0,60	0,06	2,52	582,9	11,0	574,8	18,1	542,7	13,7	107	
09_BB03.csv		0,0068	24	53	226	0,24	0,74	3,14	0,09	1,89	0,60	0,06	2,50	566,9	10,7	560,4	17,6	534,3	13,4	106	
10_BB04.csv		0,0060	22	49	212	0,23	0,73	3,18	0,09	1,92	0,60	0,06	2,54	562,3	10,8	554,2	17,6	521,2	13,2	108	
11_BB05.csv		0,0054	23	55	225	0,25	0,74	3,14	0,09	1,89	0,60	0,06	2,50	572,3	10,8	563,1	17,7	526,2	13,2	109	
12_BB06.csv		0,0049	25	61	235	0,26	0,75	3,12	0,09	1,90	0,61	0,06	2,47	570,4	10,8	568,1	17,7	559,1	13,8	102	
<b>PEREIRA, F. S.</b> 10/12/2021	005_BB 01.csv	0,0058	42	69	450	0,15	0,69	4,25	0,09	2,88	0,68	0,06	3,12	528,4	15,2	534,8	22,7	562,3	17,6	94	
	016_BB 02.csv	0,0030	51	106	574	0,19	0,67	4,29	0,08	2,94	0,69	0,06	3,12	513,9	15,1	522,2	22,4	558,8	17,4	92	
	018_BB 03.csv	0,0036	59	158	630	0,25	0,68	4,42	0,08	2,77	0,63	0,06	3,44	521,3	14,4	526,3	23,2	547,8	18,8	95	
	029_BB 04.csv	0,0045	39	75	421	0,18	0,69	4,41	0,09	2,73	0,62	0,06	3,45	526,3	14,4	530,9	23,4	550,5	19,0	96	
	031_BB 05.csv	0,0056	44	97	461	0,21	0,68	4,27	0,09	2,62	0,61	0,06	3,37	527,6	13,8	528,7	22,6	533,3	18,0	99	
	042_BB 06.csv	0,0047	38	71	414	0,17	0,71	4,20	0,09	2,54	0,61	0,06	3,34	542,0	13,8	544,2	22,9	553,4	18,5	98	
	044_BB 07.csv	0,0031	60	168	632	0,27	0,69	3,91	0,09	2,18	0,56	0,06	3,25	530,7	11,6	530,4	20,7	529,3	17,2	100	
	055_BB 08.csv	0,0039	52	123	531	0,23	0,71	3,87	0,09	2,12	0,55	0,06	3,24	544,3	11,6	543,4	21,1	539,7	17,5	101	
	057_BB 09.csv	0,0036	48	121	479	0,26	0,72	3,88	0,09	2,11	0,54	0,06	3,25	557,8	11,8	552,3	21,4	529,9	17,2	105	
	068_BB 10.csv	0,0067	31	68	307	0,22	0,74	3,87	0,09	2,05	0,53	0,06	3,28	573,6	11,8	564,3	21,8	527,2	17,3	109	
	070_BB 11.csv	0,0041	34	63	352	0,18	0,70	3,58	0,09	2,03	0,57	0,06	2,95	543,6	11,0	541,3	19,4	531,7	15,7	102	
	081_BB 12.csv	0,0043	33	64	349	0,19	0,70	3,57	0,09	2,02	0,57	0,06	2,94	541,4	10,9	540,6	19,3	537,3	15,8	101	
	083_BB 13.csv	0,0050	34	88	368	0,24	0,67	3,41	0,09	2,12	0,62	0,06	2,67	527,5	11,2	522,6	17,8	501,3	13,4	105	

094 BB 14.csv	0,0031	39	105	412	0,26	0,71	3,31	0,09	2,05	0,62	0,06	2,60	546,0	11,2	547,1	18,1	551,5	14,4	99
096 BB 15.csv	0,0035	39	86	386	0,23	0,75	3,33	0,09	1,94	0,58	0,06	2,71	573,0	11,1	566,9	18,9	542,7	14,7	106
107 BB 16.csv	0,0041	40	88	414	0,21	0,71	3,38	0,09	2,05	0,61	0,06	2,69	544,2	11,1	545,6	18,4	551,8	14,8	99
109 BB 17.csv	0,0058	34	64	340	0,19	0,73	3,91	0,09	2,20	0,56	0,06	3,23	558,9	12,3	555,9	21,7	543,7	17,6	103
120 BB 18.csv	0,0077	43	107	424	0,26	0,75	3,84	0,09	2,14	0,56	0,06	3,19	573,2	12,2	570,8	21,9	561,5	17,9	102
122 BB 19.csv	0,0055	35	82	365	0,23	0,69	4,32	0,09	2,48	0,57	0,06	3,54	545,8	13,5	534,3	23,1	485,2	17,2	112
133 BB 20.csv	0,0050	26	46	271	0,17	0,72	4,26	0,09	2,40	0,56	0,06	3,52	561,0	13,5	548,1	23,4	495,0	17,4	113
<b>CARVALHO, D. F.</b>																			
BB-01	0,0040	27	5	24	0,22	0,72	5,33	0,09	2,38	0,45	0,06	4,77	561,2	13,4	552,6	29,4	517,4	24,7	109
BB-02	0,0046	23	4	-108	-0,04	0,73	5,42	0,09	3,48	0,64	0,06	4,15	562,8	19,6	554,0	30,0	518,2	21,5	109
BB-03	0,0036	16	9	33	0,29	0,74	4,86	0,09	3,17	0,65	0,06	3,69	563,8	17,9	564,8	27,5	568,5	21,0	99
BB-04	0,0058	22	22	146	0,15	0,74	5,20	0,09	3,11	0,60	0,06	4,17	560,9	17,4	560,7	29,2	559,7	23,3	100
BB-05	0,0046	16	10	76	0,13	0,72	4,97	0,09	3,00	0,60	0,06	3,96	558,6	16,8	549,7	27,3	513,1	20,3	109
BB-06	0,0042	25	6	34	0,18	0,78	5,60	0,09	3,63	0,65	0,06	4,27	578,0	21,0	583,1	32,7	602,9	25,8	96
<b>MIRANDA, S.S.</b>																			
02 BB 01.csv	0,0102	29	75	292	0,26	0,71	3,86	0,09	2,11	0,55	0,06	3,23	546,4	11,5	546,7	21,1	548,1	17,7	100
13 BB 02.csv	0,0051	28	53	283	0,19	0,75	3,74	0,09	2,01	0,54	0,06	3,15	569,3	11,4	570,0	21,3	572,9	18,1	99
15 BB 03.csv	0,0056	29	75	291	0,26	0,73	3,53	0,09	2,16	0,61	0,06	2,78	559,3	12,1	557,5	19,7	550,1	15,3	102
26 BB 04.csv	0,0054	26	63	262	0,24	0,73	3,51	0,09	2,16	0,62	0,06	2,76	558,8	12,1	558,6	19,6	557,7	15,4	100
28 BB 05.csv	0,0044	33	60	318	0,19	0,77	3,36	0,09	1,88	0,56	0,06	2,78	582,3	11,0	578,0	19,4	561,3	15,6	104
<b>CANTAO, R. G.</b>																			
05-BB-01.csv	0,0042	17	7	66	0,11	0,75	4,32	0,09	2,59	0,60	0,06	3,45	573,2	14,9	569,7	24,6	555,6	19,2	103
18-BB-02.csv	0,0056	16	9	55	0,16	0,68	4,60	0,09	3,00	0,65	0,06	3,48	528,8	15,9	529,0	24,3	529,8	18,4	100
31-BB-03.csv	0,0036	27	12	75	0,17	0,72	4,54	0,09	2,60	0,57	0,06	3,72	551,7	14,4	548,4	24,9	534,7	19,9	103
44-BB-04.csv	0,0055	17	8	53	0,15	0,74	4,50	0,09	2,71	0,60	0,06	3,59	572,5	15,5	565,0	25,4	535,0	19,2	107
57-BB-05.csv	0,0029	26	23	135	0,17	0,75	4,67	0,09	2,86	0,61	0,06	3,70	568,0	16,3	567,6	26,5	566,3	20,9	100
83-BB-07.csv	0,0035	24	9	84	0,10	0,71	4,97	0,09	3,25	0,65	0,06	3,76	540,8	17,6	543,2	27,0	553,3	20,8	98
106-BB-08.csv	0,0046	23	6	99	0,06	0,71	4,51	0,09	2,89	0,64	0,06	3,46	544,5	15,7	544,6	24,6	545,3	18,9	100
<b>SANTOS, M. H. S.</b>																			
BB-11	0,5269	30	23	92	0,25	0,72	4,14	0,09	2,50	0,60	0,06	3,30	561,7	13,7	548,4	22,7	546,8	18,1	102
BB-16	0,3643	27	8	49	0,17	0,76	4,49	0,09	2,45	0,54	0,06	3,77	561,7	14,0	572,2	25,7	576,6	21,7	98
BB-14	0,3871	29	6	24	0,24	0,75	4,80	0,09	2,55	0,53	0,06	4,07	561,6	14,1	566,7	27,2	621,1	25,3	99
BB-10	0,6341	30	18	93	0,20	0,74	4,11	0,09	2,44	0,59	0,06	3,31	561,9	13,7	562,7	23,1	563,7	18,6	100
BB-13	0,5269	30	6	23	0,26	0,72	4,46	0,09	2,37	0,53	0,06	3,78	560,9	13,1	552,9	24,7	544,3	20,6	101
BB-12	0,5482	25	4	20	0,22	0,70	4,50	0,09	2,45	0,54	0,06	3,77	561,1	13,2	541,0	24,3	555,9	21,0	104
<b>VERAS, R. S.</b>																			
BB 01	0,0046	15	9	62	0,15	0,73	4,60	0,09	2,88	0,63	0,06	3,59	559,3	16,1	556,8	25,6	546,6	19,6	102
BB 02	0,0062	14	10	63	0,16	0,70	4,47	0,09	2,90	0,65	0,06	3,39	539,0	15,6	537,2	24,0	529,3	18,0	102
BB 03	0,0060	14	1	56	0,02	0,71	4,29	0,09	3,04	0,71	0,06	3,02	545,1	16,6	543,6	23,3	537,6	16,3	101
BB 04	0,0040	19	6	50	0,13	0,78	4,17	0,10	2,38	0,57	0,06	3,42	592,8	14,1	584,0	24,3	549,9	18,8	108
BB 05	0,0126	12	4	25	0,15	0,75	4,34	0,09	2,49	0,57	0,06	3,55	569,1	14,2	567,8	24,6	562,7	20,0	101
BB 06	0,1823	18	21	134	0,16	0,73	4,77	0,09	3,17	0,67	0,06	3,56	557,6	17,7	556,0	26,5	549,5	19,6	101
BB 07	0,0268	14	9	58	0,16	0,74	3,67	0,09	2,67	0,73	0,06	2,52	562,7	15,0	562,4	20,6	560,9	14,1	100
BB 08	0,0040	20	30	162	0,19	0,74	4,58	0,09	3,24	0,71	0,06	3,24	565,6	18,3	563,8	25,8	556,3	18,0	102
BB 09	0,0027	20	19	103	0,19	0,75	3,78	0,09	2,45	0,65	0,06	2,88	580,2	14,2	570,6	21,6	532,6	15,3	109
002 BB 01.csv	0,0046	28	73	293	0,25	0,73	3,50	0,09	2,20	0,63	0,06	2,73	560,1	12,3	557,1	19,5	544,7	14,9	103
013 BB 02.csv	0,0078	20	37	205	0,18	0,73	3,50	0,09	2,19	0,63	0,06	2,72	559,1	12,3	556,3	19,5	545,0	14,9	103
015 BB 03.csv	0,0033	29	75	294	0,26	0,74	3,47	0,09	2,10	0,61	0,06	2,76	568,3	11,9	565,2	19,6	552,7	15,3	103
026 BB 04.csv	0,0034	29	75	301	0,25	0,73	3,51	0,09	2,15	0,61	0,06	2,78	558,4	12,0	555,5	19,5	543,6	15,1	103
028 BB 05.csv	0,0033	31	78	318	0,25	0,74	4,19	0,09	2,34	0,56	0,06	3,47	558,3	13,1	559,7	23,5	565,7	19,6	99
052 BB 08.csv	0,0051	26	59	270	0,22	0,69	4,58	0,09	2,72	0,59	0,06	3,69	535,2	14,5	534,3	24,5	530,4	19,6	101
054 BB 09.csv	0,0046	23	52	188	0,28	0,71	3,99	0,09	2,19	0,55	0,06	3,33	550,2	12,0	547,3	21,8	535,0	17,8	103
078 BB 12.csv	0,0078	27	60	212	0,28	0,74	3,77	0,09	2,14	0,57	0,06	3,10	567,5	12,2	564,7	21,3	553,4	17,2	103
080 BB 13.csv	0,0053	26	59	261	0,23	0,74	3,71	0,09	2,39	0,65	0,06	2,83	561,7	13,4	559,7	20,8	551,8	15,6	102
091 BB 14.csv	0,0046	26	58	264	0,22	0,74	3,71	0,09	2,39	0,64	0,06	2,84	563,8	13,5	560,7	20,8	548,2	15,6	103
093 BB 15.csv	0,0048	26	60	271	0,22	0,73	4,08	0,09	2,65	0,65	0,06	3,10	557,1	14,7	554,2	22,6	542,3	16,8	103

