

# **Sistema LIBS embarcado para aplicações agronômicas**

## **Implementação do sistema de disparo dos pulsos laser**

Manuel Cerna Larenas<sup>1</sup>; Daniel Varela Magalhães<sup>2</sup>; Débora M. B. P. Milori<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Físicas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile; manuel.cerna@ufrontera.cl.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica, EESC-USP, São Carlos, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP, Brasil.

São Carlos, SP  
2019

## Objetivos

Desenvolver o sistema de disparo de um instrumento LIBS para ser embarcado sobre uma plataforma robótica móvel (rover).

Determinar sua utilidade para análise elementar de potássio em solo.

# Técnica LIBS

LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy):

Espectroscopia de emissão óptica com plasma induzido por laser



Laser  
pulsado

Sistema focalizador

Amostra

Fibra óptica

Sistema coletor

Controle

Processamento

Espectrômetro

Laser: ~ mJ, ~ ns  
~ MW  
~ GW/cm<sup>2</sup>

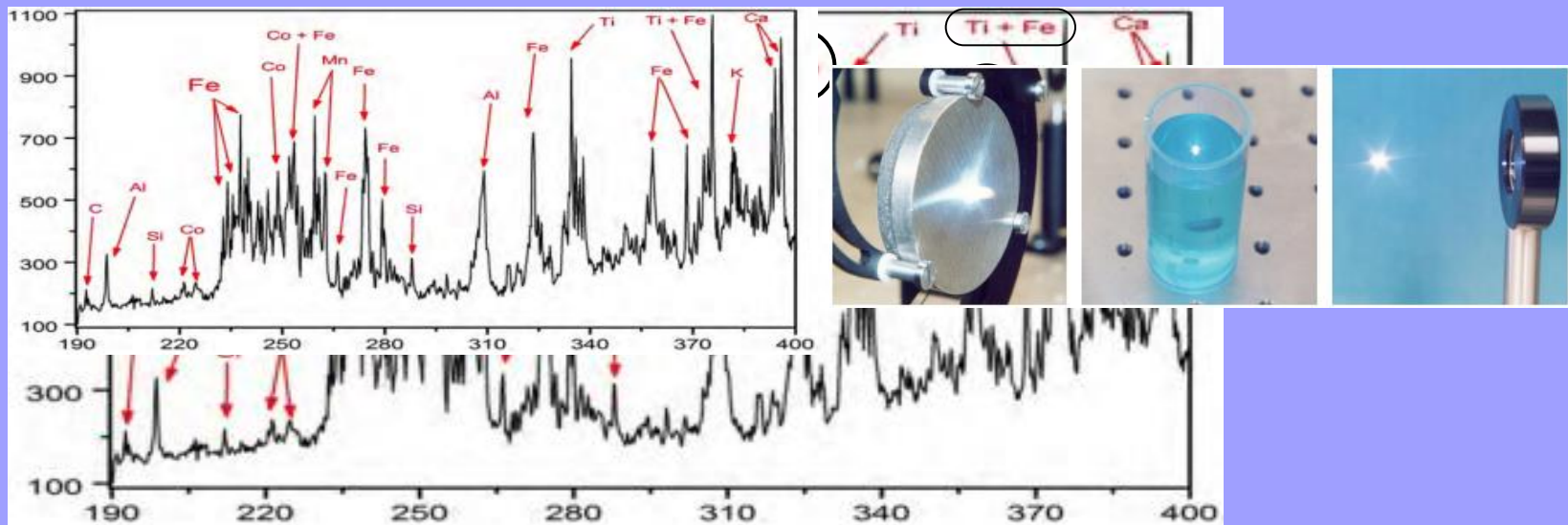
Sol: ~ 0,1 W/cm<sup>2</sup>

## Vantagens da técnica LIBS

Análise elementar qualitativa e quantitativa de amostras quase sem preparo.

Medição simultânea muitos elementos.

