

UMA REDE DE DETECTORES DE RAIOS CÓSMICOS PARA O ENSINO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO

Marco Leite*

Para a Colaboração
CBPF-UERJ-UFABC-USP*-UFRGS

Encontro USP Escola - 2021

10 de Julho de 2021

<https://raioscosmicos.gitlab.io>

PROPOSTA

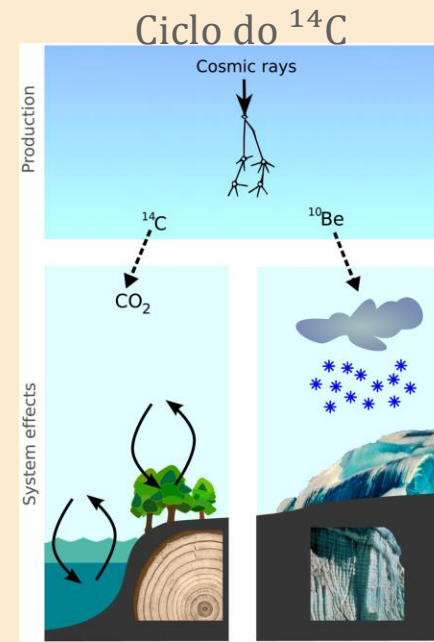
Criar uma rede de detectores de raios cósmicos em escolas públicas e privadas, envolvendo os alunos e professores na montagem, caracterização e análise dos dados, com o propósito de discutir e motivar os alunos no estudo de tópicos de física de partículas e tecnologias associadas

- Medidas envolvendo raios cósmicos foram (e continuam sendo) a escolha ideal para atividades práticas na divulgação em física de partículas
- No Brasil, já no início da década de 90, E. Hamburger
- instalou na antiga Estação Ciência de São Paulo uma mostra utilizando tubos *Iarocci*



Prioridade : Atividades **práticas** (laboratórios e oficinas) em **equipe** (especialistas/professores/estudantes) em longos períodos de tomada de dados envolvendo diversas escolas.

PARA ALÉM DA (BELÍSSIMA) FÍSICA BÁSICA



Astroparticle Physics 53 (2014) 186–190

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Astroparticle Physics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/astropart

Cosmic rays and terrestrial life: A brief review

Dimitra Atri^{a,b,*}, Adrian L. Melott^c

^a Department of High Energy Physics, Tata Institute of Fundamental Research, Colaba, Mumbai 400 005, India
^b Blue Marble Space Institute of Science, Seattle, WA 98145-1561, USA
^c Department of Physics and Astronomy, University of Kansas, Lawrence, KS 66045, USA

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 878 (2018) 169–179

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A

journal homepage: www.elsevier.com/locate/nima

Muon imaging: Principles, technologies and applications

S. Proceur

Infu, CEA, Université Paris-Saclay, 91191 Gif sur Yvette, France

COSMIC RAYS, CLOUDS AND CLIMATE

Henrik Svensmark – hsv@space.dtu.dk – DOI: 10.1051/epr/2015204

National Space Institute – Technical University of Denmark – Elektrovej, Bygning 328, 2800 Kgs – Lyngby, Denmark

The most profound questions with the most surprising answers are often the simplest to ask. One is: Why is the climate always changing? Historical and archaeological evidence of global warming and cooling that occurred long before the Industrial Revolution, require natural explanations.

ASTROPARTICLE PHYSICS | RESEARCH UPDATE

Muons reveal hidden void in Egyptian pyramid

02 Nov 2017 Hamish Johnston

npj | Microgravity

www.nature.com/npjmgrav

REVIEW ARTICLE OPEN

Interplay of space radiation and microgravity in DNA damage and DNA damage response

María Moreno-Villanueva^{1,2}, Michael Wong^{1,3}, Tao Lu^{1,4}, Ye Zhang⁵ and Honglu Wu¹