## FERREIRA, F. B.

14/12/2021

104 BB 16.csv	0,0054	26	60	268	0,23	0,73	4,06	0,09	2,64	0,65	0,06	3,08	559,3	14,7	557,4	22,6	549,6	16,9	102
106 BB 17.csv	0,0045	28	65	286	0,23	0,73	3,95	0,09	2,11	0,53	0,06	3,34	560,0	11,8	557,0	22,0	544,9	18,2	103
117 BB 18.csv	0,0042	28	69	293	0,24	0,73	3,97	0,09	2,13	0,54	0,06	3,35	556,3	11,9	553,8	22,0	543,6	18,2	102
119 BB 19.csv	0,0042	31	83	315	0,27	0,74	4,37	0,09	2,49	0,57	0,06	3,60	563,3	14,0	560,7	24,5	549,9	19,8	102
130 BB 20.csv	0,0049	29	75	300	0,25	0,73	4,40	0,09	2,52	0,57	0,06	3,61	556,4	14,0	553,9	24,4	543,3	19,6	102
132 BB 21.csv	0,0040	32	88	325	0,27	0,73	4,71	0,09	2,84	0,60	0,06	3,75	558,6	15,8	555,6	26,1	543,3	20,4	103
143 BB 22.csv	0,0056	20	36	204	0,18	0,77	4,60	0,09	2,74	0,60	0,06	3,69	578,5	15,8	580,3	26,7	587,2	21,7	99
145 BB 23.csv	0,0072	23	43	232	0,18	0,71	4,66	0,09	2,63	0,57	0,06	3,84	547,2	14,4	545,4	25,4	538,1	20,7	102
156 BB 24.csv	0,0055	20	36	211	0,17	0,74	4,61	0,09	2,57	0,56	0,06	3,83	560,1	14,4	559,6	25,8	557,5	21,3	100
065 BB 10.csv	0,0092	9	21	90	0,23	0,71	5,22	0,09	2,86	0,55	0,06	4,37	547,1	15,6	545,2	28,5	536,9	23,5	102
067 BB 11.csv	0,0060	48	90	504	0,18	0,70	6,32	0,09	3,07	0,49	0,06	5,52	539,7	16,6	541,7	34,2	549,8	30,3	98
078 BB 12.csv	0,0050	45	80	484	0,17	0,73	6,20	0,09	3,01	0,49	0,06	5,42	549,8	16,5	555,2	34,4	577,4	31,3	95
080 BB 13.csv	0,0050	39	96	426	0,23	0,68	7,97	0,09	3,63	0,46	0,06	7,10	527,5	19,2	526,6	42,0	522,9	37,1	101
091 BB 14.csv	0,0041	42	106	444	0,24	0,72	7,80	0,09	3,50	0,45	0,06	6,97	545,2	19,1	548,4	42,8	561,7	39,1	97
093 BB 15.csv	0,0052	27	50	283	0,18	0,72	5,00	0,09	3,01	0,60	0,06	4,00	555,6	16,7	553,6	27,7	545,0	21,8	102
104 BB 16.csv	0,0070	26	48	278	0,17	0,71	5,02	0,09	3,05	0,61	0,06	3,99	548,9	16,7	547,4	27,5	541,2	21,6	101
093 BB 15.csv	0,0052	27	50	283	0,18	0,72	5,00	0,09	3,01	0,60	0,06	4,00	555,6	16,7	553,6	27,7	545,0	21,8	102
104 BB 16.csv	0,0070	26	48	278	0,17	0,71	5,02	0,09	3,05	0,61	0,06	3,99	548,9	16,7	547,4	27,5	541,2	21,6	101
002 BB 01.csv	0,0064	27	48	278	0,17	0,72	4,05	0,09	2,39	0,59	0,06	3,27	551,8	13,2	550,2	22,3	543,4	17,8	102
013 BB 02.csv	0,0047	27	50	272	0,18	0,74	4,05	0,09	2,37	0,59	0,06	3,28	562,9	13,3	560,0	22,7	548,3	18,0	103
015 BB 03.csv	0,0045	39	98	409	0,24	0,71	3,44	0,09	2,26	0,66	0,06	2,59	540,7	12,2	542,7	18,7	550,9	14,3	98
026 BB 04.csv	0,0055	19	31	204	0,15	0,70	3,50	0,09	2,26	0,65	0,06	2,67	543,9	12,3	541,6	18,9	532,0	14,2	102
028 BB 05.csv	0,0044	24	39	251	0,16	0,72	3,94	0,09	2,42	0,61	0,06	3,11	550,6	13,3	549,1	21,6	542,7	16,9	101
039 BB 06.csv	0,0044	36	71	372	0,19	0,73	3,92	0,09	2,42	0,62	0,06	3,08	551,9	13,4	553,8	21,7	561,8	17,3	98
041 BB 07.csv	0,0043	38	73	376	0,20	0,75	4,46	0,09	2,51	0,56	0,06	3,69	566,7	14,3	568,5	25,4	575,8	21,2	98
052 BB 08.csv	0,0043	43	83	454	0,18	0,75	4,47	0,09	2,55	0,57	0,06	3,67	558,9	14,2	567,8	25,4	603,9	22,2	93
003_BB_s_01.csv	0,0025	27	6	24	0,26	0,74	2,50	0,09	1,61	0,64	0,06	1,91	565,1	9,1	564,3	14,1	561,3	10,7	101
004_BB_s_02.csv	0,0020	27	6	25	0,26	0,74	2,51	0,09	1,62	0,64	0,06	1,92	563,4	9,1	563,7	14,2	564,8	10,9	100
005_BB_s_03.csv	0,0027	27	6	24	0,25	0,75	2,49	0,09	1,59	0,64	0,06	1,92	569,4	9,0	568,5	14,1	565,1	10,8	101
006_BB_s_04.csv	0,0031	26	6	24	0,25	0,74	2,52	0,09	1,61	0,64	0,06	1,94	561,0	9,0	560,7	14,1	559,4	10,8	100
007_BB_s_05.csv	0,0027	26	6	24	0,24	0,75	2,51	0,09	1,61	0,64	0,06	1,92	567,2	9,1	566,3	14,2	562,6	10,8	101
008_BB_s_06.csv	0,0026	26	6	24	0,25	0,75	2,50	0,09	1,59	0,64	0,06	1,93	567,3	9,0	566,7	14,2	564,2	10,9	101
009_BB_s_07.csv	0,0029	26	6	24	0,25	0,74	2,51	0,09	1,61	0,64	0,06	1,92	561,8	9,1	562,3	14,1	564,3	10,8	100
010_BB_s_08.csv	0,0030	25	6	23	0,25	0,74	2,51	0,09	1,61	0,64	0,06	1,93	562,3	9,0	561,2	14,1	557,1	10,8	101
011_BB_s_09.csv	0,0030	26	6	24	0,26	0,75	2,49	0,09	1,59	0,64	0,06	1,91	567,9	9,0	567,6	14,1	566,4	10,8	100
012_BB_s_10.csv	0,0026	26	6	24	0,26	0,74	2,50	0,09	1,61	0,64	0,06	1,91	561,4	9,1	562,9	14,1	569,3	10,9	99
016_BB_s_11.csv	0,0033	28	8	32	0,24	0,72	2,49	0,09	1,81	0,73	0,06	1,71	555,6	10,0	550,5	13,7	529,6	9,1	105
017_BB_s_12.csv	0,0027	27	7	31	0,24	0,73	2,48	0,09	1,80	0,73	0,06	1,70	553,3	10,0	558,3	13,8	578,7	9,8	96
018_BB_s_13.csv	0,0024	31	9	34	0,27	0,75	2,42	0,09	1,76	0,73	0,06	1,66	567,2	10,0	568,5	13,8	574,1	9,5	99
019_BB_s_14.csv	0,0033	31	10	36	0,27	0,73	2,50	0,09	1,80	0,72	0,06	1,73	557,0	10,0	555,5	13,9	549,5	9,5	101
020_BB_s_15.csv	0,0036	30	8	34	0,25	0,74	2,47	0,09	1,78	0,72	0,06	1,71	564,7	10,0	563,7	13,9	559,7	9,6	101
021_BB_s_16.csv	0,0032	30	9	34	0,26	0,74	2,47	0,09	1,79	0,72	0,06	1,70	562,1	10,0	560,9	13,8	555,7	9,5	101
022_BB_s_17.csv	0,0022	30	9	34	0,28	0,73	2,46	0,09	1,82	0,74	0,06	1,66	551,8	10,0	556,8	13,7	577,1	9,6	96
023_BB_s_18.csv	0,0033	30	9	34	0,26	0,72	2,48	0,09	1,81	0,73	0,06	1,69	556,3	10,1	550,5	13,6	526,8	8,9	106
024_BB_s_19.csv	0,0026	31	9	35	0,27	0,73	2,48	0,09	1,80	0,72	0,06	1,71	558,5	10,0	558,8	13,9	560,3	9,6	100
025_BB_s_20.csv	0,0027	31	9	34	0,26	0,75	2,43	0,09	1,77	0,73	0,06	1,66	564,8	10,0	565,7	13,7	569,4	9,5	99
029_BB_s_21.csv	0,0038	28	1	16	0,04	0,74	2,40	0,09	1,35	0,56	0,06	1,99	565,3	7,6	564,5	13,6	561,3	11,2	101
030_BB_s_22.csv	0,0030	27	1	15	0,04	0,74	2,41	0,09	1,37	0,57	0,06	1,98	560,3	7,7	561,0	13,5	564,0	11,2	99
031_BB_s_23.csv	0,0027	27	1	15	0,04	0,73	2,42	0,09	1,38	0,57	0,06	1,99	559,0	7,7	559,4	13,5	561,0	11,1	100
032_BB_s_24.csv	0,0030	27	1	16	0,04	0,73	2,42	0,09	1,38	0,57	0,06	1,99	556,2	7,7	556,6	13,5	557,9	11,1	100
033_BB_s_25.csv	0,0033	27	1	15	0,04	0,74	2,44	0,09	1,37	0,56	0,06	2,02	562,0	7,7	561,3	13,7	558,5	11,3	101

