



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

### EMENTA DE DISCIPLINA

#### NOME DA DISCIPLINA:

Análises Isotópicas por Espectrometria de Massa em LA-ICP

**CARGA HORÁRIA:** 90

**Nº DE CRÉDITOS:** 6

**CATEGORIA:** eletiva

**PROFESSOR RESPONSÁVEL:** Mauro Cesar Geraldes

#### OBJETIVOS:

O curso tem por objetivo introduzir os alunos à utilização da técnica de espectrometria de massa com indução por plasma (ICP-MS) acoplado a um laser para ablação (LA). O programa contempla as bases conceituais do funcionamento do equipamento como (i) funcionamento do plasma com alimentação por nebulizador ou por gás e o processo de ionização; (ii) processo de separação de partículas por massa e carga por separador magnético; (iii) sistema de detecção por faraday e multiplicadores de elétrons; (iv) processo de ablação a laser em material silicático; (v) operação dos equipamentos para medição de abundâncias isotópica em material geológico; (vi) preparação de amostras e imageamento por microscopia eletrônica de varredura; (vii) programação e automação de análises; (viii) utilização de materiais de referencia e outros padrões certificados; e (ix) controle de qualidade de dados e estatística.

#### CONTEÚDO:

**Módulo 1: Princípios da física nuclear na radiocronologia.** Os constituintes do átomo e suas propriedades. As formas de nucleossíntese e os princípios e tipos de decaimento radioativo. As equações de decaimento radioativo e de meia-vida. A quantificação de isótopo-pai e isótopo-filho. Exemplos de decaimento radioativos aplicados a radiocronologia e geologia isotópica.

**Módulo 2: Espectrometria de Massa.** Princípios teóricos, histórico da construção dos primeiros espectrômetros de massa para fins de datação. Tipos de espectrômetros e suas partes constituintes. O Espectrômetro de massa de fonte sólida: o ionizador, o filamento, mecanismos de aceleração e focalização, o separador magnético, os detectores, os registradores. O sistema de vácuo e as correções. Espectrômetros de massa de fonte gasosa. Diferenças (vantagens e desvantagens) entre os espectrômetros por ionização térmica (TIMS) e o SHRIMP (espectrômetro de massa com ativação por feixe de elétrons e análise



com alta sensibilidade e resolução) e LA-ICP-MS (espectrômetro de massa com ativação por feixe de laser e ionização por plasma induzido) e método de Kober (evaporação de grãos).

**Módulo 3: O equipamento ICP-MS.** Histórico das técnicas analíticas e a justaposição de plasma com o espectrômetro de massa; a introdução de amostras por nebulização; os diferentes tipos de nebulizador; o controle dos gases queimados do plasma e seus efeitos nas medições; posicionamento geométrico da injeção de amostras e do plasma; o controle do campo magnético e a separação das partículas com massa/carga variadas. Vantagens e desvantagens, elementos analisáveis.

**Módulo 4: O Multidetector.** Histórico e princípios dos métodos. A técnica de medição simultânea de abundância de partículas. Os tipos de detectores mais robustos (Faraday e Daly); o detector para partículas de baixas abundância (íon countings e multiplicadores de elétrons e o CDD). As técnicas de calibração, otimização e segurança de utilização. Vantagens do método e desvantagens.

**Módulo 5: O laser.** Histórico e princípios do método. Tipos de geração de laser e adequação do comprimento de onda com o material a ser volatilizado. O controle do tamanho de cratera, da frequência de pulsos e da intensidade do feixe. Os tipos de gases utilizados para transporte o material volatilizado. O controle de iluminação e posicionamento do porta-amostra.

**Módulo 6: A operação do equipamento LA-ICP-MS.** Colocação do equipamento em operação; o sistema de refrigeração interna e externa; o sistema de vácuo e tipos de bombas; o sistema de evacuação de gases consumidos; sistema de fornecimento de energia; o sistema de alimentação de gases.

**Módulo 7: Preparação de amostras e imageamento.** A separação de minerais de interesse para a geocronologia e geologia isotópica; britagem, moagem, separação gravimétrica e por líquidos densos. A catação em lupa e montagem em epoxi; polimento e limpeza; imageamento em microscópio eletrônico de varredura; as imagens por elétrons retroespalhados e a confecção de mapas das amostras; as imagens por catodoluminescência; caracterização de áreas para análise e seleção de grãos; caracterização de tipos de grãos de minerais de



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

interesse na geocronologia. Outras imagens em microscópios e lupas auxiliares na seleção de áreas a serem analisadas.

**Módulo 8: Os materiais de Referencia.** Histórico e princípios da utilização dos materiais certificados. A escolha dos padrões para análises específicas. Os padrões utilizados e sua otimização. O uso de traçadores duplos. Exemplos de aplicações de padrões multielementares como NIST 610 2 612; Os padrões de zircão GJ-01, Temora; Harvard 91500, entre outros. Controle de qualidade dos padrões. Utilização dos padrões para calibração do ICP-MS.

**Módulo 9: Aplicações na Geocronologia.** A instalação de métodos geocronológicos. O método U-Pb em zircão, titanita, alanita, monazita, etc.; O método Lu-Hf em zircão; O método Sm-Nd, Re-Os, Rb-Rs através do LA-ICP-MS. Tratamento de dados e interpretações; controle de qualidade de resultados. Aplicação em rochas magmáticas, metamórfica e sedimentares.

**10. Atividade de campo.** Excursão de um dia com análise de rochas intrusivas (diques) e de unidades sedimentares para definição de amostragem, volumes e escolha de tipos de materiais de interesse. Avaliação da aplicação de cada um dos métodos em materiais de diferentes composições, estimativa de resultados e suas possíveis interpretações.

**Módulo 11: Avaliação.** Este último módulo é reservado para a discussão de exemplos de aplicação nas áreas de estudo dos participantes. Será solicitada de cada um dos participantes a exposição de um exemplo geológico com discussão em grupo das aplicações dos isótopos radiogênicos nos casos apresentados.

#### **BIBLIOGRAFIA BÁSICA:**

- Allegre, C. J. 2008. Isotope Geology. Cambridge University Press New York, 512 p. isbn978-0-521-86228-8
- Dickin, A.P. 2005. Radiogenic Isotope Geology (Segunda Edição). Cambridge University Press New York, 492 p. ISBN-978-0-521-53017.



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

- Faure, G. 1986- Principles of Isotope Geology (Segunda Edição). John Wiley & Sons, 589p. ISBN- 0-471-62986-3.
- Ribbe, P. H. & Rosso, J. Eds. 2003. Zircon. Mineralogical Society of America. Reviews in mineralogy and geochemistry; v. 53 500 p.
- Sylvester, P. 2008. Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Current Practices and Outstanding Issues. Mineralogical Association of Canada Short course Series vol 40. Vancouver, BC, 348p. ISBN- 978-0921294-49-8