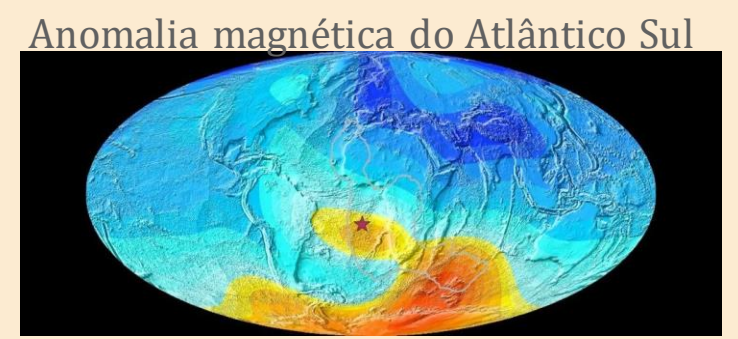
Original Scientific Paper | **iapp**

doi:10.5937/jaes11-5060 Paper number: 11(2013)4, 267, 217 - 223

IMPACT OF COSMIC RADIATION ON AVIATION RELIABILITY AND SAFETY

Ian Zaczek*

Mirce Academy, Woodbury Park, Exeter, United Kingdom



INICIATIVAS AO REDOR DO MUNDO

Discover Cosmic Rays

INTERNATIONAL COSMIC DAY

HOME POSTER PHYSICS PROGRAM

PARTICIPATE MAP PROJECTS PROCEEDINGS MEDIA FAQ [Find up on f](#)

ORGANIZATION

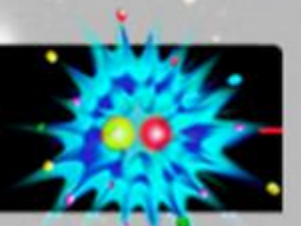
UK



UNIVERSITY OF BIRMINGHAM

TAIWAN

QuarkNet-TW



USA



SWEDEN



HiSPARC

ITALY



GERMANY

COSMIC@WEB
Das Webinterface von physik.begreifen in Zeuthen

FINLAND

CALLIO LAB
Underground Center for Science and R & D

FRANCE



POLAND

CREDO 
THE QUEST FOR UNEXPECTED

Será que existe lugar para mais um ?