Aplicável em amostras sólidas, líquidas ou gasosas *in situ*.



O efeito matriz e a interferência entre linhas.

## Aplicações do LIBS

Detecção e identificação de agentes biológicos e químicos

Agricultura

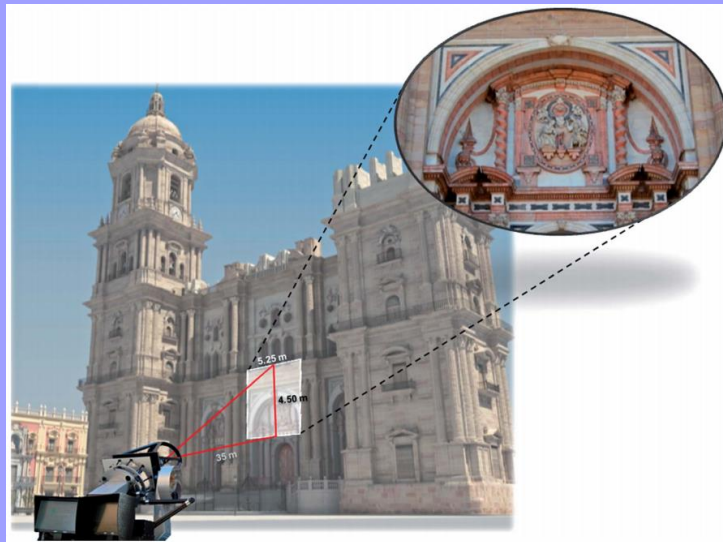
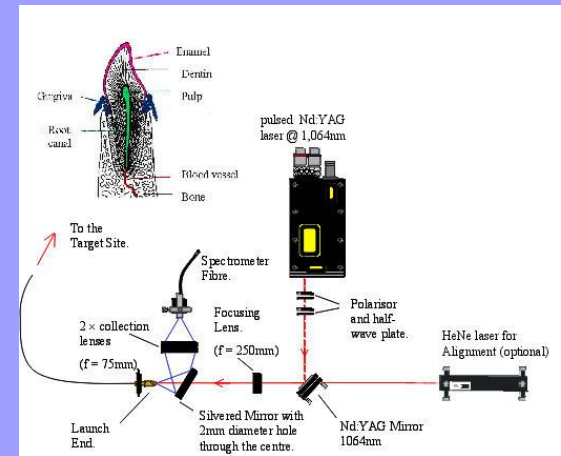
Meio ambiente

Farmácia

Medicina

Arqueologia

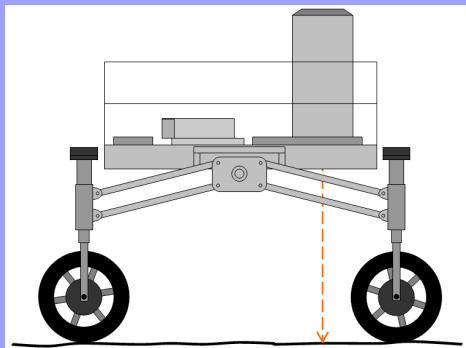
Geologia



## Desenvolvimento do Módulo LIBS

### Requerimentos para o protótipo:

- \* Para se montar sobre um rover para fazer análise de solo.
- \* Distância de trabalho: ~70 cm na vertical.
- \* Análise quantitativa de K em solo.