## BATISTA, P. H. M.

(22/12/2021)

	034_BB_s_26.csv	0,0038	26	1	15	0,04	0,73	2,43	0,09	1,39	0,57	0,06	2,00	558,1	7,7	558,5	13,6	560,6	11,2	100
	035_BB_s_27.csv	0,0033	28	1	16	0,04	0,73	2,43	0,09	1,39	0,57	0,06	1,99	556,2	7,7	557,3	13,5	561,9	11,2	99
	036_BB_s_28.csv	0,0030	29	1	16	0,04	0,74	2,41	0,09	1,36	0,57	0,06	1,99	561,0	7,7	561,9	13,6	565,6	11,3	99
	037_BB_s_29.csv	0,0029	29	1	16	0,04	0,74	2,45	0,09	1,38	0,56	0,06	2,02	561,9	7,8	561,3	13,7	558,7	11,3	101
	038_BB_s_30.csv	0,0030	30	1	17	0,04	0,73	2,42	0,09	1,37	0,57	0,06	1,99	558,4	7,7	558,9	13,5	560,9	11,2	100
SANTOS, R. F. (13/09/2022)	005_BB_01.csv	0,0105	22	43	237	0,18	0,69	2,41	0,09	0,93	0,39	0,06	2,22	536,3	5,0	535,3	12,9	531,2	11,8	101
	016_BB_02.csv	0,0120	23	44	244	0,18	0,72	2,34	0,09	0,90	0,39	0,06	2,15	553,4	5,0	552,4	12,9	548,0	11,8	101
	018_BB_03.csv	0,0111	25	48	262	0,19	0,71	2,69	0,09	1,29	0,48	0,06	2,36	546,4	7,0	545,3	14,7	541,0	12,8	101
	029_BB_04.csv	0,0143	24	46	248	0,19	0,70	2,68	0,09	1,30	0,48	0,06	2,34	546,7	7,1	541,2	14,5	518,0	12,1	106
	031_BB_05.csv	0,0113	25	47	260	0,18	0,71	2,54	0,09	0,92	0,36	0,06	2,37	544,0	5,0	542,6	13,8	536,6	12,7	101
	042_BB_06.csv	0,0096	25	48	267	0,18	0,72	2,48	0,09	0,91	0,37	0,06	2,31	550,0	5,0	552,1	13,7	560,9	12,9	98
	006_BB_s_01.csv	0,0019	22	24	94	0,26	0,75	2,51	0,09	1,19	0,47	0,06	2,22	567,5	6,7	567,7	14,3	568,5	12,6	100
010_BB_s_05.csv	0,0018	22	21	96	0,22	0,69	2,59	0,09	1,27	0,49	0,06	2,26	533,4	6,8	533,8	13,8	535,5	12,1	100	
013_BB_s_08.csv	0,0013	24	27	101	0,27	0,74	2,53	0,09	1,21	0,48	0,06	2,23	561,1	6,8	562,5	14,2	567,9	12,6	99	
014_BB_s_09.csv	0,0016	23	25	99	0,25	0,73	2,53	0,09	1,20	0,48	0,06	2,23	558,7	6,7	559,4	14,1	562,1	12,5	99	
019_BB_s_11.csv	0,0018	24	56	241	0,24	0,74	2,43	0,09	0,99	0,41	0,06	2,22	560,4	5,5	561,4	13,7	565,3	12,6	99	
020_BB_s_12.csv	0,0014	25	63	249	0,25	0,74	2,43	0,09	0,97	0,40	0,06	2,23	565,9	5,5	565,2	13,7	562,7	12,5	101	
021_BB_s_13.csv	0,0020	24	60	252	0,24	0,73	2,43	0,09	0,98	0,40	0,06	2,22	557,6	5,5	558,7	13,6	563,1	12,5	99	
022_BB_s_14.csv	0,0019	24	62	256	0,24	0,73	2,44	0,09	0,98	0,40	0,06	2,23	555,5	5,5	557,3	13,6	564,5	12,6	98	
023_BB_s_15.csv	0,0025	22	50	237	0,21	0,73	2,43	0,09	0,99	0,41	0,06	2,22	554,8	5,5	555,9	13,5	560,2	12,4	99	
024_BB_s_16.csv	0,0023	23	56	227	0,25	0,75	2,43	0,09	0,97	0,40	0,06	2,23	570,0	5,5	569,6	13,9	568,0	12,7	100	
025_BB_s_17.csv	0,0034	23	55	231	0,24	0,74	2,45	0,09	0,98	0,40	0,06	2,25	565,8	5,5	565,2	13,9	562,7	12,7	101	
026_BB_s_18.csv	0,0013	24	58	246	0,24	0,75	2,42	0,09	0,97	0,40	0,06	2,22	565,6	5,5	565,8	13,7	566,7	12,6	100	
027_BB_s_19.csv	0,0014	24	61	248	0,25	0,74	2,43	0,09	0,99	0,41	0,06	2,22	560,2	5,6	561,1	13,6	564,6	12,5	99	
028_BB_s_20.csv	0,0011	24	60	248	0,24	0,75	2,39	0,09	0,97	0,41	0,06	2,19	562,2	5,5	567,9	13,6	591,0	12,9	95	
BATISTA, P. H. M. 27/07/2022	06_BB_s_01.csv	0,0026	23	57	229	0,25	0,76	2,14	0,09	1,19	0,55	0,06	1,78	581,3	6,9	575,3	12,3	551,6	9,8	105
	07_BB_s_02.csv	0,0013	24	59	230	0,26	0,77	2,12	0,09	1,19	0,56	0,06	1,76	581,4	6,9	577,3	12,3	561,3	9,9	104
	08_BB_s_03.csv	0,0017	23	56	233	0,24	0,75	2,14	0,09	1,21	0,57	0,06	1,76	568,5	6,9	567,8	12,1	565,1	10,0	101
	09_BB_s_04.csv	0,0026	23	54	226	0,24	0,75	2,12	0,09	1,19	0,56	0,06	1,75	576,2	6,9	568,6	12,1	538,6	9,4	107
	10_BB_s_05.csv	0,0022	22	53	225	0,23	0,76	2,12	0,09	1,20	0,56	0,06	1,75	572,5	6,9	571,3	12,1	566,2	9,9	101
	11_BB_s_06.csv	0,0021	24	60	247	0,24	0,75	2,13	0,09	1,20	0,57	0,06	1,76	567,8	6,8	567,0	12,1	563,9	9,9	101
	12_BB_s_07.csv	0,0023	23	58	236	0,25	0,75	2,14	0,09	1,19	0,56	0,06	1,77	572,0	6,8	570,1	12,2	562,3	10,0	102
	13_BB_s_08.csv	0,0023	25	63	246	0,26	0,75	2,11	0,09	1,21	0,57	0,06	1,74	566,8	6,8	566,1	12,0	563,5	9,8	101
	14_BB_s_09.csv	0,0024	24	62	239	0,26	0,76	2,11	0,09	1,19	0,56	0,06	1,74	572,6	6,8	571,5	12,0	567,0	9,9	101
	15_BB_s_10.csv	0,0021	24	62	243	0,26	0,75	2,10	0,09	1,19	0,57	0,06	1,73	571,9	6,8	570,6	12,0	565,6	9,8	101
	19_BB_s_11.csv	0,0021	19	45	192	0,24	0,75	2,14	0,09	1,19	0,56	0,06	1,77	568,5	6,8	567,5	12,1	563,9	10,0	101
	20_BB_s_12.csv	0,0026	19	45	189	0,24	0,75	2,14	0,09	1,20	0,56	0,06	1,78	568,8	6,8	568,4	12,2	566,7	10,1	100
	21_BB_s_13.csv	0,0031	19	45	197	0,23	0,75	2,12	0,09	1,20	0,56	0,06	1,75	566,3	6,8	565,4	12,0	561,7	9,8	101
	22_BB_s_14.csv	0,0024	18	44	184	0,24	0,74	2,14	0,09	1,20	0,56	0,06	1,77	563,9	6,8	564,2	12,1	565,4	10,0	100
	23_BB_s_15.csv	0,0028	18	44	185	0,24	0,74	2,15	0,09	1,21	0,56	0,06	1,78	562,1	6,8	562,7	12,1	564,9	10,0	100
	24_BB_s_16.csv	0,0030	18	42	179	0,23	0,74	2,15	0,09	1,21	0,56	0,06	1,77	564,0	6,8	564,5	12,1	566,4	10,0	100
25_BB_s_17.csv	0,0019	18	40	177	0,23	0,75	2,14	0,09	1,21	0,57	0,06	1,76	566,9	6,9	567,0	12,1	567,6	10,0	100	
26_BB_s_18.csv	0,0021	18	40	173	0,23	0,77	2,11	0,09	1,18	0,56	0,06	1,76	578,0	6,8	579,4	12,2	585,0	10,3	99	
27_BB_s_19.csv	0,0026	19	44	181	0,24	0,75	2,14	0,09	1,20	0,56	0,06	1,77	569,3	6,8	568,2	12,2	563,8	10,0	101	
28_BB_s_20.csv	0,0021	19	47	190	0,25	0,76	2,13	0,09	1,19	0,56	0,06	1,76	572,8	6,8	571,4	12,2	566,0	10,0	101	
STES /2022)	02 BB 01.csv	0,0052	23	45	239	0,19	0,72	3,60	0,09	2,10	0,58	0,06	2,92	566,5	11,9	551,8	19,9	491,2	14,3	115
	03 BB 02.csv	0,0035	21	42	223	0,19	0,72	3,59	0,09	2,12	0,59	0,06	2,90	560,4	11,9	549,2	19,7	502,8	14,6	111
	04 BB 03.csv	0,0030	21	41	211	0,20	0,74	3,54	0,09	2,09	0,59	0,06	2,86	568,7	11,9	560,6	19,9	528,0	15,1	108
	05 BB 04.csv	0,0044	21	42	219	0,19	0,72	3,59	0,09	2,15	0,60	0,06	2,87	553,9	11,9	547,7	19,7	522,1	15,0	106
	06 BB 05.csv	0,0033	23	46	239	0,19	0,70	3,61	0,09	2,17	0,60	0,06	2,88	550,4	11,9	541,0	19,5	501,6	14,5	110
	07 BB 06.csv	0,0027	22	44	228	0,19	0,71	3,60	0,09	2,16	0,60	0,06	2,88	552,2	11,9	542,5	19,5	502,1	14,5	110