Extreme Energy Events

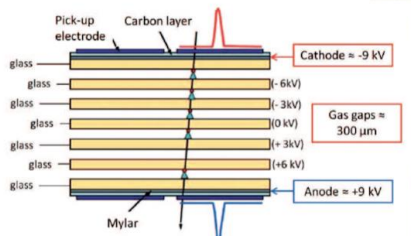


L. Cifarelli
University & INFN, Bologna (IT)
Centro Fermi, Rome (IT)
Italian Physical Society

Geneva, 26 September 2018



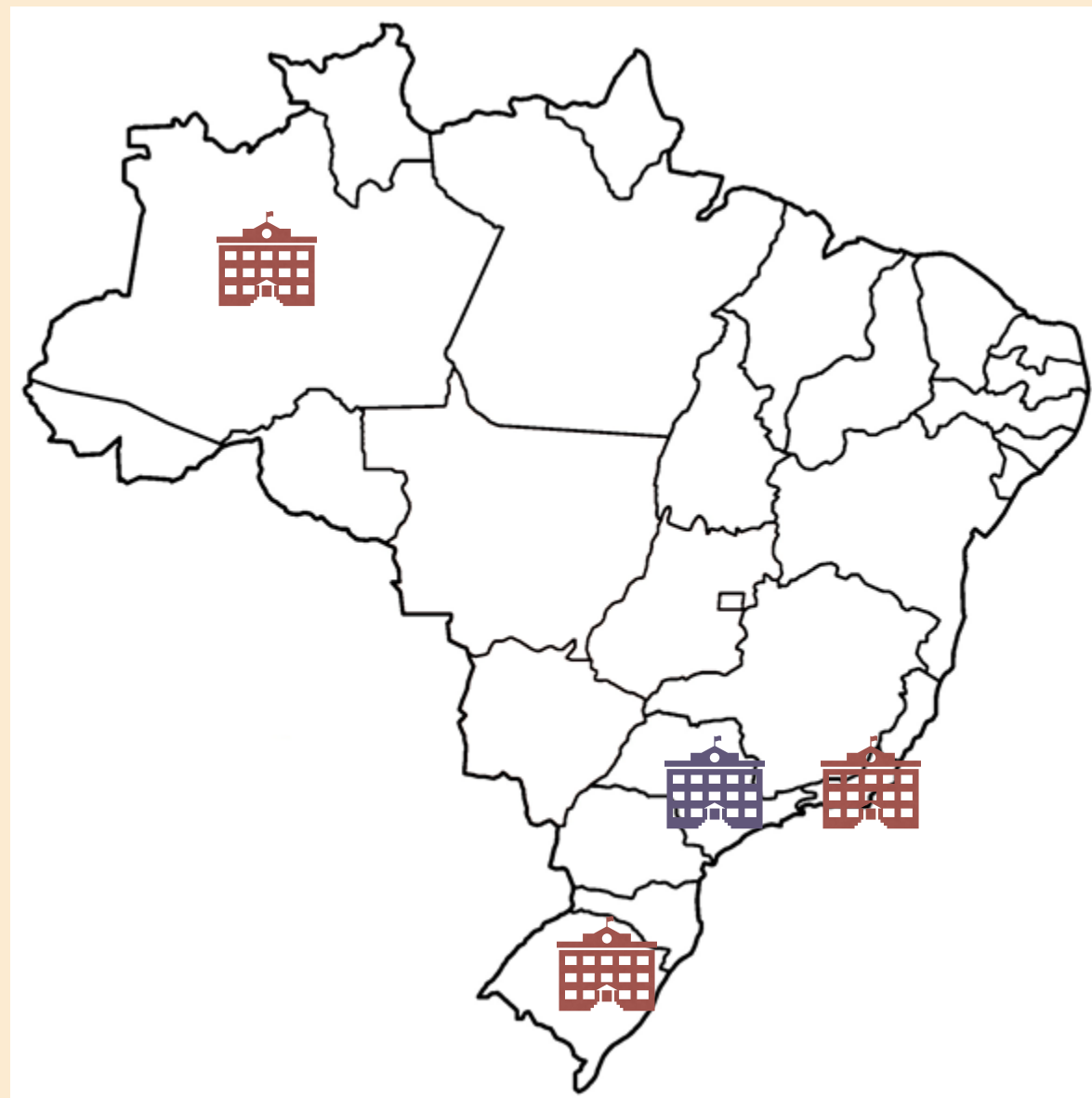
EEE Project
MRPC construction



- Itália
- Início 2004
- 500 ~ 1000 estudantes envolvidos
- 500 mil km² cobertos
- 200 m² de detectores

NOSSA PROPOSTA

- Objetivos
 - Instalação de detectores em escolas secundárias da rede pública e privada
 - Geograficamente disperso
 - Baixo custo
 - Simples
 - Associado a uma proposta pedagógica ampla e de longo prazo
 - Seguro
 - Flexível e expansível
- Know-How :
 - Desenvolvimento local
 - Sem custo para as escolas públicas
 - No caso da escola privada, por exemplo, a contribuição é *in kind* (uma estação idêntica à sua para uma escola pública)
 - Capacitação de equipes/escolas para descentralizar a divulgação e o conhecimento



*Grupos de SP - RJ - RS
dos 4 experimentos do LHC e da área de
ensino de física*

*4 escolas participantes do projeto; pelo
menos outras 5 demonstraram interesse
firme*

MOTIVAÇÕES EDUCACIONAIS

Dimensão

Importância

Democratização da Ciência,
Tecnologia e da Cultura
científica

Científica e
Tecnológica

- Discussão de tópicos de Física Moderna, como as propriedades de raios cósmicos e princípios que regem a interação das partículas com a matéria.
- Discussão de mecanismos de detecção de raios cósmicos e dos avanços tecnológicos possibilitados pelos avanços científicos.

Cultural e
Histórica

- Discussão da importância histórica da pesquisa em raios cósmicos para a constituição da ciência no século XX.
- Discussão da importância histórica da pesquisa em raios cósmicos para a constituição da identidade científica no Brasil e para sua inclusão na dinâmica científica mundial.

Epistemológica

- Discussão de formas próprias de pensamento e organização da ciência nos séculos XX e XXI.
- Aproximação dos estudantes com conceitos e formas de pensar diferentes das usualmente abordadas no ensino médio

DETEÇÃO DE RAIOS CÓSMICOS

- Como funciona?