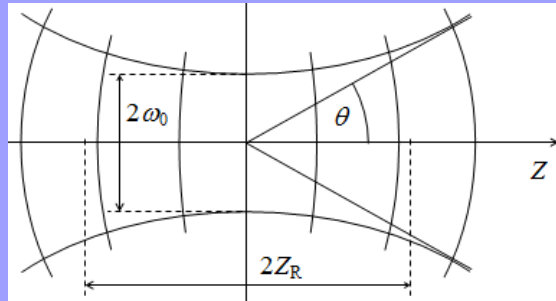


Sistema LIBS montado sobre o rover Mirã II, desenvolvido no Laboratório de Robôs Moveis da EESC-USP



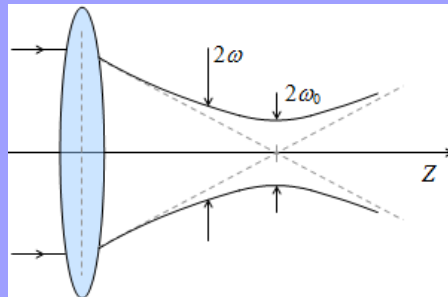
## Sistema de focalização de disparo

Cintura do feixe e profundidade de campo (feixe gaussiano):



Focalização utilizando um elemento convergente simples

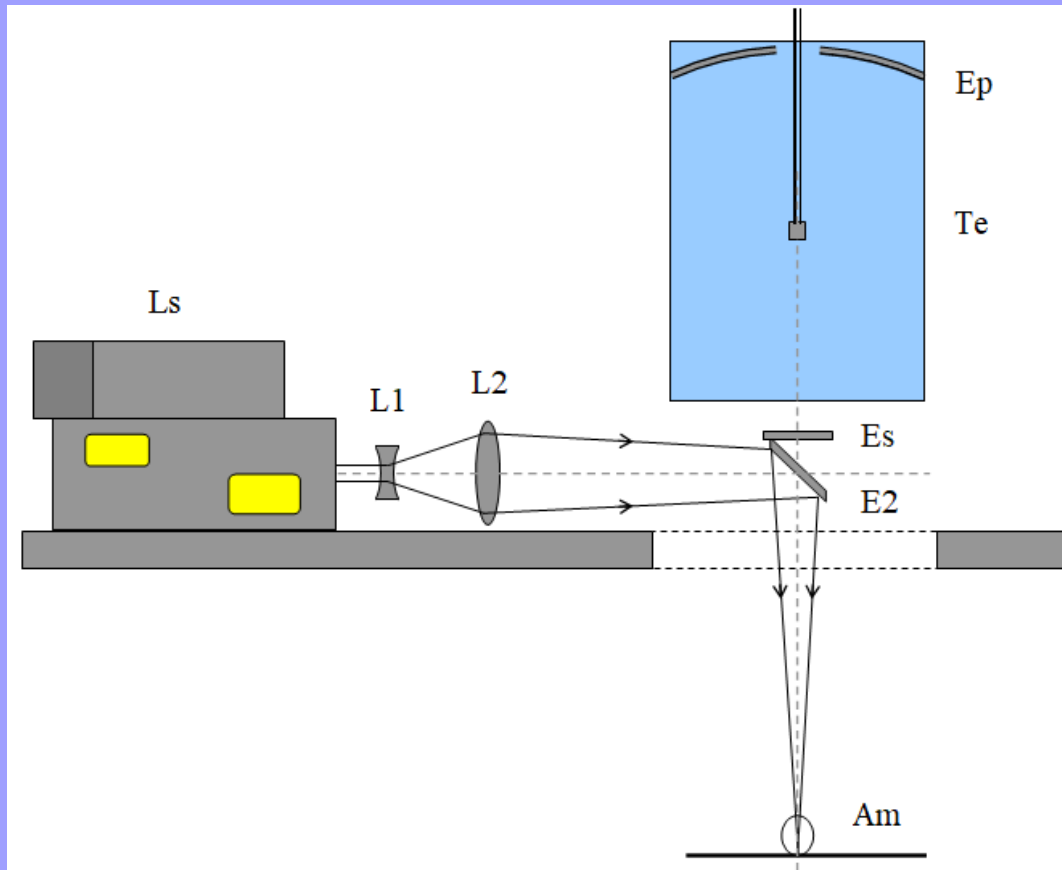
$$\omega_0 = \frac{\lambda f}{\pi \omega_{in}}$$



Para minimizar  $\omega_0$  é preciso:

Aumentar o raio do feixe incidente  $\omega_{in}$  no sistema de focalização.