TE (05/12)	08 BB 07.csv	0,0030	19	37	195	0,19	0,72	3,56	0,09	2,15	0,60	0,06	2,84	554,1	11,9	552,2	19,7	544,5	15,5	102
	09 BB 08.csv	0,0049	17	32	175	0,19	0,71	3,61	0,09	2,17	0,60	0,06	2,88	548,9	11,9	544,8	19,7	527,7	15,2	104
	10 BB 09.csv	0,0051	22	42	225	0,19	0,73	3,57	0,09	2,12	0,59	0,06	2,87	560,9	11,9	556,3	19,9	537,8	15,4	104
	11 BB 10.csv	0,0038	22	44	229	0,19	0,72	3,57	0,09	2,14	0,60	0,06	2,86	556,7	11,9	552,7	19,7	536,3	15,3	104
	12 BB 11.csv	0,0023	21	42	223	0,19	0,72	3,55	0,09	2,14	0,60	0,06	2,83	555,7	11,9	553,0	19,7	541,9	15,4	103
	13 BB 12.csv	0,0033	15	27	158	0,17	0,70	3,61	0,09	2,20	0,61	0,06	2,85	540,8	11,9	540,9	19,5	541,0	15,4	100
TESTES (29/07/2022)	BB-01	0,3561	31	54	233	0,23	0,74	1,32	0,09	1,23	0,93	0,06	0,48	562,3	6,9	562,3	7,4	562,4	2,7	100
	BB-02	0,3504	24	32	190	0,17	0,74	0,86	0,09	0,70	0,82	0,06	0,49	559,9	3,9	560,3	4,8	561,9	2,8	100
	BB-03	0,3231	26	33	197	0,17	0,74	1,01	0,09	0,76	0,75	0,06	0,67	561,3	4,3	561,0	5,7	559,6	3,7	100
	BB-04	0,3323	27	41	232	0,18	0,74	1,24	0,09	1,07	0,87	0,06	0,62	562,1	6,0	562,7	7,0	564,9	3,5	100
	BB-05	0,3968	29	39	223	0,18	0,74	1,23	0,09	0,95	0,77	0,06	0,79	560,5	5,3	560,6	6,9	561,0	4,4	100
	BB-06	0,3385	26	33	198	0,17	0,74	1,27	0,09	0,85	0,67	0,06	0,94	559,9	4,8	560,2	7,1	561,1	5,3	100
	BB-02	1,1814	45	34	166	0,20	0,74	1,34	0,09	1,08	0,81	0,06	0,79	561,4	6,1	560,2	7,5	555,3	4,4	100
	BB-01	0,3003	26	44	171	0,26	0,74	1,05	0,09	0,90	0,85	0,06	0,55	562,4	5,1	562,2	5,9	561,7	3,1	100
	BB-03	1,1814	39	36	192	0,19	0,74	1,28	0,09	1,05	0,82	0,06	0,73	559,2	5,9	559,8	7,2	562,1	4,1	100
	BB-02	0,4799	30	17	71	0,25	0,75	1,60	0,09	0,75	0,47	0,06	1,42	564,8	4,2	566,6	9,1	573,8	8,1	100
	BB-03	0,6885	32	41	218	0,19	0,75	1,60	0,09	0,89	0,56	0,06	1,33	562,4	5,0	569,0	9,1	595,6	7,9	99
	NASCIMENTO, A. C. (28 e 29/07/2022)	BB-02	0,2305	28	61	217	0,28	0,74	2,64	0,09	1,16	0,44	0,06	2,38	559,5	6,5	563,1	14,9	577,5	13,7
BB-01		0,2973	29	38	222	0,17	0,72	2,72	0,09	1,19	0,44	0,06	2,45	561,0	6,7	553,3	15,1	521,9	12,8	101
BB-03		0,5196	27	25	115	0,22	0,73	1,94	0,09	0,93	0,48	0,06	1,70	559,0	5,2	554,3	10,8	535,0	9,1	101
BB-03		0,4245	30	47	204	0,23	0,73	2,62	0,09	1,52	0,58	0,06	2,13	563,0	8,6	554,6	14,5	520,3	11,1	102
BB-02		0,2267	24	58	215	0,27	0,72	1,78	0,09	0,91	0,51	0,06	1,53	541,6	4,9	552,8	9,8	599,3	9,2	98
BB-01		1,8941	48	33	178	0,19	0,74	2,04	0,09	0,84	0,41	0,06	1,86	560,5	4,7	561,2	11,4	564,0	10,5	100
BB-03		0,3941	30	55	235	0,23	0,74	1,94	0,09	1,08	0,56	0,06	1,60	561,7	6,1	562,8	10,9	567,2	9,1	100
BB-01		0,3282	29	53	227	0,23	0,74	1,71	0,09	0,86	0,50	0,06	1,48	561,9	4,9	561,1	9,6	558,0	8,2	100
BB-02		0,6593	12	13	80	0,16	0,71	2,41	0,09	1,24	0,51	0,06	2,07	561,4	7,0	545,8	13,2	481,0	10,0	103
BB-01		0,1668	29	62	245	0,25	0,74	1,71	0,09	0,91	0,53	0,06	1,45	559,2	5,1	560,4	9,6	565,2	8,2	100
BB-02		0,1560	33	69	276	0,25	0,75	1,88	0,09	0,87	0,46	0,06	1,67	563,5	4,9	568,5	10,7	588,6	9,8	99
BB-03		0,7676	43	51	253	0,20	0,74	1,80	0,09	0,92	0,51	0,06	1,55	560,4	5,1	563,3	10,1	575,3	8,9	99
BB-02		0,2356	36	49	308	0,16	0,75	3,26	0,09	1,93	0,59	0,06	2,63	558,1	10,8	566,7	18,5	601,5	15,8	98
BB-01		0,2339	33	75	283	0,27	0,74	2,04	0,09	0,99	0,48	0,06	1,79	563,4	5,6	562,6	11,5	559,0	10,0	100
BB-03		0,2066	28	56	224	0,25	0,74	1,83	0,09	0,86	0,47	0,06	1,61	561,6	4,8	561,0	10,2	558,9	9,0	100
BB-01		0,2882	31	100	238	0,42	0,74	2,56	0,09	1,04	0,41	0,06	2,34	561,1	5,8	561,5	14,4	562,9	13,2	100
BB-02		1,0207	25	29	132	0,22	0,74	1,87	0,09	0,68	0,37	0,06	1,74	559,0	3,8	564,2	10,6	585,1	10,2	99
BB-03		0,3271	25	67	189	0,36	0,74	1,97	0,09	0,68	0,35	0,06	1,85	562,1	3,8	564,0	11,1	571,7	10,6	100
PEREIRA, F. S. (31/01/2022)	005 BB_01.csv	0,0074	19	43	192	0,22	0,73	3,84	0,09	2,31	0,60	0,06	3,07	566,5	13,1	554,7	21,3	506,4	15,6	112
	018 BB_02.csv	0,0065	12	17	110	0,16	0,73	3,72	0,09	2,04	0,55	0,06	3,11	565,9	11,5	557,2	20,7	522,0	16,2	108
	031 BB_03.csv	0,0046	20	39	187	0,21	0,74	4,01	0,09	2,24	0,56	0,06	3,33	569,3	12,7	561,2	22,5	528,3	17,6	108
	044 BB_04.csv	0,0079	13	18	137	0,13	0,69	4,14	0,09	2,24	0,54	0,06	3,48	556,7	12,5	532,8	22,1	431,5	15,0	129
	057 BB_05.csv	0,0064	14	16	120	0,14	0,71	4,02	0,09	2,32	0,58	0,06	3,28	553,7	12,8	543,0	21,8	498,3	16,4	111
	070 BB_06.csv	0,0045	19	27	164	0,16	0,74	3,88	0,09	2,34	0,60	0,06	3,09	560,9	13,1	562,3	21,8	568,0	17,6	99
	083 BB_07.csv	0,0053	16	29	173	0,17	0,68	3,86	0,09	2,08	0,54	0,06	3,24	547,4	11,4	527,9	20,4	444,3	14,4	123
	096 BB_08.csv	0,0055	17	32	179	0,18	0,69	3,71	0,09	1,94	0,52	0,06	3,17	545,5	10,6	530,9	19,7	468,5	14,9	116
	005 BB_01.csv	0,0060	14	18	132	0,14	0,70	4,03	0,09	2,33	0,58	0,06	3,28	554,8	12,9	539,0	21,7	472,6	15,5	117
	018 BB_02.csv	0,0033	23	51	224	0,23	0,76	3,83	0,09	2,29	0,60	0,06	3,07	575,6	13,2	572,1	21,9	558,3	17,2	103
	031 BB_03.csv	0,0033	25	52	261	0,20	0,75	4,07	0,09	2,53	0,62	0,06	3,18	574,9	14,5	569,7	23,2	549,2	17,5	105
	044 BB_04.csv	0,0048	17	29	174	0,17	0,73	4,04	0,09	2,32	0,58	0,06	3,30	561,3	13,0	554,1	22,4	524,4	17,3	107
	057 BB_05.csv	0,0044	19	31	176	0,17	0,73	3,92	0,09	2,13	0,54	0,06	3,29	553,9	11,8	554,8	21,7	558,7	18,4	99
	070 BB_06.csv	0,0054	21	34	181	0,19	0,70	4,27	0,09	2,44	0,57	0,06	3,50	541,1	13,2	540,2	23,1	536,1	18,8	101
	083 BB_07.csv	0,0048	26	40	243	0,17	0,75	4,01	0,09	2,26	0,56	0,06	3,31	573,6	13,0	568,8	22,8	549,8	18,2	104
005 BB_01.csv	0,0040	24	8	44	0,18	0,71	4,20	0,09	2,26	0,54	0,06	3,54	549,3	12,4	546,4	22,9	534,2	18,9	103	