Partícula (múon)

μ

Sinal elétrico

Circuito eletrônico

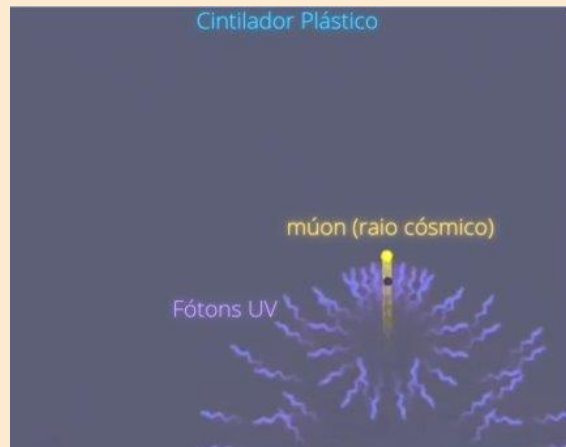


Meio de detecção
(Cintilador, gás, água ...)

Cintilador Plástico

múon (raio cósmico)

Fótons UV



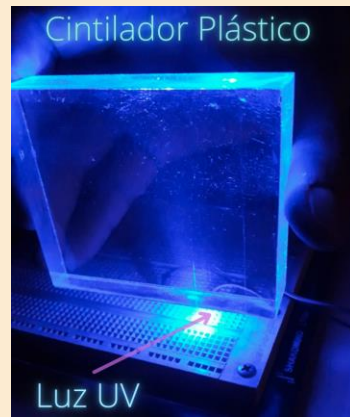
010010110



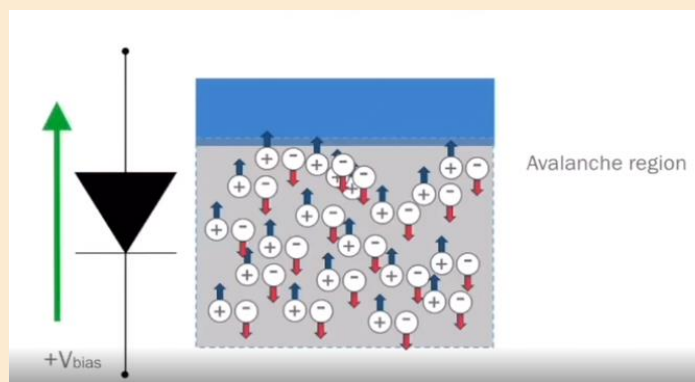
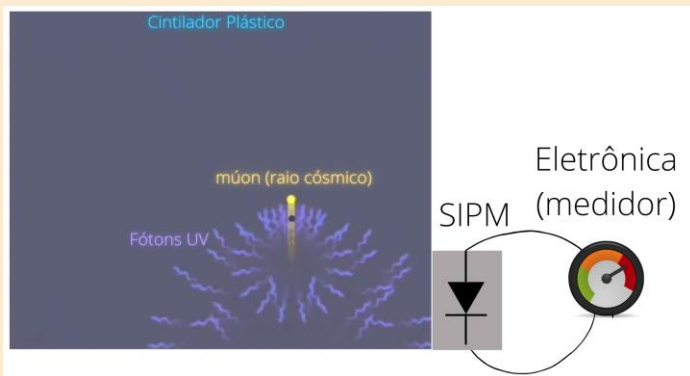
Análise e
armazenamento de
dados

