



## PLANO DE TRABALHO

### PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOUTORADO – EDITAL 6

Nome do(a) Bolsista: **Lucio Leonardo**

Código do Projeto vinculado: **COPDE/IPEN N. 6/2020**

#### DESCRIÇÃO DO PROJETO

Título do Projeto

Estudo da correlação entre as concentrações de Be-7 e Pb-210 com elementos metálicos antropogênicos em precipitação pluviométrica da cidade de São Paulo.

**Prazo Execução (meses):** 36 meses

#### Objetivo Geral

Determinar as deposições dos elementos metálicos Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn utilizando a medida dos radionuclídeos naturais Be-7 e Pb-210 por meio da precipitação pluviométrica na cidade de São Paulo.

#### Objetivos Específicos

Analisar as correlações entre as concentrações de atividade dos radionuclídeos naturais Be-7 e Pb-210 medidos em amostras de precipitação pluviométrica em vários pontos da cidade de São Paulo com as concentrações de elementos metálicos antropogênicos determinados nas mesmas amostras.

#### Palavras-chave

1 - Deposição atmosférica

2 - Traçadores radioativos

3 - Precipitação Pluviométrica

4 - Berílio-7

5 - Chumbo-210

#### Metas Físicas

1 - Compra e instalação dos coletores de Precipitação Pluviométricas - PP, pluviômetros e estação meteorológica.

2 - Aquisição/instalação/calibração de equipamentos de laboratório e aquisição de material escritório.

3 - Amostragem de PP e realização de medidas por técnicas analíticas

4 - Análise estatística e modelagem de dados

5 - Publicação dos resultados em congressos e em periódicos.



## PLANO DE TRABALHO

### PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOUTORADO – EDITAL 6

#### **Justificativa Resumida:**

A atmosfera terrestre é uma camada fina de gases e material particulado (aerossol), do planeta Terra devido à ação da força gravitacional; e composta de gases necessários para os processos vitais de respiração celular e fotossíntese e fornece a água necessária para a vida.

Os aerossóis, partículas sólidas e/ou líquidas, presentes na atmosfera se originam de fontes naturais e fontes antrópicas. A fração fina dos aerossóis, partículas com diâmetro menor que  $2,5 \mu\text{m}$ , são de grande interesse em saúde pública pelo seu potencial de causar doenças no trato respiratório, pois podem penetrar até o nível de alvéolos pulmonares sendo, portanto, mais danosas à saúde, enquanto as partículas grossas dos aerossóis, diâmetro entre  $2,5 \mu\text{m}$  e  $10 \mu\text{m}$ , são barradas no trato respiratório superior. A remoção dos aerossóis da atmosfera é relacionada à faixa de tamanho das partículas; as partículas grossas são removidas, em sua grande maioria, por deposição gravitacional e as partículas finas, por possuírem velocidades de deposição gravitacional muito baixas, são transportadas por ventos, podendo ser levadas a milhares de quilômetros de onde foram produzidas, e predominantemente pela deposição úmida, ou, precipitação pluviométrica. Os radionuclídeos de ocorrência natural Be-7 e Pb-210 são produzidos na atmosfera e utilizados como traçadores de uma grande variedade de processos que ocorrem na atmosfera e superfície da Terra. Os resultados de concentração de atividade desses radionuclídeos, no ar ou em precipitação pluviométrica, quando combinados com informações meteorológicas auxiliam no entendimento de como a composição das partículas de aerossol varia no transporte no ar e na remoção da atmosfera pela ação da precipitação pluviométrica. Os objetivos do presente projeto de pesquisa são determinar a concentração de atividade dos radionuclídeos Be-7 e Pb-210 e elementos metálicos em amostras de precipitação pluviométrica por um período mínimo de dois anos em seis locais diferentes da cidade de São Paulo e determinar a deposição de elementos metálicos provenientes de atividades industriais e veicular e dos radionuclídeos naturais. No campus do IPEN serão instalados um coletor de precipitação pluviométrica e uma estação meteorológica compacta e nos campi das seguintes Instituições de Ensino, correspondendo às regiões norte, sul, leste, central da cidade e oeste, respectivamente: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - campus São Paulo, Universidade São Judas - campus Jabaquara, campus Mooca e campus Paulista e Centro Universitário São Camilo - campus Pompeia. As amostras serão coletadas semanalmente e preparadas para as medidas dos radionuclídeos e elementos metálicos, por espectrometria gama de alta resolução e ICP-OES, respectivamente, no Laboratório de Radiometria Ambiental do IPEN. Os resultados obtidos ao longo de dois anos de medida serão analisados por ferramentas estatísticas para uma avaliação de correlações entre parâmetros meteorológicos e por modelagem dos dados para a deposição e dispersão dos elementos metálicos e radionuclídeos naturais na atmosfera.