018 BB_02.csv	0,0050	22	7	38	0,18	0,72	4,22	0,09	2,10	0,50	0,06	3,66	570,9	12,0	552,4	23,3	476,8	17,4	120
031 BB_03.csv	0,0036	25	55	255	0,22	0,75	4,32	0,09	2,03	0,47	0,06	3,82	577,9	11,7	566,5	24,5	521,2	19,9	111
044 BB_04.csv	0,0049	15	22	157	0,14	0,72	4,13	0,09	2,23	0,54	0,06	3,47	549,2	12,2	550,5	22,7	556,2	19,3	99
057 BB_05.csv	0,0042	23	47	230	0,21	0,76	3,71	0,09	2,16	0,58	0,06	3,01	577,0	12,5	572,9	21,3	557,0	16,8	104
070 BB_06.csv	0,0050	20	39	202	0,19	0,74	3,83	0,09	2,18	0,57	0,06	3,15	571,2	12,5	561,7	21,5	523,7	16,5	109
005 BB 01.csv	0,0036	13	19	131	0,15	0,73	3,09	0,09	1,58	0,51	0,06	2,66	568,8	9,0	558,8	17,3	518,5	13,8	110
019 BB 02.csv	0,0035	22	49	196	0,25	0,76	3,52	0,09	1,81	0,51	0,06	3,02	579,7	10,5	572,6	20,1	544,3	16,4	106
031 BB 03.csv	0,0044	16	28	151	0,19	0,72	3,69	0,09	1,84	0,50	0,06	3,20	556,4	10,2	548,6	20,2	516,4	16,5	108
044 BB 04.csv	0,0024	16	23	114	0,20	0,77	3,31	0,09	1,46	0,44	0,06	2,97	582,5	8,5	578,1	19,2	560,8	16,7	104
057 BB 05.csv	0,0043	12	14	99	0,14	0,75	3,02	0,09	1,63	0,54	0,06	2,54	569,5	9,3	566,8	17,1	555,9	14,1	102
070 BB 06.csv	0,0027	22	44	189	0,23	0,76	3,25	0,09	1,78	0,55	0,06	2,71	579,4	10,3	573,0	18,6	547,8	14,9	106
02_BB_01.csv	0,0356	23	43	234	0,19	0,72	3,10	0,09	2,10	0,68	0,06	2,28	566,5	11,9	551,6	17,1	490,4	11,2	116
03_BB_02.csv	0,0035	22	44	230	0,19	0,72	2,99	0,09	2,12	0,71	0,06	2,11	559,4	11,9	551,0	16,5	516,2	10,9	108
04_BB_03.csv	0,0207	19	37	189	0,19	0,73	2,99	0,09	2,10	0,70	0,06	2,12	567,3	11,9	559,4	16,7	527,4	11,2	108
05_BB_04.csv	0,0603	22	42	217	0,19	0,70	3,16	0,09	2,16	0,68	0,06	2,31	553,0	11,9	540,7	17,1	489,2	11,3	113
06_BB_05.csv	0,0251	22	44	231	0,19	0,71	3,01	0,09	2,17	0,72	0,06	2,09	550,4	11,9	546,0	16,4	527,5	11,0	104
07_BB_06.csv	0,0216	21	42	221	0,19	0,71	3,00	0,09	2,16	0,72	0,06	2,09	552,2	11,9	545,9	16,4	519,4	10,8	106
08_BB_07.csv	0,0913	19	34	185	0,19	0,71	3,11	0,09	2,16	0,69	0,06	2,24	552,2	11,9	547,6	17,0	528,7	11,9	104
09_BB_08.csv	0,0319	16	30	163	0,18	0,71	3,05	0,09	2,17	0,71	0,06	2,14	548,9	11,9	546,3	16,6	535,4	11,4	103
10_BB_09.csv	0,0091	21	40	213	0,19	0,73	3,01	0,09	2,12	0,71	0,06	2,13	560,8	11,9	557,8	16,8	545,9	11,6	103
11_BB_10.csv	0,0106	21	42	220	0,19	0,72	3,02	0,09	2,15	0,71	0,06	2,12	554,4	11,9	551,7	16,7	540,9	11,5	102
12_BB_11.csv	0,3619	25	38	199	0,19	0,70	3,41	0,09	2,16	0,63	0,06	2,64	555,3	12,0	541,4	18,5	483,3	12,8	115
13_BB_12.csv	0,0240	14	25	146	0,17	0,69	3,17	0,09	2,21	0,70	0,06	2,26	538,5	11,9	530,2	16,8	494,2	11,2	109
BB-01	0,7800	40	49	249	0,20	0,75	1,24	0,09	1,07	0,87	0,06	0,62	560,8	6,0	565,8	7,0	585,6	3,6	99
BB-02	1,0969	41	33	224	0,15	0,74	1,27	0,09	1,08	0,85	0,06	0,68	561,0	6,1	561,2	7,1	561,7	3,8	100
BB-03	0,7390	39	47	244	0,19	0,74	1,24	0,09	1,07	0,86	0,06	0,62	560,0	6,0	560,8	7,0	564,1	3,5	100
BB-01	0,7800	40	49	249	0,20	0,75	1,24	0,09	1,07	0,87	0,06	0,62	560,8	6,0	565,8	7,0	585,6	3,6	99
BB-02	1,0969	41	33	224	0,15	0,74	1,27	0,09	1,08	0,85	0,06	0,68	561,0	6,1	561,2	7,1	561,7	3,8	100
BB-03	0,7390	39	47	244	0,19	0,74	1,24	0,09	1,07	0,86	0,06	0,62	560,0	6,0	560,8	7,0	564,1	3,5	100
BB-01	0,9477	42	38	235	0,16	0,72	1,83	0,09	1,66	0,91	0,06	0,76	566,3	9,4	550,4	10,1	484,9	3,7	103
BB-01	0,9727	37	37	211	0,18	0,74	1,61	0,09	1,45	0,90	0,06	0,69	560,3	8,1	560,3	9,0	560,4	3,9	100
BB-02	0,8490	37	38	228	0,17	0,74	2,80	0,09	2,67	0,96	0,06	0,83	560,1	15,0	560,7	15,7	562,9	4,7	100
BB-03	0,7933	34	37	221	0,17	0,74	2,23	0,09	2,14	0,96	0,06	0,65	561,9	12,0	561,3	12,5	558,9	3,6	100
BB-01	0,4142	21	17	107	0,16	0,74	2,18	0,09	1,31	0,60	0,06	1,74	561,5	7,4	561,6	12,2	562,0	9,8	100
BB-02	0,9735	30	22	114	0,20	0,74	2,68	0,09	1,57	0,59	0,06	2,18	561,2	8,8	561,6	15,1	563,1	12,3	100
BB-03	1,4991	33	17	128	0,14	0,73	3,17	0,09	0,92	0,29	0,06	3,03	561,1	5,1	557,2	17,7	541,3	16,4	101
BB-01	0,7933	50	57	306	0,19	0,70	1,57	0,09	1,37	0,88	0,06	0,75	558,6	7,6	540,4	8,5	489,2	3,7	102
BB-03	0,7933	121	145	760	0,19	0,72	1,92	0,09	1,70	0,88	0,06	0,90	563,2	9,4	547,9	10,5	533,3	4,8	101
BB-02	0,7933	50	57	306	0,19	0,70	1,57	0,09	1,37	0,88	0,06	0,75	564,5	7,6	540,4	8,5	489,2	3,7	102
BB-01	1,3049	53	45	250	0,18	0,74	1,93	0,09	0,85	0,44	0,06	1,73	560,0	4,8	560,3	10,8	561,5	9,7	100
BB-04	0,7156	31	55	232	0,24	0,74	4,11	0,09	1,10	0,27	0,06	3,96	559,6	6,2	559,9	23,0	560,8	22,2	100
BB-03	1,0062	45	39	248	0,16	0,73	2,36	0,09	1,00	0,42	0,06	2,14	558,8	5,6	559,1	13,2	560,8	12,0	100
BB-02	0,9071	38	38	226	0,17	0,74	2,22	0,09	0,88	0,40	0,06	2,04	558,8	4,9	559,5	12,4	562,4	11,5	100
BB-02	0,4799	30	17	71	0,25	0,75	1,60	0,09	0,75	0,47	0,06	1,42	564,8	4,2	566,6	9,1	573,8	8,1	100
BB-03	0,6885	32	41	218	0,19	0,75	1,60	0,09	0,89	0,56	0,06	1,33	562,4	5,0	569,0	9,1	595,6	7,9	99
BB-01	0,3759	36	20	86	0,24	0,74	2,01	0,09	0,88	0,44	0,06	1,81	559,7	4,9	560,2	11,3	562,3	10,2	100
BB-02	1,1814	45	34	166	0,20	0,74	1,34	0,09	1,08	0,81	0,06	0,79	561,4	6,1	560,2	7,5	555,3	4,4	100
BB-01	0,3003	26	44	171	0,26	0,74	1,05	0,09	0,90	0,85	0,06	0,55	562,4	5,1	562,2	5,9	561,7	3,1	100
BB-03	1,1814	39	36	192	0,19	0,74	1,28	0,09	1,05	0,82	0,06	0,73	559,2	5,9	559,8	7,2	562,1	4,1	100
BB-04	0,3323	27	41	232	0,18	0,74	1,24	0,09	1,07	0,87	0,06	0,62	562,1	6,0	562,7	7,0	564,9	3,5	100
BB-05	0,3968	29	39	223	0,18	0,74	1,23	0,09	0,95	0,77	0,06	0,79	560,5	5,3	560,6	6,9	561,0	4,4	100

TESTES  
(05/12/2022)MACHADO, J. R. M.  
(22/07/2022)REIS, Y. H.  
C.  
(15/09/2022)VA SILVA, L. C.  
(29/07/2022)