DETECTANDO OS RAIOS CÓSMICOS

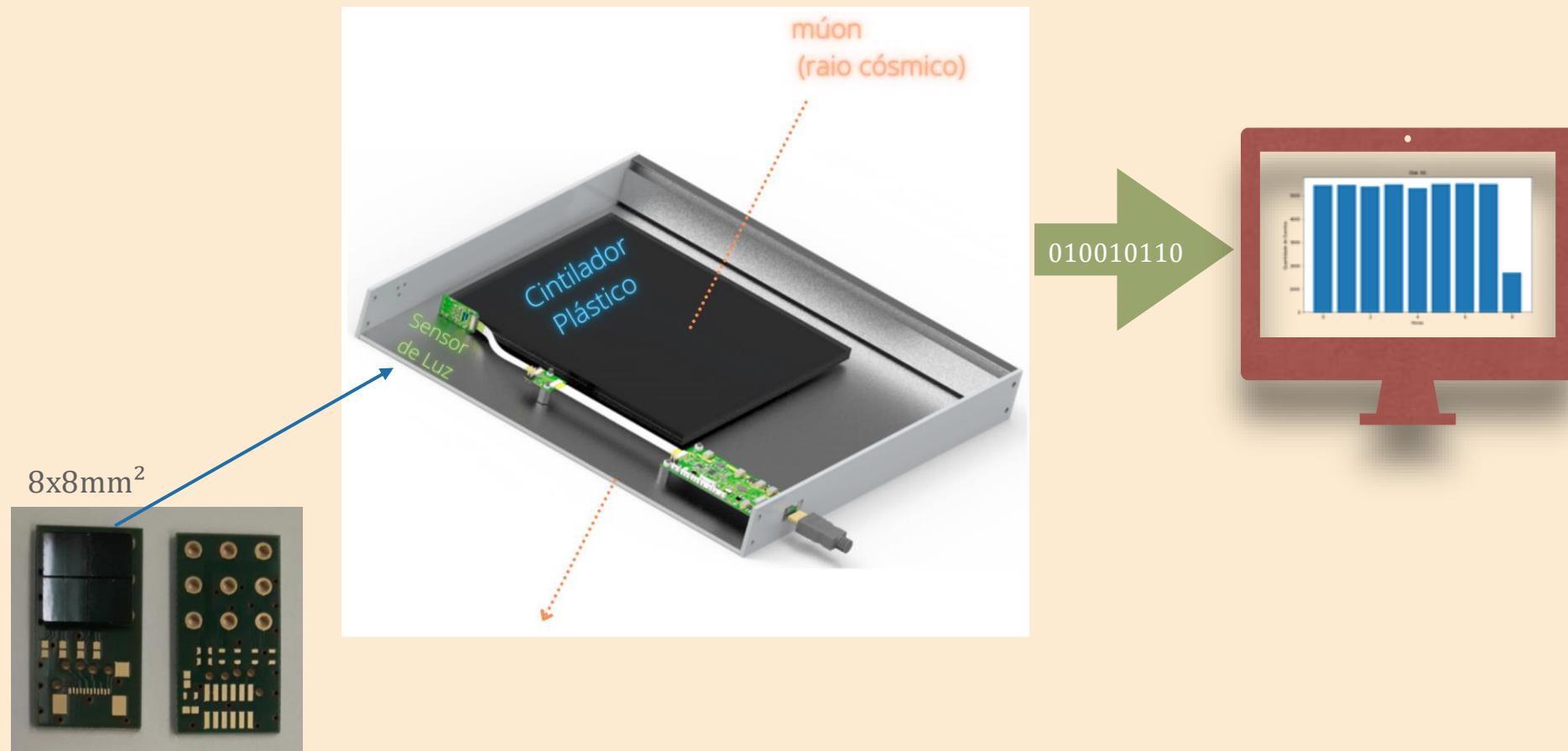
- Cintilador plástico (teste com luz UV)



- Convertendo a luz para um sinal elétrico (foto-sensor de silício)



- Como fica montado ...

