



Livro Resumo 2025

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXXI Seminário Anual PIBIC
XXII Seminário Anual PROBIC
XV Seminário Anual PIBITI



26 e 27 de novembro de 2025



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Desenvolvimento de ferramentas computacionais para análise de dados do sistema lidar para validação do satélite EarthCARE da Agência Espacial Europeia-ESA

Luisa D'Antola de Mello^{1, 2}, Eduardo Landulfo¹

¹IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, ²Instituto de Física da USP

INTRODUÇÃO

O satélite EarthCARE, uma missão conjunta da Agência Espacial Europeia (ESA) e da JAXA, foi lançado em 28 de maio de 2024, visando estudar efeitos de nuvens e aerossóis no balanço de radiação da Terra, uma das maiores fontes de discrepância nas projeções climáticas atuais[1]. O Laboratório de Aplicações Ambientais a Laser (LEAL) do IPEN foi designado como laboratório de referência na América do Sul para o processo de validação dos dados da missão, em colaboração com a rede europeia EARLINET.

Nesse contexto, este trabalho de Iniciação Científica foca o aprimoramento e na adaptação de um conjunto de ferramentas computacionais, chamado MILGRAU (Multi-Indexed Lalinet GeneRALized and Unified algorithm), para o processamento de dados do sistema lidar do IPEN. Essa contribuição é fundamental para o desenvolvimento e a modernização desses algoritmos, o que permite o processamento de dados históricos e a preparação para a calibração e validação (CAL/VAL) dos dados de EarthCARE.

OBJETIVO

O objetivo principal deste projeto é aprimorar e adaptar as ferramentas computacionais para a análise de dados do sistema lidar do LEAL-IPEN, visando auxiliar o plano de calibração e validação (CAL/VAL) do satélite EarthCARE. Essa iniciativa se baseia na experiência prévia do LEAL-IPEN em missões de validação de satélites, como a bem-sucedida avaliação de perfis de aerossóis do satélite CALIPSO no Hemisfério Sul. [2]

Os objetivos específicos incluem o

aprimoramento do conjunto de scripts MILGRAU para o pré-processamento, limpeza e análise de dados lidar; a adaptação do fluxo de trabalho de análise para a utilização do formato de arquivo NetCDF, um padrão robusto para a ciência de dados atmosféricos e a obtenção de produtos de propriedades ópticas da atmosfera, como os coeficientes de retroespalhamento e extinção, utilizando algoritmos de inversão como o de Klett e Fernald.

METODOLOGIA

A metodologia deste projeto concentrou-se no aprimoramento e na adaptação de um conjunto de scripts em Python, o MILGRAU, para otimizar o processamento e a análise dos dados do sistema lidar. O trabalho envolveu os seguintes scripts e seus objetivos:

- **LIBIDS (Lidar Binary Data Standardized):** Organizar dados binários brutos de lidar em pastas padronizadas e remover dados espúrios. Esse script foi adaptado para a conversão de dados organizados para o formato de arquivos NetCDF, um padrão amplamente utilizado na comunidade científica.
- **LIPANCORA (Lidar Pre-ANalysis CORrection Algorithm):** Aplicar as correções de pré-processamento aos dados brutos, incluindo correção de *deadtime*, subtração da corrente de escuro, correção de *zero-bin* e correção de *trigger-delay*. O script também calcula e subtrai o sinal de fundo, salvando um arquivo NetCDF de nível 1 com as correções aplicadas.

- **LIRACOS (Lidar Range Correction Signal)**: Gerar visualizações rápidas a partir dos dados corrigidos, como gráficos de sinal corrigido por alcance (mapas de RCS ou *quick-looks*).
- **LEBEAR (Lidar Elastic Backscatter and Extinction Analysis Routine)**: Processar os dados pré-analisados e obter produtos de propriedades ópticas da atmosfera, como os perfis de retroespalhamento e extinção.

RESULTADOS

O resultado principal do projeto é a nova versão do conjunto de scripts MILGRAU, disponível publicamente no GitHub

(<https://github.com/inciteleal/milgrau>), com transparência e aprimoramento contínuo. O principal avanço recente está na atual transição do fluxo de trabalho para o formato de arquivo NetCDF, um padrão auto-descritivo, portátil e escalável para a ciência de dados atmosféricos [3], o que garante a compatibilidade dos dados para a comunidade científica.

As ferramentas aprimoradas já foram aplicadas na prática para a análise dos dados do sistema lidar do LEAL-IPEN, permitindo a detecção e o estudo de eventos atmosféricos; a figura 1 mostra um exemplo de perfil de espalhamento obtido pelo script *LEBEAR*.

Análises como estas, geradas pelas ferramentas desenvolvidas, estão servindo de base para a preparação de artigos científicos, demonstrando o impacto direto do projeto no avanço da pesquisa.

SPU LALINET Station - 26 Jan 2020 19:00 to 23:15 UTC
Aerosol optical profiles retrieved

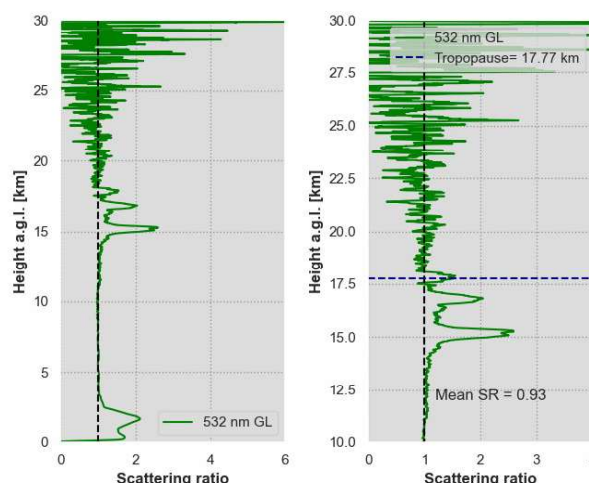


Figura 1. Perfil de espalhamento obtido do *LEBEAR* com a análise de dados lidar do LEAL IPEN, registrando plumas próximas à altura da tropopausa.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento e a adaptação do conjunto de scripts MILGRAU representam a consolidação da infraestrutura de análise de dados do Laboratório de Aplicações Ambientais a Laser (LEAL) do IPEN, posicionando o laboratório como um participante confiável na campanha global de calibração e validação do EarthCARE. A modernização do fluxo de trabalho, com a adoção do formato NetCDF garante que os dados gerados sejam rigorosos e interoperáveis para a comunidade científica internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Eisinger, M. et al 2024. Atmospheric Measurement Techniques 17, 839–862. doi:10.5194/amt-17-839-2024
- [2] Lopes, F. & Landulfo, E. & Vaughan, M. 2013. Atmospheric Measurement Techniques. 6. 3281-3299. doi:10.5194/amt-6-3281-2013.
- [3] NSF Unidata, 2025: *netCDF*. doi: 10.5065/D6H70CW6

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq 144123/2024-0 - CNEN