SIL	BB-06	0,3385	26	33	198	0,17	0,74	1,27	0,09	0,85	0,67	0,06	0,94	559,9	4,8	560,2	7,1	561,1	5,3	100
	BB-01	0,3561	31	54	233	0,23	0,74	1,32	0,09	1,23	0,93	0,06	0,48	562,3	6,9	562,3	7,4	562,4	2,7	100
	BB-02	0,3504	24	32	190	0,17	0,74	0,86	0,09	0,70	0,82	0,06	0,49	559,9	3,9	560,3	4,8	561,9	2,8	100
	BB-03	0,3231	26	33	197	0,17	0,74	1,01	0,09	0,76	0,75	0,06	0,67	561,3	4,3	561,0	5,7	559,6	3,7	100
FELIX, W. Q. (29/07/2022)	BB-01	1,1835	48	44	237	0,19	0,74	1,95	0,09	1,77	0,91	0,06	0,82	570,1	10,1	562,0	10,9	529,3	4,3	101
	BB-02	1,1464	37	36	199	0,18	0,74	1,42	0,09	1,27	0,89	0,06	0,64	559,1	7,1	559,9	7,9	563,1	3,6	100
	BB-01	0,4997	39	35	202	0,17	0,74	1,34	0,09	1,15	0,86	0,06	0,68	560,8	6,5	561,5	7,5	564,2	3,8	100
	BB-02	0,5980	34	37	164	0,22	0,74	1,38	0,09	1,19	0,86	0,06	0,70	560,1	6,6	560,7	7,7	563,3	4,0	100
	BB-03	0,7747	126	75	235	0,32	0,74	1,86	0,09	1,26	0,68	0,06	1,37	565,4	7,1	560,2	10,4	538,9	7,4	101
	13 BB-01	0,5429	20	38	206	0,19	0,74	3,33	0,09	1,23	0,37	0,06	3,09	561,2	6,9	561,4	18,7	562,3	17,4	100
	29 BB-02	0,6899	45	55	300	0,18	0,73	2,49	0,09	1,03	0,41	0,06	2,26	559,7	5,8	559,2	13,9	557,0	12,6	100
	42 BB-03	1,2645	53	39	261	0,15	0,71	3,53	0,09	1,61	0,46	0,06	3,14	561,4	9,0	544,1	19,2	472,5	14,8	119
	BB-01	0,9525	32	38	181	0,21	0,71	3,19	0,09	1,36	0,43	0,06	2,88	560,1	7,6	545,8	17,4	486,6	14,0	115
	BB-02	1,0295	36	35	190	0,19	0,72	2,92	0,09	0,94	0,32	0,06	2,77	559,6	5,3	548,3	16,0	501,7	13,9	112
	BB-03	0,7009	51	122	334	0,37	0,71	4,33	0,09	1,71	0,40	0,06	3,97	562,9	9,7	546,0	23,6	476,4	18,9	103
	BB-01	1,6062	40	37	172	0,21	0,74	2,55	0,09	1,12	0,44	0,06	2,30	559,8	6,3	559,9	14,3	560,4	12,9	100
	BB-02	1,6326	35	23	147	0,16	0,74	2,83	0,09	1,02	0,36	0,06	2,64	559,4	5,7	559,5	15,8	560,1	14,8	100
	BB-03	0,9816	38	38	208	0,18	0,74	2,62	0,09	0,98	0,37	0,06	2,43	560,0	5,5	560,1	14,7	560,6	13,6	100
	BB-03	0,5596	36	74	252	0,30	0,74	2,57	0,09	0,80	0,31	0,06	2,44	560,9	4,5	560,7	14,4	560,1	13,7	100
	BB-02	1,0325	32	30	174	0,17	0,74	2,54	0,09	0,89	0,35	0,06	2,38	560,4	5,0	560,5	14,2	560,9	13,3	100
	BB-01	0,7404	33	35	186	0,19	0,73	2,66	0,09	0,91	0,34	0,06	2,50	558,3	5,1	558,4	14,8	558,7	14,0	100
	BB-01	0,8500	47	47	275	0,17	0,73	1,20	0,09	1,00	0,81	0,06	0,70	559,0	5,0	559,0	7,0	560,0	4,0	100
	BB-02	0,9700	40	41	231	0,18	0,74	1,20	0,09	1,00	0,79	0,06	0,70	559,0	5,0	560,0	7,0	561,0	4,0	100
	BB-03	2,3800	56	39	186	0,21	0,73	1,30	0,09	1,00	0,76	0,06	0,80	558,0	5,0	559,0	7,0	562,0	5,0	100
SANTOS, M. C. (10 e 11/01/2022)	18 - BB-02.csv	0,0039	19	7	31	0,22	0,69	3,84	0,09	2,23	0,58	0,06	3,13	542,1	12,1	534,1	20,5	500,0	15,7	108
	31 - BB-03.csv	0,0037	20	18	102	0,18	0,74	3,58	0,09	1,98	0,55	0,06	2,98	572,9	11,4	562,6	20,1	520,9	15,5	110
	44 - BB-04.csv	0,0092	16	27	106	0,26	0,71	4,05	0,09	1,98	0,49	0,06	3,53	549,4	10,9	546,8	22,1	536,0	18,9	102
	57 - BB-05.csv	0,0044	25	36	162	0,22	0,69	4,18	0,09	2,05	0,49	0,06	3,64	529,9	10,9	530,3	22,2	532,3	19,4	100
	70 - BB-06.csv	0,0031	25	5	24	0,21	0,73	4,45	0,09	2,39	0,54	0,06	3,75	558,3	13,3	555,2	24,7	542,7	20,4	103
	PINTO, E. S. (22/07/2022)	BB-01	0,9826	36	35	198	0,18	0,74	2,23	0,09	0,82	0,37	0,06	2,07	559,3	4,6	559,9	12,5	562,4	11,7
BB-03		2,0541	14	8	48	0,17	0,74	2,92	0,09	0,88	0,30	0,06	2,78	560,3	4,9	560,6	16,3	561,7	15,6	100
BB-02		1,0499	36	34	200	0,17	0,74	2,49	0,09	0,83	0,33	0,06	2,35	561,7	4,6	561,6	14,0	561,3	13,2	100
BB-01		1,0068	41	31	169	0,19	0,73	3,99	0,09	1,49	0,37	0,06	3,70	564,5	8,4	553,6	22,1	509,1	18,8	102
BB-02		0,8785	36	38	226	0,17	0,72	3,12	0,09	1,43	0,46	0,06	2,77	561,0	8,0	551,7	17,2	513,5	14,2	102
BB-03		1,5978	57	43	243	0,18	0,72	3,54	0,09	1,43	0,41	0,06	3,23	561,1	8,1	548,6	19,4	496,8	16,1	102
BB-01		1,8563	12	8	44	0,18	0,73	2,84	0,09	1,12	0,39	0,06	2,61	560,3	6,3	555,8	15,8	537,4	14,0	101
BB-02		1,0016	36	36	198	0,18	0,73	2,24	0,09	0,81	0,36	0,06	2,09	560,3	4,5	557,6	12,5	546,9	11,4	100
BB-03		1,0014	43	41	149	0,28	0,70	2,65	0,09	1,25	0,47	0,06	2,33	559,4	7,0	537,3	14,2	444,4	10,4	104
BB-01		1,0716	33	26	156	0,17	0,70	2,45	0,09	0,93	0,38	0,06	2,26	562,9	5,2	536,8	13,1	427,4	9,7	105
BB-03	0,7422	34	38	203	0,19	0,72	2,35	0,09	0,93	0,39	0,06	2,16	563,8	5,2	553,3	13,0	510,4	11,0	102	
OLIVEIRA, P. G. A. (27 e 28/10/2022)	005_BB_01.csv	0,0163	19	37	199	0,19	0,74	2,92	0,09	1,68	0,58	0,06	2,38	562,7	9,5	561,6	16,4	557,0	13,3	101
	017_BB_02.csv	0,0107	19	38	202	0,19	0,72	2,76	0,09	1,17	0,42	0,06	2,50	549,4	6,4	549,4	15,2	549,6	13,8	100
	030_BB_03.csv	0,0119	23	54	233	0,23	0,73	3,02	0,09	1,55	0,51	0,06	2,60	557,9	8,6	554,5	16,8	540,7	14,1	103
	046_BB_05.csv	0,0195	21	52	196	0,27	0,74	2,50	0,09	1,46	0,58	0,06	2,03	566,0	8,3	563,3	14,1	552,2	11,2	102
	059_BB_06.csv	0,0099	23	53	241	0,22	0,71	2,74	0,09	1,61	0,59	0,06	2,22	548,5	8,8	542,6	14,9	517,7	11,5	106
	072_BB_07.csv	0,0114	25	62	256	0,24	0,72	3,00	0,09	1,73	0,58	0,06	2,45	550,9	9,6	550,7	16,5	549,9	13,5	100
	085_BB_08.csv	0,0104	24	50	251	0,20	0,74	2,77	0,09	1,39	0,50	0,06	2,39	558,9	7,8	560,9	15,5	569,0	13,6	98
	098_BB_09.csv	0,0116	24	55	241	0,23	0,75	2,70	0,09	1,32	0,49	0,06	2,35	567,0	7,5	565,3	15,2	558,7	13,1	101
	111_BB_10.csv	0,0112	25	63	254	0,25	0,74	2,69	0,09	1,59	0,59	0,06	2,17	561,8	8,9	561,5	15,1	560,4	12,2	100
	124_BB_11.csv	0,0113	24	60	242	0,25	0,74	2,70	0,09	1,61	0,59	0,06	2,17	560,3	9,0	561,1	15,2	564,3	12,3	99
	137_BB_12.csv	0,0099	24	58	235	0,25	0,74	2,70	0,09	1,56	0,58	0,06	2,20	565,0	8,8	563,0	15,2	555,2	12,2	102

	150_BB_13.csv	0,0092	24	51	245	0,21	0,75	2,96	0,09	1,56	0,53	0,06	2,52	569,7	8,9	568,6	16,8	564,2	14,2	101
	162_BB_14.csv	0,0109	23	56	229	0,25	0,75	2,75	0,09	1,52	0,55	0,06	2,29	569,1	8,7	567,8	15,6	562,7	12,9	101
OLIVEIRA, P. A. G. (26 e 27/10/2022)	005_BB_01.csv	0,0100	24	50	237	0,21	0,77	2,40	0,09	1,39	0,58	0,06	1,96	581,4	8,1	579,3	13,9	571,3	11,2	102
	019_BB_02.csv	0,0082	20	37	206	0,18	0,72	2,46	0,09	1,35	0,55	0,06	2,06	556,6	7,5	552,8	13,6	537,2	11,0	104
	032_BB_03.csv	0,0092	19	38	198	0,19	0,72	2,89	0,09	1,45	0,50	0,06	2,51	552,3	8,0	550,1	15,9	541,0	13,6	102
	006_BB_04.csv	0,0104	22	57	235	0,25	0,72	2,59	0,09	1,71	0,66	0,06	1,94	553,3	9,5	553,1	14,3	552,4	10,7	100
	018_BB_05.csv	0,0100	20	39	208	0,19	0,72	2,67	0,09	1,71	0,64	0,06	2,05	556,7	9,5	549,0	14,7	517,1	10,6	108
	004_BB_06.csv	0,0106	22	42	184	0,23	0,72	2,54	0,09	1,70	0,67	0,06	1,88	550,3	9,4	550,6	14,0	551,8	10,4	100
	017_BB_07.csv	0,0108	18	34	187	0,18	0,72	2,90	0,09	1,47	0,51	0,06	2,50	552,4	8,1	553,2	16,0	556,4	13,9	99
	044_BB_09.csv	0,0108	19	35	200	0,18	0,73	2,86	0,09	1,51	0,53	0,06	2,43	558,1	8,4	558,5	16,0	560,4	13,6	100
	056_BB_10.csv	0,0124	19	36	194	0,19	0,74	2,94	0,09	1,49	0,51	0,06	2,53	563,8	8,4	563,1	16,5	560,3	14,2	101
	069_BB_11.csv	0,0138	19	35	192	0,18	0,75	3,41	0,09	1,53	0,45	0,06	3,04	568,6	8,7	566,6	19,3	558,6	17,0	102
	082_BB_12.csv	0,0110	21	50	214	0,23	0,75	3,19	0,09	1,65	0,52	0,06	2,73	570,0	9,4	569,7	18,2	568,1	15,5	100
	096_BB_13.csv	0,0113	21	52	221	0,24	0,73	3,34	0,09	1,59	0,48	0,06	2,94	557,6	8,9	558,4	18,7	561,9	16,5	99
	108_BB_12.csv	0,0099	23	57	233	0,25	0,73	3,20	0,09	1,60	0,50	0,06	2,77	556,6	8,9	554,4	17,7	545,7	15,1	102
OLIVEIRA, E. T. F. (22/12/2022)	008_BB 01.csv	0,0125	15	27	155	0,17	0,73	2,43	0,09	1,42	0,58	0,06	1,97	561,0	8,0	557,9	13,5	545,6	10,8	103
	021_BB 02.csv	0,0325	24	56	226	0,25	0,72	2,60	0,09	1,32	0,51	0,06	2,24	551,6	7,3	553,4	14,4	560,8	12,6	98
	034_BB 03.csv	0,0089	19	37	201	0,19	0,74	2,40	0,09	1,24	0,52	0,06	2,06	563,1	7,0	562,5	13,5	559,9	11,5	101
	047_BB 04.csv	0,0081	19	36	195	0,19	0,74	2,85	0,09	1,28	0,45	0,06	2,55	563,4	7,2	560,8	16,0	550,2	14,0	102
	060_BB 05.csv	0,0096	20	51	215	0,24	0,70	2,38	0,09	1,48	0,62	0,06	1,86	550,1	8,1	540,8	12,9	501,9	9,3	110
	073_BB 06.csv	0,0143	18	42	189	0,22	0,72	2,46	0,09	1,73	0,70	0,06	1,75	549,7	9,5	551,4	13,6	558,5	9,8	98
	086_BB 07.csv	0,0096	19	35	204	0,17	0,73	2,32	0,09	1,36	0,58	0,06	1,88	555,5	7,5	554,5	12,9	550,3	10,4	101
		099_BB 08.csv	0,0097	20	42	212	0,20	0,73	2,23	0,09	1,31	0,59	0,06	1,81	554,4	7,2	553,7	12,4	550,9	10,0