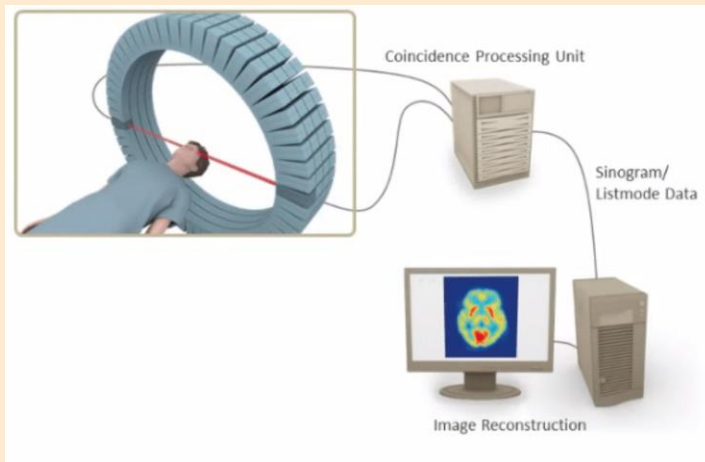
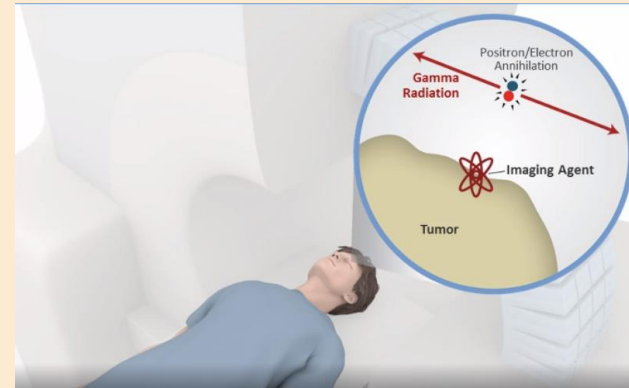
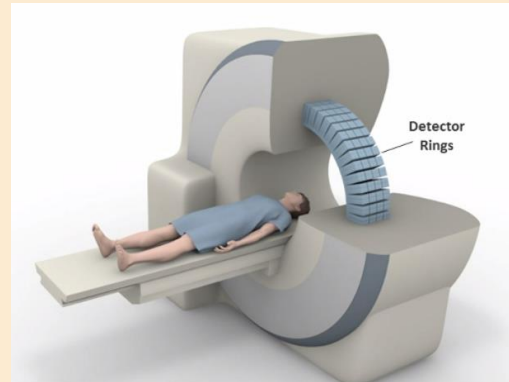


DETECTANDO OS RAIOS CÓSMICOS

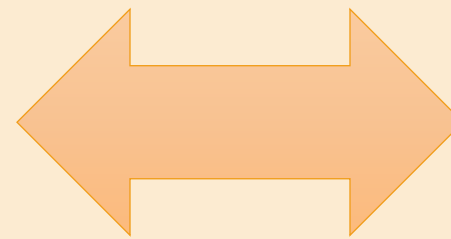
SQLN ...

Intermezzo ...

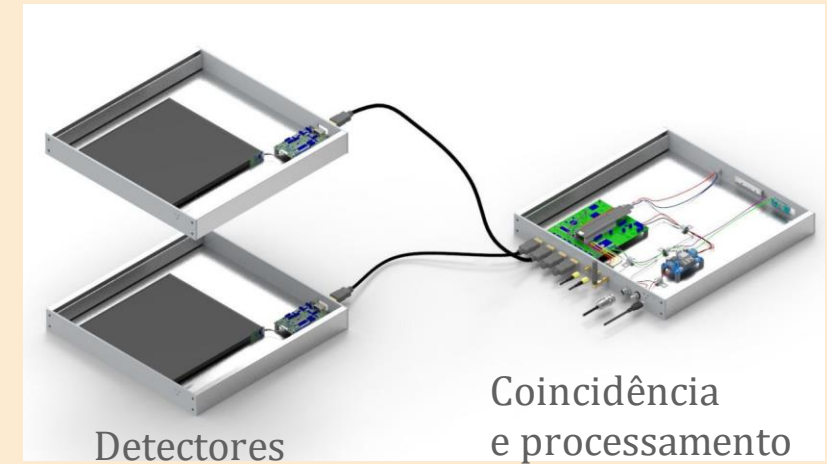
- PET (Positron Emission Tomography)