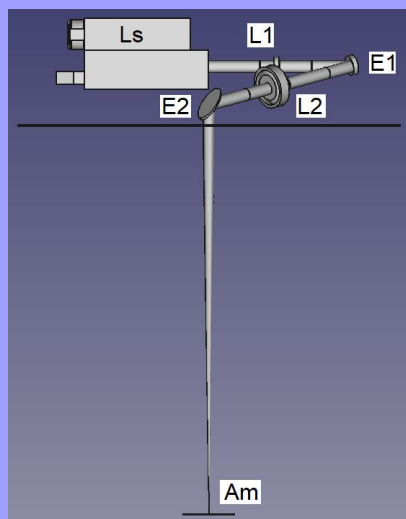
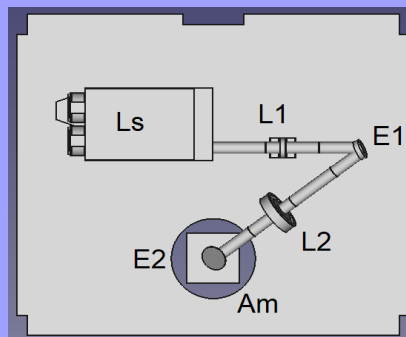
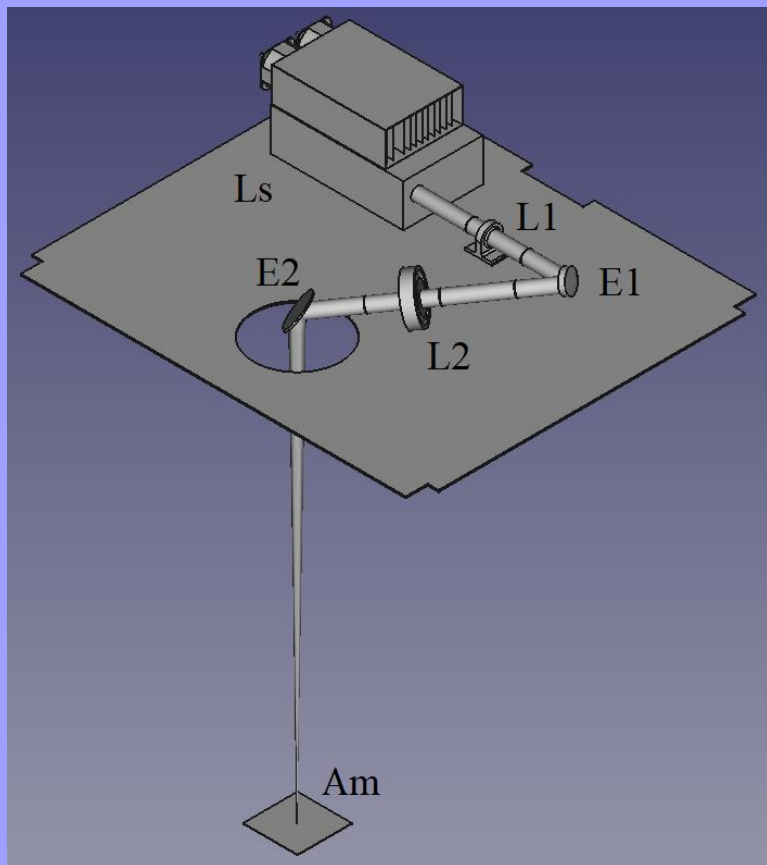
## Sistema de focalização de disparo



Ls: laser  
L1: lente divergente  
L2: lente convergente  
E2: espelho plano  
Am: amostra