## PLANO DE TRABALHO

### PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOCTORADO – EDITAL 6

#### CRONOGRAMA FÍSICO

META FÍSICA 1 - Compra e instalação dos coletores de Precipitação Pluviométricas - PP, pluviômetros e estação meteorológica.

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim
Elaborar solicitação de compra de material de amostragem e estação meteorológica portátil.	Envio para o setor responsável da compra com assinatura da coord do projeto	01	03
Estabelecer pontos de amostragem representativos e contatar instituições parceiras dos locais de coleta	Mapa com os pontos representativo de diferentes regiões da cidade de SP	01	03
Receber/montar/calibrar coletores, pluviômetros e estação meteorológica.	Execução de serviço registrado em fotos	03	04
Instalação dos coletores e pluviômetros nos pontos de coleta e da estação meteorológica portátil no ponto de coleta do IPEN.	Registro das coordenadas geográficas dos pontos de coleta	03	04
Estabelecimento de logística de coleta/frequência de amostragem.	Registro de protocolo de coleta	01	03

META FÍSICA: 2 - Aquisição/instalação/calibração de equipamentos de laboratório e aquisição de material escritório.

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim
Aquisição de Medidor de pH e condutividade de bancada e portáteis para medida do pH e condutividade das amostras	Entrega do equipamento adquirido/instalação/calibração	01	04
Aquisição de chapas aquecedoras	Entrega do equipamento adquirido/ instalação	01	04
Aquisição de vidraria de laboratório	Entrega do equipamento adquirido.	01	04
Aquisição de equipamentos de informática/material de escritório	Entrega do equipamento adquirido	01	06
Aquisição de reagentes para o tratamento físico-químico das amostras para a determinação radioquímica do PB-210	Entrega dos reagentes	04	06



## PLANO DE TRABALHO

### PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOCTORADO – EDITAL 6

#### META FÍSICA: 3 – Amostragem de PP e realização de medidas por técnicas analíticas

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim
Coleta das amostras de PP nos 6 pontos de coleta Medidas de pH, condutividade em laboratório e concentração das amostras em chapa aquecedora Concentração das amostras na geometria de contagem Espectrometria gama	Registro em livro ata	04	30
	Registro em livro ata	04	30
	Registro em livro ata	05	30
	Espectros salvos em meio eletrônico e registro em livro ata	06	30
Análise de metais por ICP-MS	Entrega dos resultados do lab. ICP-MS	08	31

#### META FÍSICA: 4 -

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim
Análise de espectros gama	Registro físico e digital	06	30
Análise de dados de metais	Registro físico e digital	07	32
Uso de ferramentas estatísticas para análise de dados	Registro físico e digital	27	28
Cálculo da deposição dos elementos metálicos	Registro físico e digital	28	30
Consolidação dos dados e conclusões	Registro físico e digital	30	31

#### META FÍSICA: 5 - Publicação dos resultados em congressos e em periódicos.

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim
Elaboração e submissão de trabalho e participação em congresso 1	Certificado de apresentação de trabalho	15	19
Elaboração e submissão de trabalho e participação em congresso 2	Certificado de apresentação de trabalho	25	28
Elaboração e submissão de trabalho para revista científica	Certificado de recebimento	33	34
Possíveis revisões de trabalho	Certificado de resubmissão	34	35
Publicação em periódico	Artigo no prelo	36	36