<sup>a</sup> Fração do <sup>206</sup>Pb não radiogênico no spot de zircão analisado, onde  $f_{206} = [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_c / [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_s$  (c=comum; s=amostra)

<sup>b</sup> As razões Th/U e a quantidade de Pb, Th e U (em pmm) são calculadas em relação ao zircão de referência GJ-1

<sup>c</sup> Corrigidas para o branco analítico (background), para o fracionamento interno Pb/U e normalizadas ao zircão de referência GJ-1 (ID-TIMS-valores/valores medidos); <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U calculada usando a equação  $= (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) * (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) * (137,88)$

<sup>d</sup> Rho é a correlação de erro definido como o quociente dos erros propagados das razões <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U e <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U;

<sup>e</sup> Corrigida para o fracionamento de massa (mass-bias) por normalizações ao zircão de referência GJ-1 e para Pb comum usando o modelo de evolução de Pb de Stacey & Kramer (1975)

<sup>f</sup> Grau de concordância,  $6/8-7/6 = (\text{Idade } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} * 100) / (\text{Idade } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$ , segundo Horstwood et al., 2016.

## Dados Analíticos do Mr 91500 2021 e 2022

(continua)

	Análise Pontual	$f^a$ <sup>206</sup>	Razões isotópicas c									Idades (Ma)						Conc.f(%) 6/8-7/6		
			Pb	Th	U	Th/U	207Pb/ 235U	1 $\sigma$	206Pb/ 238U	1 $\sigma$	Rho	207Pb/ 206Pb <sup>e</sup>	1 $\sigma$	206Pb/ 238U	1 $\sigma$	207Pb/ 235U	1 $\sigma$		207Pb/ 206Pb	1 $\sigma$
			ppm	ppm	ppm			(%)		(%)			(%)	(abs)	(abs)	(abs)	(abs)		(abs)	(abs)
OLIVEIRA, E. T. F. (29/12/2021)	039_91500-03.csv	0,0096	3	1	3	0,22	1,86	3,31	0,18	1,42	0,43	0,08	2,99	1063,9	15,1	1066,0	35,3	1070,1	32,0	99
	078_91500-06.csv	0,0075	8	8	26	0,29	1,86	2,76	0,18	1,18	0,43	0,07	2,50	1066,8	12,6	1066,2	29,4	1064,8	26,6	100
	091_91500-07.csv	0,0351	12	9	30	0,29	1,88	2,90	0,18	1,00	0,35	0,08	2,72	1073,8	10,8	1073,6	31,1	1073,1	29,2	100
	104_91500-08.csv	0,0133	9	5	23	0,20	1,90	2,66	0,19	0,99	0,37	0,07	2,47	1096,9	10,9	1079,4	28,7	1044,3	25,7	105
	116_91500-09.csv	0,0065	11	3	10	0,31	1,92	2,75	0,19	1,03	0,37	0,07	2,55	1098,9	11,3	1086,4	29,9	1061,4	27,1	104
	117_91500-10.csv	0,0065	10	3	10	0,29	1,91	2,81	0,19	1,04	0,37	0,07	2,61	1096,2	11,5	1085,0	30,5	1062,5	27,8	103
CARVALH O, D. F. (28/12/2021)	91500-01	0,0087	8	0	16	0,03	1,90	3,17	0,18	1,24	0,39	0,08	2,92	1072,1	13,3	1080,7	34,3	1098,2	32,1	98
	91500-02	0,0086	8	2	8	0,27	1,83	3,63	0,18	1,60	0,44	0,07	3,26	1061,9	17,0	1055,1	38,3	1041	33,9	102
	91500-03	0,0063	11	7	27	0,28	1,81	3,19	0,18	1,59	0,50	0,07	2,76	1053,5	16,8	1049,9	33,4	1042,4	28,8	101
	91500-04	0,0087	13	8	26	0,30	1,81	3,72	0,18	1,22	0,33	0,07	3,51	1069,7	13,0	1048,1	39	1003,5	35,3	107
VERAS, R. S. (28/12/2021)	91500 01	0,0383	10	5	18	0,30	1,69	3,55	0,17	1,52	0,43	0,07	3,21	1035,4	15,8	1005,2	35,7	940,0	30,2	110
	91500 02	0,0091	6	3	11	0,30	1,90	3,12	0,19	1,40	0,45	0,07	2,79	1101,8	15,4	1079,5	33,7	1034,7	28,9	106
	91500 03	0,0100	6	1	11	0,05	1,87	2,92	0,18	1,50	0,51	0,07	2,50	1085,7	16,2	1070,4	31,2	1039,2	26,0	104
	91500 04	0,0053	7	2	9	0,19	1,91	3,09	0,19	1,26	0,41	0,07	2,82	1106,0	14,0	1082,9	33,4	1036,6	29,2	107
	91500 05	0,0052	7	2	7	0,28	1,81	3,21	0,18	1,36	0,42	0,07	2,91	1059,4	14,4	1047,6	33,7	1023,1	29,8	104
	91500 07	0,0058	8	5	17	0,28	1,80	2,52	0,18	1,39	0,55	0,07	2,10	1054,2	14,7	1044,5	26,3	1024,4	21,5	103
	91500 08	0,0073	9	10	35	0,29	1,78	3,19	0,18	1,68	0,53	0,07	2,71	1058,0	17,8	1036,5	33,1	991,3	26,9	107
	91500 09	0,0072	8	5	19	0,29	1,77	2,82	0,18	1,36	0,48	0,07	2,47	1059,6	14,4	1034,6	29,2	982,2	24,3	108
	CANTAO, R. G. (29/12/2021)	29-91500-02.csv	0,0082	9	4	15	0,29	1,78	3,13	0,18	1,49	0,48	0,07	2,75	1039,9	15,5	1037,1	32,5	1031,3	28,4
42-91500-03.csv		0,0096	8	2	10	0,24	1,83	3,29	0,18	1,31	0,40	0,07	3,02	1074,0	14,1	1057,6	34,8	1023,8	30,9	105
94-91500-07.csv		0,0080	7	2	11	0,18	1,97	3,37	0,19	1,52	0,45	0,08	3,01	1112,3	16,9	1104,7	37,3	1089,8	32,8	102
107-91500-08.csv		0,0082	10	2	18	0,09	1,84	3,24	0,18	1,41	0,44	0,07	2,92	1086,8	15,4	1058,5	34,3	1000,6	29,2	109
BATISTA, P. H. M. (22/12/2021)	054_91500_09.csv	0,0054	10	3	9	0,30	1,85	2,33	0,18	0,71	0,31	0,08	2,22	1060,2	7,6	1063,0	24,7	1068,9	23,7	99
	065_91500_10.csv	0,0174	11	2	9	0,26	1,82	2,25	0,18	0,70	0,31	0,07	2,14	1055,7	7,4	1054,4	23,7	1051,6	22,5	100
	067_91500_11.csv	0,0074	11	2	5	0,40	1,87	1,52	0,18	0,54	0,36	0,08	1,42	1068,8	5,8	1070,7	16,3	1074,6	15,3	99
	041_91500_07.csv	0,0062	11	0	0	0,57	1,86	2,13	0,18	0,65	0,30	0,08	2,03	1063,4	6,9	1066,8	22,7	1073,7	21,8	99
	052_91500_08.csv	0,0067	11	0	0	0,60	1,87	2,06	0,18	0,64	0,31	0,08	1,96	1071,4	6,9	1071,6	22,1	1071,8	21,0	100
BATISTA, P. H. M. (13/05/2022)	002_91500_01.csv	0,0055	12	2	5	0,30	1,86	1,75	0,18	0,84	0,48	0,07	1,54	1069,6	9,0	1068,5	18,7	1066,3	16,4	100
	013_91500_02.csv	0,0067	11	1	5	0,29	1,88	1,78	0,18	0,84	0,47	0,07	1,57	1075,4	9,0	1072,8	19,1	1067,7	16,8	101
	015_91500_03.csv	0,0064	11	2	6	0,28	1,84	1,76	0,18	0,95	0,54	0,07	1,48	1057,8	10,0	1059,2	18,6	1062,1	15,7	100
	026_91500_04.csv	0,0065	10	2	6	0,27	1,84	1,65	0,18	0,94	0,57	0,07	1,36	1062,9	10,0	1060,2	17,5	1054,7	14,3	101
	028_91500_05.csv	0,0066	11	0	3	0,04	1,85	1,76	0,18	0,72	0,41	0,07	1,60	1065,3	7,7	1064,0	18,7	1061,3	17,0	100
	039_91500_06.csv	0,0090	10	0	3	0,04	1,86	1,80	0,18	0,74	0,41	0,07	1,64	1069,7	7,9	1068,0	19,3	1064,5	17,5	100
RA, F. S. (2022)	016_91500_01.csv	0,0103	9	13	45	0,30	1,79	2,80	0,18	1,23	0,44	0,07	2,51	1056,4	13,0	1042,8	29,2	1014,2	25,5	104
	042_91500_03.csv	0,0082	10	15	48	0,31	1,80	3,00	0,18	1,18	0,39	0,07	2,75	1066,1	12,6	1045,3	31,3	1002,2	27,6	106
	055_91500_04.csv	0,0081	11	16	54	0,29	1,84	2,92	0,18	1,14	0,39	0,07	2,69	1081,4	12,3	1060,7	31,0	1018,4	27,4	106
	068_91500_05.csv	0,0106	11	13	47	0,28	1,72	3,07	0,18	1,18	0,38	0,07	2,83	1064,7	12,6	1017,1	31,2	915,9	26,0	116
	081_91500_06.csv	0,0080	12	15	48	0,31	1,83	2,77	0,18	1,19	0,43	0,07	2,50	1064,6	12,7	1057,5	29,3	1042,9	26,0	102