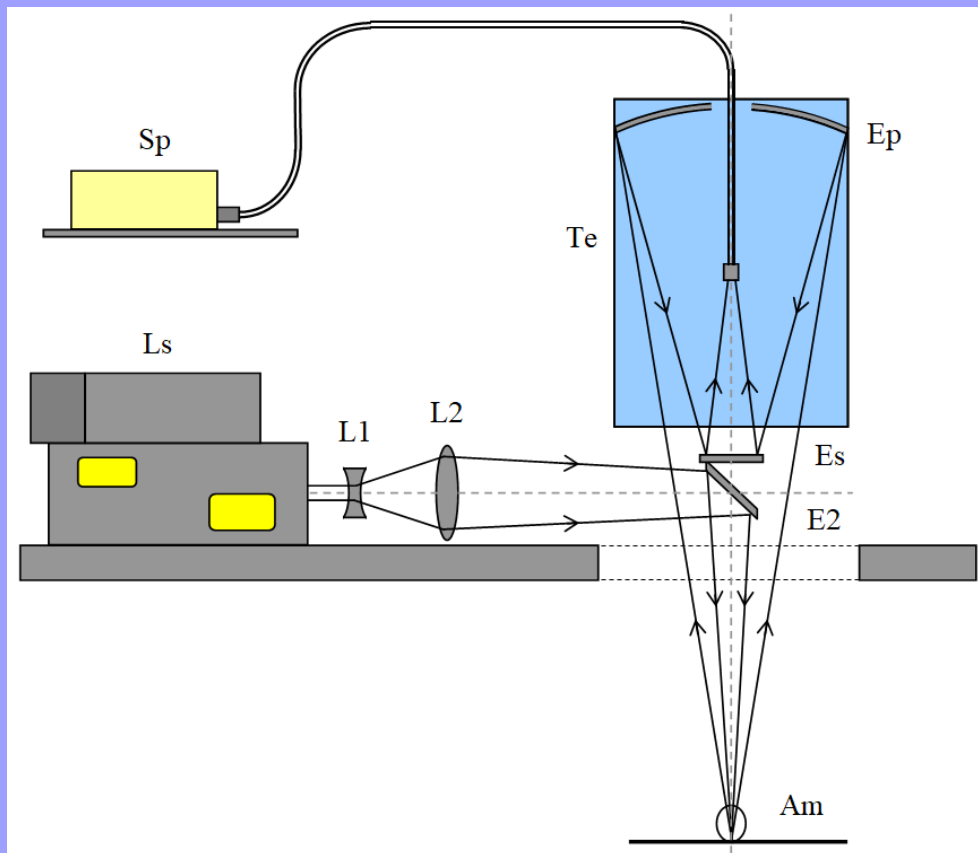


## Sistema de disparo sobre a plataforma do rover Mirã II.



Ls: Laser  
L1: lente divergente -25 mm  
L2: lente convergente +300 mm  
E1 e E2: espelhos planos  
Am: amostra.

## Módulo LIBS à distância desenvolvido



Sistema de disparo:

Ls: laser

L1: lente divergente

L2: lente convergente

E2: espelho plano;

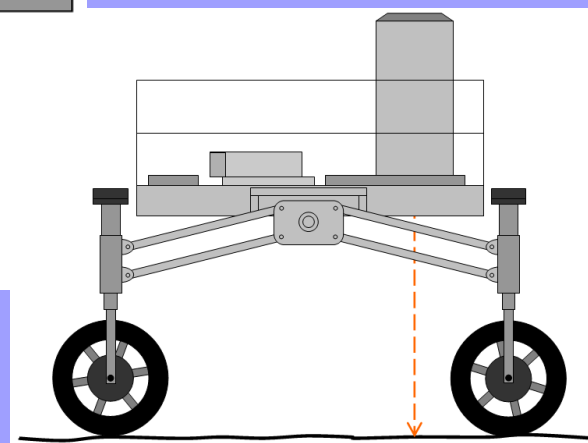
Sistema de coleta:

Te: telescópio

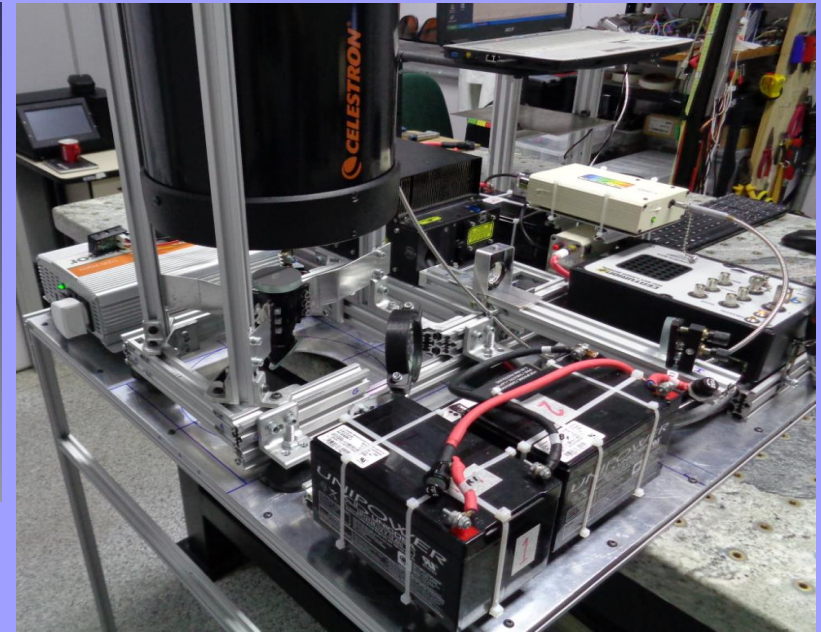
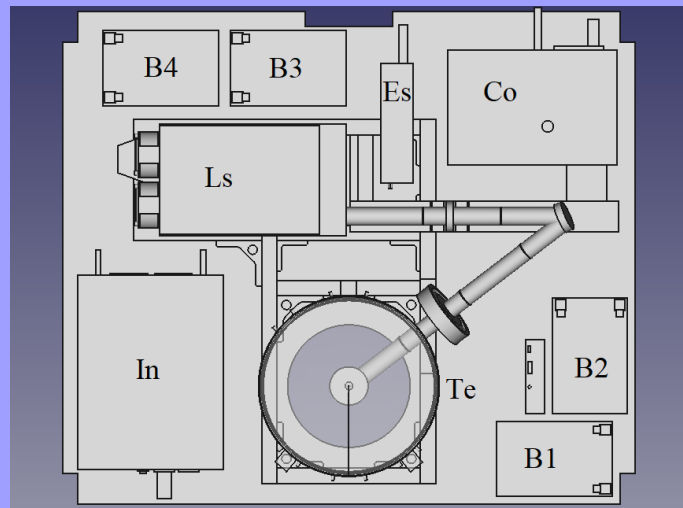
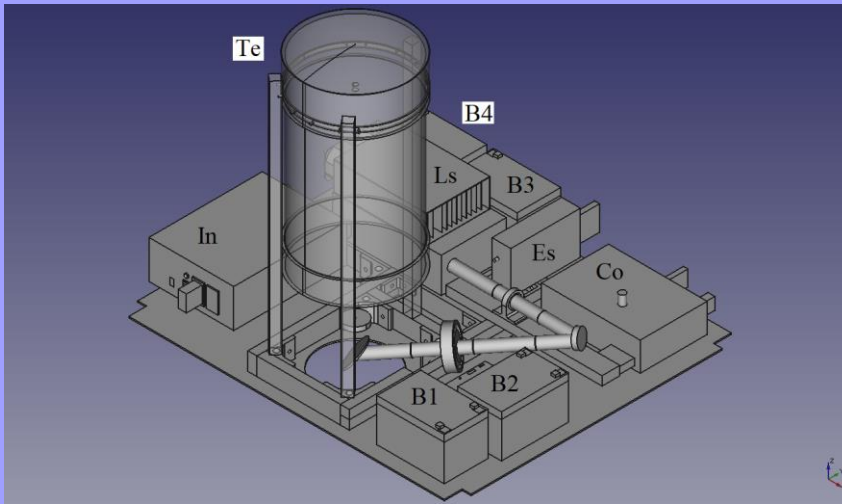
Ep: espelho primário

Es: espelho secundário

Sp: espectrômetro.