## PLANO DE TRABALHO

### PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOUTORADO – EDITAL 6

#### **Resultados Esperados**

- 1 - Conclusão de pós doutoramento
- 2 - Divulgação de resultados parciais e finais em eventos científicos
- 3 - Publicação dos resultados em revista científica
- 4 - Calcular a deposição de elementos metálicos e inferir uma provável poluição local
- 5 - Orientação de iniciação científica
- 6 - Elaboração de banco de dados de concentrações de radionuclídeos e elementos metálicos em PP na cidade de São Paulo
- 7 - Desenvolvimento da parceria entre Ipen e IES para novas pesquisas
- 8 - Propiciar aquisição de material de laboratório e equipamentos para o SEGRA/Ipen
- 9 - Contribuir para o desenvolvimento de linha de pesquisa em radiometria ambiental
- 10 - Divulgação dos frutos do trabalho nas IES parceiras

#### **Grau de Inovação (se houver):**

Considerando os tipos de inovação mais aceitos na literatura (radical, incremental ou disruptiva), seja para uma inovação tecnológica ou de produto, o presente trabalho não traz um grau de inovação, mas observa-se que os dados a serem obtidos nessa pesquisa apresentarão possível dependência de fatores locais e, sendo assim, inéditos para a América do Sul.

**Bibliografia:**

- Aldahan, A., Possnert, G. and Vintersved, I. Atmospheric Interactions at Northern High Latitudes from Weekly Be-Isotopes in Surface Air. *Appl. Radiat. Isot.* 54: 345-353, 2001.
- Al-Azmi, D., Sayed, A.M. and Yatim, H. A. Variations in <sup>7</sup>Be concentrations in the atmosphere of Kuwait during the period 1994 to 1998. *Appl. Radiat. Isot.* 55:413-417, 2001.
- Ayoade, J. O. *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. 8ª Edição, Bertrand Brasi, Rio de Janeiro. 2002.
- Azahra, M., Camacho-García, A., González-Gómez, C., López-Peñalver, J.J. and El Bardouni, T. 2003. Seasonal <sup>7</sup>Be concentrations in near-surface air of Granada (Spain) in the period 1993-2001. *Appl. Radiat. Isot.* 59:159-164, 2003.
- Baskaran, M. Po-210 and Pb-210 as atmospheric tracers and global atmospheric Pb-210 fallout: a Review. *J. Environ. Radioactivity*. 102: 500-513, 2011.
- Baskaran, M. *Radon: A Tracer for Geological, Geophysical and Geochemical Studies*. Springer International Publishing Switzerland, 2016.
- Blake, W.H., Walling, D.E. and He, Q. Fallout Beryllium-7 as a Tracer in Soil Erosion Investigations. *Appl. Radiat. Isot.* 51: 599-605, 1999.
- Bourcier, L.; Masson, O.; Laj, P.; Paulat, P.; Pichon, J.-M.; Chausse, P.; Gurriaran, R.; Sellegri, K. <sup>7</sup>Be, <sup>210</sup>Pb and <sup>137</sup>Cs concentrations in cloud water. *J. Environ. Radioact.*, 128: 15-19, 2014.
- Cochran, J. K.; Feng, h.; Amiel, D.; Beck, A. Natural radionuclides as tracers of coastal biogeochemical process. *J. Geoch. Exploration*. 88: 376-379, 2006.
- Cannizzaro, F., Greco, G., Ranelo, M., Spitale, M.C. and Tomarchio, E. Concentration measurements of <sup>7</sup>Be at ground level air at Palermo, Italy – comparison with solar activity over a period of 21 years. *J. Environ. Radioactivity*, 72: 259-271, 2004.
- Caillet, S.; Arpagaus, P.; Monna, F.; Dominik, J. Factors controlling <sup>7</sup>Be and <sup>210</sup>Pb atmospheric deposition as revealed by sampling individual rain events in the region of Geneva, Switzerland. *J. Environ. Radioactivity*, 53: 241-256, 2001.
- Chae, J.-S. and Kim, G. Large seasonal variations in fine aerosol precipitation rates revealed using cosmogenic <sup>7</sup>Be as a tracer. *Sci. Total Environ.* 673:1-6, 2019.
- Damatto, S. R.; Máduar, M. F.; Nisti, M. B.; Nogueira, P. R.; Pecequilo, B. R. S. Preliminary results of <sup>7</sup>Be concentrations in ground level air at São Paulo, Brazil. In: *The 2nd International Conference on Radioactivity in the Environment, 2005, Nice. Proceedings of the 2nd International Conference on Radioactivity in the Environment, 2005*.
- Damatto, S. R.; Messias Júnior, J.; Mazzilli, B. Seasonal variation of <sup>210</sup>Pb concentration measured in rainfall in São Paulo Brazil. In: *International Topical Conference on Po and Radioactive Pb isotopes, 2009, Sevilla. International Topical Conference on Po and Radioactive Pb isotopes*, p. 13-19, 2009.
- Damatto, S. R.; Frujuele, J.V.; Souza, J. M.; Santos, L. F. <sup>210</sup>Pb deposition measured in rainfall in São Paulo, SP - Brazil. In: *2013 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2013, 2013, Recife. Anais International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2013, 2013 a*.
- Damatto, S. R.; Souza, J. M.; Frujuele, J.V.; Máduar, M. F.; Leonardo, L.; Pecequilo, B. R. S. <sup>7</sup>Be measured at ground air level and rainfall in the city of São Paulo. In: *2013 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2013, 2013, Recife. Anais International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2013, 2013 b*.
- Fontenele, Anna Paula Godoy; Pedrotti, J. J.; Fornaro, Adalgiza. Avaliação de metais traços e íons majoritários em águas de chuva na cidade de São Paulo. *Química Nova*, 32: 839-844, 2009.
- Filizok, I. and Gorgün, A. U. Atmospheric depositional characteristics of <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>Pb and some trace elements in Izmir, Turkey. *Chemosphere*, 220: 468-475, 2019.
- Fornaro, A. and Gutz, I. G. R. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil: Part 3. Trends in precipitation chemistry during 1983 – 2003. *Atmospheric Environment*, 40: 5893-5901, 2006.