PEREJ (31/01)	107 91500_08.csv	0,0069	11	17	55	0,32	1,85	2,63	0,18	0,97	0,37	0,07	2,44	1062,9	10,3	1062,6	27,9	1061,9	25,9	100
	016 91500_01.csv	0,0075	11	16	51	0,31	1,75	2,90	0,18	1,21	0,42	0,07	2,63	1053,3	12,8	1025,7	29,7	967,4	25,5	109
	068 91500_05.csv	0,0055	9	12	38	0,32	1,81	3,07	0,18	1,18	0,38	0,07	2,84	1068,1	12,6	1049,9	32,2	1012,0	28,7	106
	016 91500_01.csv	0,0067	13	3	11	0,30	1,82	3,06	0,18	1,16	0,38	0,07	2,83	1063,3	12,3	1051,5	32,2	1027,1	29,1	104
	081 91500_06.csv	0,0055	12	18	59	0,30	1,88	2,73	0,18	1,13	0,41	0,07	2,48	1079,8	12,2	1074,1	29,3	1062,5	26,4	102

<sup>a</sup> Fração do <sup>206</sup>Pb não radiogênico no spot de zircão analisado, onde  $f_{206} = [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_c / [^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_s$  (c=comum; s=amostra)

<sup>b</sup> As razões Th/U e a quantidade de Pb, Th e U (em pmm) são calculadas em relação ao zircão de referência GJ-1

<sup>c</sup> Corrigidas para o branco analítico (background), para o fracionamento interno Pb/U e normalizadas ao zircão de referência GJ-1 (ID-TIMS-valores/valores medidos); <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U calculada usando a equação = (<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb) \* (<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U) \* (137,88)

<sup>d</sup> Rho é a correlação de erro definido como o quociente dos erros propagados das razões <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U e <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U;

<sup>e</sup> Corrigida para o fracionamento de massa (mass-bias) por normalizações ao zircão de referência GJ-1 e para Pb comum usando o modelo de evolução de Pb de Stacey & Kramer (1975)

<sup>f</sup> Grau de concordância,  $6/8-7/6 = (\text{Idade } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} * 100) / (\text{Idade } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$ , segundo Horstwood et al., 2016.

## Dados Analíticos do Mr Mud Tank 2021

Análise Pontual	$f_{206}^a$	Razões isotópicas <sup>c</sup>				Idades (Ma)										Conc.f(%) 6/8-7/6			
		Pb ppm	Th ppm	U ppm	Th/U <sup>b</sup>	207Pb/ 235U	1 $\sigma$ (%)	206Pb/ 238U	1 $\sigma$ (%)	Rho <sup>d</sup>	207Pb/ 206Pb <sup>e</sup>	1 $\sigma$ (%)	206Pb/ 238U	1 $\sigma$ (abs)	207Pb/ 235U		1 $\sigma$ (abs)	207Pb/ 206Pb	1 $\sigma$ (abs)
055_MTZ_11.csv	0,0121	6	3	7	0,39	1,05	2,84	0,12	1,01	0,36	0,06	2,65	729,6	7,4	728,2	20,7	723,9	19,2	100,8
056_MTZ_12.csv	0,0120	7	3	8	0,39	1,05	2,79	0,12	1,00	0,36	0,06	2,60	731,3	7,3	731,3	20,4	731,2	19,0	100,0
057_MTZ_13.csv	0,0131	5	2	5	0,43	1,11	2,83	0,13	0,96	0,34	0,06	2,66	765,6	7,3	757,7	21,4	734,6	19,5	104,2
058_MTZ_14.csv	0,0177	4	2	5	0,37	1,05	3,13	0,12	1,03	0,33	0,06	2,96	730,4	7,6	729,8	22,9	728,0	21,5	100,3
059_MTZ_15.csv	0,0194	5	2	6	0,37	1,05	2,95	0,12	1,01	0,34	0,06	2,78	727,8	7,3	728,6	21,5	731,1	20,3	99,6
060_MTZ_16.csv	0,0159	6	3	7	0,38	1,05	2,99	0,12	1,02	0,34	0,06	2,81	726,0	7,4	726,9	21,7	729,6	20,5	99,5
061_MTZ_17.csv	0,0199	5	2	6	0,37	1,05	2,89	0,12	1,01	0,35	0,06	2,70	727,2	7,4	727,6	21,0	728,9	19,7	99,8
062_MTZ_18.csv	0,0198	6	2	7	0,37	1,05	2,87	0,12	1,00	0,35	0,06	2,69	729,2	7,3	729,8	20,9	731,6	19,7	99,7
063_MTZ_19.csv	0,0139	5	2	6	0,38	1,05	2,86	0,12	1,00	0,35	0,06	2,68	725,6	7,3	728,2	20,8	736,3	19,7	98,5
064_MTZ_20.csv	0,0191	4	2	5	0,36	1,04	3,02	0,12	1,02	0,34	0,06	2,85	722,0	7,3	724,3	21,9	731,2	20,8	98,7
068_MTZ_21.csv	0,0226	4	2	3	0,49	1,05	2,18	0,12	0,79	0,36	0,06	2,03	727,7	5,8	728,9	15,9	732,5	14,8	99,0
069_MTZ_22.csv	0,0298	3	1	2	0,47	1,05	2,29	0,12	0,80	0,35	0,06	2,14	725,7	5,8	728,0	16,7	735,1	15,7	98,7
070_MTZ_23.csv	0,0227	5	2	3	0,50	1,06	2,07	0,12	0,80	0,39	0,06	1,91	729,4	5,9	732,0	15,1	739,9	14,1	98,6
071_MTZ_24.csv	0,0264	4	1	3	0,48	1,04	2,50	0,12	0,79	0,32	0,06	2,37	724,7	5,7	725,2	18,1	726,8	17,2	99,7
072_MTZ_25.csv	0,0169	5	2	4	0,49	1,04	2,20	0,12	0,79	0,36	0,06	2,06	722,4	5,7	725,1	16,0	733,5	15,1	98,5
073_MTZ_26.csv	0,0200	4	1	3	0,48	1,05	2,44	0,12	0,80	0,33	0,06	2,30	725,3	5,8	727,3	17,7	733,5	16,9	98,9
074_MTZ_27.csv	0,0190	4	2	3	0,50	1,06	2,35	0,12	0,81	0,35	0,06	2,20	732,9	6,0	734,3	17,3	738,6	16,3	99,2
075_MTZ_28.csv	0,0331	3	1	2	0,48	1,06	2,24	0,12	0,81	0,36	0,06	2,08	730,2	5,9	732,0	16,4	737,6	15,4	99,0
076_MTZ_29.csv	0,0366	3	1	2	0,48	1,04	2,27	0,12	0,83	0,36	0,06	2,12	724,2	6,0	725,5	16,5	729,4	15,5	99,3
077_MTZ_30.csv	0,0218	3	1	2	0,47	1,05	2,35	0,12	0,81	0,34	0,06	2,20	726,7	5,9	726,9	17,1	727,7	16,0	99,9
042_MTZ_01.csv	0,0155	5	0	0	0,74	1,08	2,60	0,12	0,90	0,35	0,06	2,44	737,2	6,6	741,9	19,3	756,2	18,4	97,5
043_MTZ_02.csv	0,0200	5	0	0	0,73	1,06	2,50	0,12	0,88	0,35	0,06	2,34	738,5	6,5	733,0	18,3	716,3	16,8	103,1
044_MTZ_03.csv	0,0153	5	0	0	0,74	1,06	2,52	0,12	0,88	0,35	0,06	2,37	734,7	6,5	734,4	18,5	733,6	17,4	100,2
045_MTZ_04.csv	0,0155	7	0	0	0,77	1,06	2,63	0,12	0,88	0,34	0,06	2,48	735,9	6,5	734,2	19,3	729,3	18,1	100,9
046_MTZ_05.csv	0,0125	6	0	0	0,78	1,06	2,49	0,12	0,88	0,36	0,06	2,32	733,4	6,5	734,5	18,3	737,9	17,1	99,4
047_MTZ_06.csv	0,0240	5	0	0	0,75	1,05	2,68	0,12	0,90	0,34	0,06	2,52	724,1	6,5	726,4	19,4	733,6	18,5	98,7
048_MTZ_07.csv	0,0169	4	0	0	0,73	1,05	2,75	0,12	0,90	0,33	0,06	2,60	728,6	6,6	730,1	20,1	735,0	19,1	99,1
049_MTZ_08.csv	0,0161	6	0	0	0,77	1,07	2,70	0,12	0,88	0,33	0,06	2,55	736,1	6,5	736,6	19,9	738,1	18,9	99,7
050_MTZ_09.csv	0,0190	5	0	0	0,76	1,06	2,79	0,12	0,89	0,32	0,06	2,65	732,3	6,5	731,7	20,5	730,1	19,3	100,3
051_MTZ_10.csv	0,0165	5	0	0	0,74	1,06	2,60	0,12	0,90	0,35	0,06	2,44	732,1	6,6	733,5	19,0	738,0	18,0	99,2

BATISTA, P. H. M.  
(22/12/2021)

<sup>a</sup> Fração do <sup>206</sup>Pb não radiogênico no spot de zircão analisado, onde  $f_{206} = \frac{[^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_c}{[^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}]_s}$  (c=comum; s=amostra)

<sup>b</sup> As razões Th/U e a quantidade de Pb, Th e U (em ppm) são calculadas em relação ao zircão de referência GJ-1

<sup>c</sup> Corrigidas para o branco analítico (background), para o fracionamento interno Pb/U e normalizadas ao zircão de referência GJ-1 (ID-TIMS-valores/valores medidos); <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U calculada usando a equação = (<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb) \* (<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U) \* (137,88)

<sup>d</sup> Rho é a correlação de erro definido como o quociente dos erros propagados das razões <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U e <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U;

<sup>e</sup> Corrigida para o fracionamento de massa (mass-bias) por normalizações ao zircão de referência GJ-1 e para Pb comum usando o modelo de evolução de Pb de Stacey & Kramer (1975)

<sup>f</sup> Grau de concordância, 6/8-7/6 = (Idade <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U \* 100) / (Idade <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb), segundo Horstwood et al., 2016.