# Componentes do Módulo LIBS sobre a plataforma do rover Mirã II



Sistema de disparo:

Ls: laser

Co: caixa de controle

Sistema de coleta:

Te: telescópio

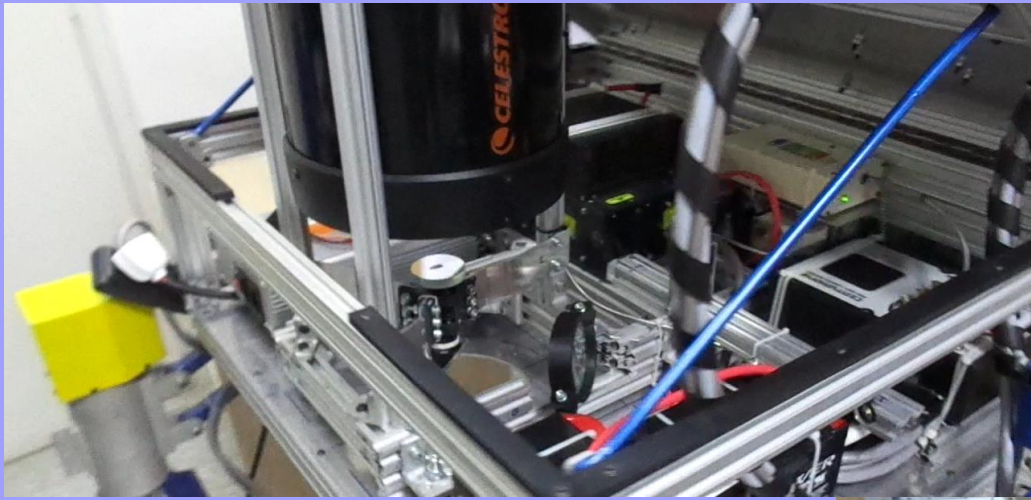
Es: espectrômetro

Sistema de energia:

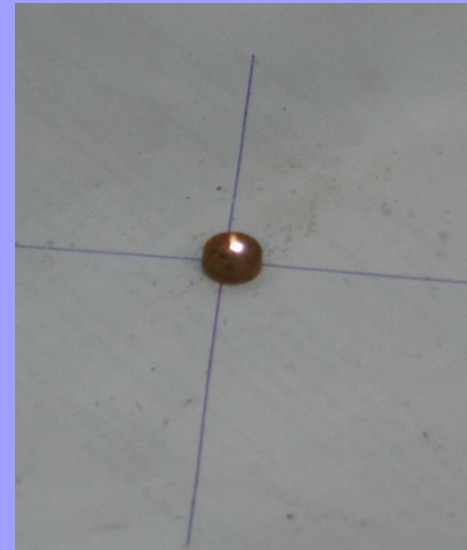
Bi: bateria i

In: inversor

## O Módulo LIBS montado sobre o rover Mirã II



## Espectro LIBS de amostras de solo

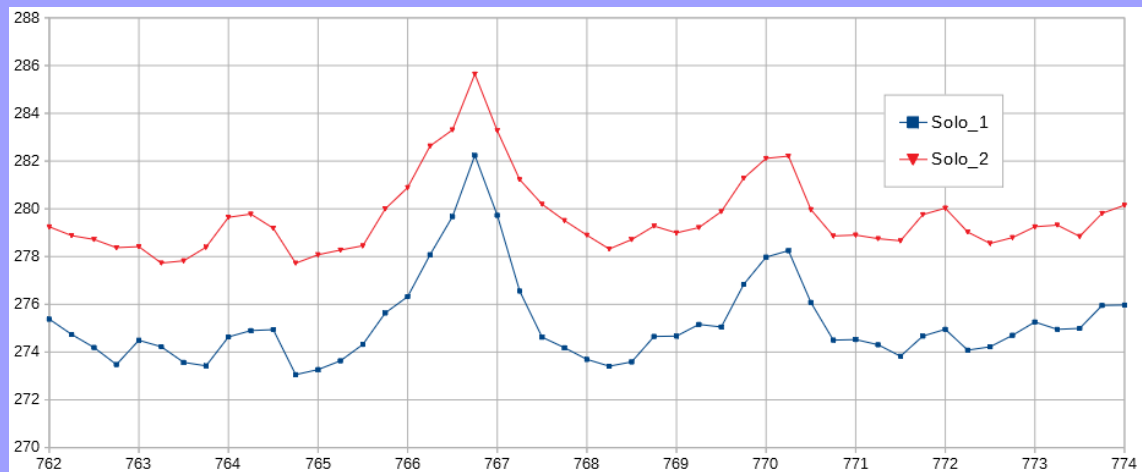
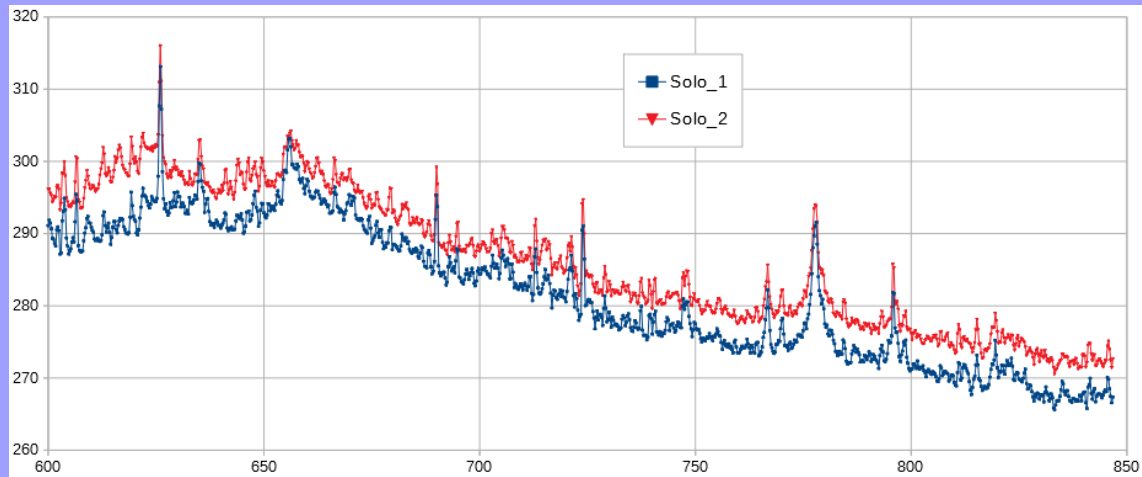


Duas amostras  
15 espectros por amostra  
Ref: absorção atômica (AAS)

Solo\_1: [K] = 0.349 mg/g

Solo\_2: [K] = 0.293 mg/g

# Espectro médio das amostras de solo





## Rover Mirã II - Módulo LIBS



## Conclusões

Foi desenvolvido um sistema de disparo fatível de ser utilizado em um sistema LIBS a distancia.

O sistema obtido possui a capacidade de gerar plasma espectroscopicamente útil em uma amostra de solo.

O sistema é compacto e pode ser embarcado em um rover.

O sistema desenvolvido para detectar o dubleto do K, pode-se modificar facilmente para trabalhar com outros elementos e comprimentos de onda.



## Agradecimentos

Laboratório de Ótica e Fotônica da Embrapa Instrumentação  
Laboratório de Robôs Moveis da EESC-USP