- Fornaro, A.; Gutz, I. G. R. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil: Part 2. Contribution of formic and acetic acids. *Atmospheric Environment*, 37: 117-128, 2003.
- Gai, N.; Pan, J.; Yin, X.C.; Zhu, X.H.; Yu, H.Q.; Li, Y.; Tan, K. Y.; Jiao, X.C.; Yang, Y.L. Latitudinal distributions of activities in atmospheric aerosols, deposition fluxes, and soil inventories of  $^7\text{Be}$  in the East Asian monsoon zone. *J. Environ. Radioactivity*, 148:59-66, 2015.
- Halstead, M. J. R.; Cunninghame, R. G.; Hunter K. A. Wet deposition of trace metals to a remote site in Fiordland, New Zealand. *Atmospheric Environment*, 34(4): 665-676, 2000.
- Isakar, K.; Kiiska, M.; Realo, E.; Suursoo, S. Lead-210 in the atmospheric air of North and South Estonia: long-term monitoring and back-trajectory calculations. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 65(4): 442–451, 2016.
- Ivanovich, M. & Harmon, R. S Uranium-series disequilibrium: applications to Earth, Marine and Environmental Sciences. Clarendon Press – Oxford, 1992.
- Kalff, J. Limnology. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, United States, 2002.
- Kim, G.; Alleman, L. Y.; Church, T.M. Atmospheric depositional fluxes of trace elements,  $^{210}\text{Pb}$ , and  $^7\text{Be}$  to the Sargasso Sea. *Global Biogeochem. Cycles*. 13(4): 1183-1192, 1999.
- Leal, T. F. M.; Fontenele, A. P. G.; Pedrotti, J. J.; Fornaro, A. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. *Quím. Nova*. 27(6): 855-861, 2004.
- Lohaiza, F.; Velasco, H.; Ayub, J. J.; Rizzotto, M.; Gregorio, D. E. Di; Huck, H.; Valladares, D. L. Annual variation of  $^7\text{Be}$  soil inventory in a semiarid region of central Argentina. *J. Environ. Radioactivity*, 130: 72-77, 2014.
- Martins, Renata S. L.; Abessa, Denis M. S.; Fornaro, Adalgiza; Borrelly, Sueli I. Rainwater toxicity and contamination study from São Paulo Metropolitan Region, Brazil. *Environ. Monit. Assess.*, 186: 1183–1194, 2013.
- Mendonça, F. e Danni-Oliveira, I. M. Climatologia - noções básicas e clima do Brasil. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil 2007.
- Mohan, M. P.; D'Souza, R. S.; Nayak, S. R.; Kamath, S. S.; Shetty, T.; Kumara, K. S.; Yashodhara, Y.; Mayya, Y. S.; Karunakara, N. A study of temporal variations of  $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$  concentrations and their correlations with rainfall and other parameters in the South West Coast of India. *J. Environ. Radioact.* 192:194-207, 2018.
- Mohan, M. P.; D'Souza, R. S.; Nayak, S. R.; Kamath, S. S.; Shetty, T.; Kumara, K. S.; Mayya, Y. S.; Karunakara, N. Influence of rainfall on atmospheric deposition fluxes of  $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in Mangaluru (Mangalore) at the Southwest Coast of India. *Atmospheric Environment*, 2: 281-295, 2019.
- Moreira, S. R.D. Determinação de  $^{210}\text{Pb}$  em águas minerais da cidade de Águas da Prata. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP, São Paulo, 1993.
- Papastefanou, C. and Ioannidou, A. Beryllium-7 and solar activity. *Appl. Radiat. Isot.* 61:1493-1495, 2004.
- Papastefanou, C. Radioactive Aerosols. In: *Radioactivity in the Environment*, Volume 12, First Edition, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 2008.
- Peck, G. A. and Smith, J. D. Determination of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in rainwater using measurements of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Bi}$ . *Anal. Chim. Acta.* 422: 113-120, 2000.
- Peng, A.; Liu, L.; JiangZ.; Liu, G.; Liu, M. Wet depositional fluxes of  $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$  and their influencing factors at two characteristic cities of China. *Appl. Radiat. Isot.* 147: 21-30, 2019.
- Persson, B. R. R. Global distribution of  $^7\text{Be}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  and,  $^{210}\text{Po}$  in the surface air. *Acta Scientiarum Lundensia*, 2015-008: 1-24, 2015.
- Rocha, F. R.; Silva, J. A. F.; Lago, C. L.; Fornaro, A.; Gutz, I. G. R. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil: Part 1- Major inorganic ions in rainwater as evaluated by capillary electrophoresis with contactless conductivity detection. *Atmospheric Environment*, 37: 105-115, 2003.



## PLANO DE TRABALHO

### PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOUTORADO – EDITAL 6

Sambayev, Y. K.; Zhumalina, A. G.; Zhumadilov, K. Sh.; Sakaguchi, A.; Kajimoto, T.; Tanaka, K.; Endo, S.; Kawano, N.; Hoshi, M.; Yamamoto, M. Temporal variation of atmospheric  $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$  concentrations and their activity size distributions at Astana, Kazakhstan in Central Asia. *J. Radioanal. Nuclear Chem.* 323: 663–674, 2020.

Santos, Marcos A dos; Illanes, Cynthia F.; Fornaro, Adalgiza; Pedrotti, J. J. Acid Rain in Downtown São Paulo City, Brazil. *Water, Air, & Soil Pollution. Focus*, 7: 85-92, 2007.

Souza, P. A.; De Mello, W. Z.; Maldonado, J.; Evangelista, H. Composição química da água de chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ. *Quím. Nova*, 29 (3): 471-473, 2006.

Sykora, I. and Froehlich, K. Radionuclides as Tracers of Atmospheric Processes. In: *Environmental Radionuclides: Tracers and Timers of Terrestrial Processes*. Volume 16, First Edition, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 2010.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation - UNSCEAR Sources and effects of ionizing radiation. 2000.

Vecchi, R. and Valli, G.  $^7\text{Be}$  in Surface Air: A Natural Atmospheric Tracer. *J. Aerosol Sci.* 28, 3: 895-900. Technical Note, 1997.

Whicker, F.W; Schultz, V. *Radioecology: Nuclear Energy and the Environment*. Vol. 1, Boca Raton, Florida: CRC Press, 1982

Winkler, R. & Rosner, G. Seasonal and long-term variation of  $^{210}\text{Pb}$  concentration in air, atmospheric deposition rate and total deposition velocity in south Germany. *Sci. Total Environ*, 263: 57-68, 2000.

Yang, B.; Yang, H.; Wang, X.; Zhang, M.; Chen, J. Use of beryllium 7 to document soil erosion associated with short term rainfall. *J. Radioanal. Nuclear Chem.* 326:1091–1097, 2020