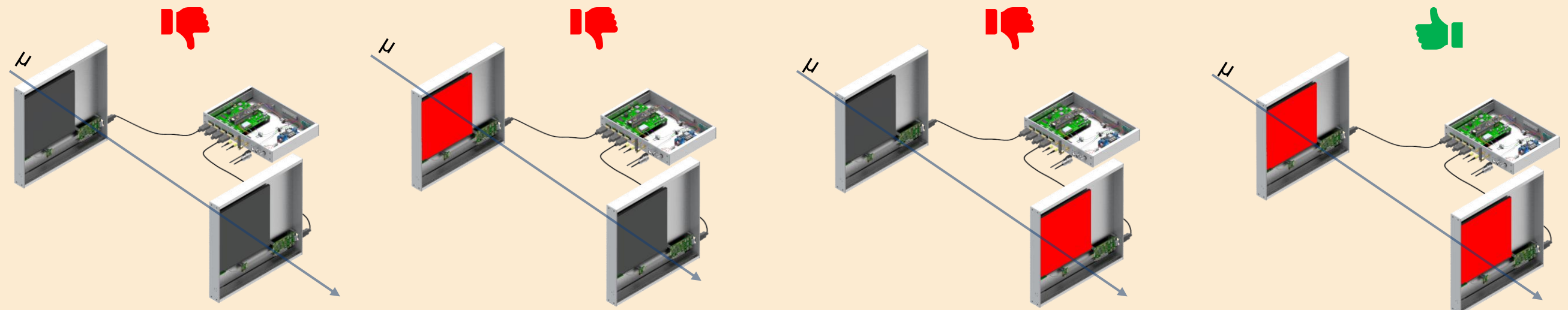
PET



Raios
Cósmicos



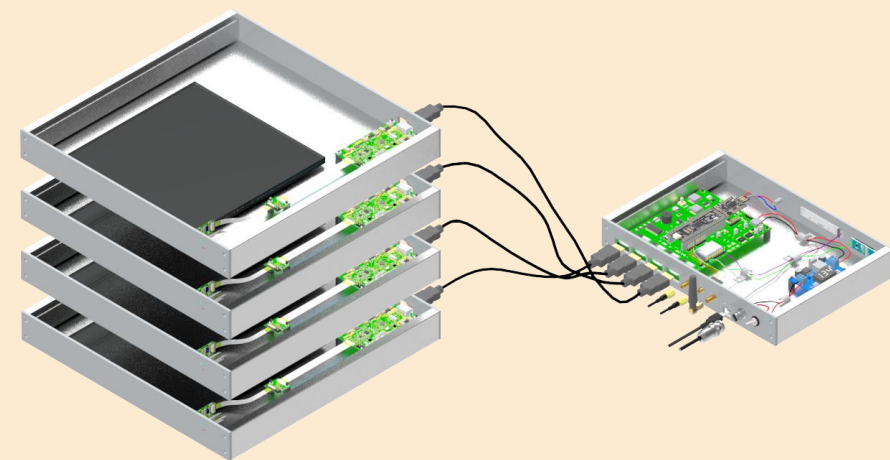
- Detector de Raios cósmicos



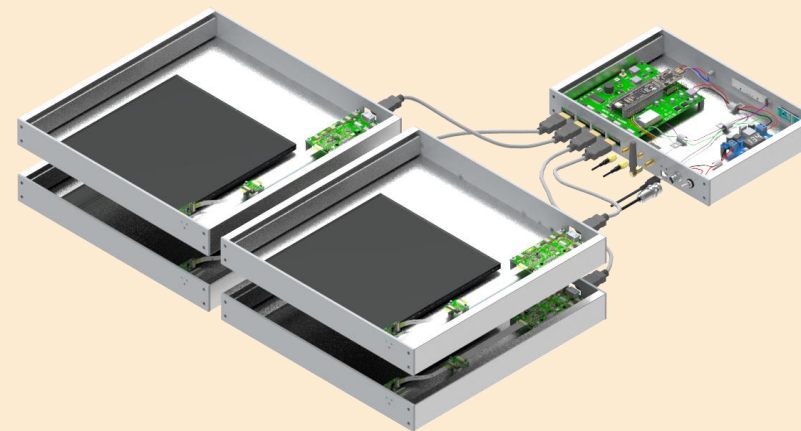
Finalmente



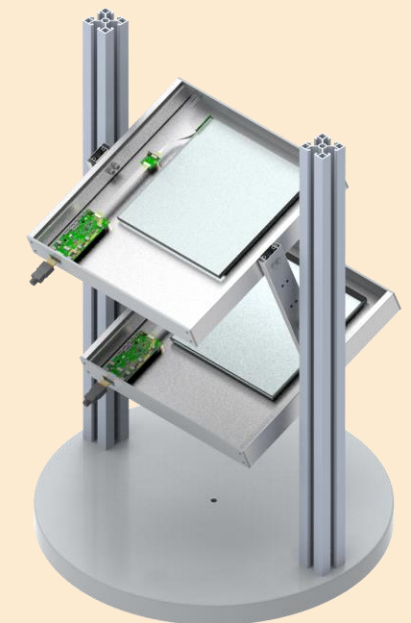
Diferentes configurações



4 andares de detectores ...



2 andares de detectores ...

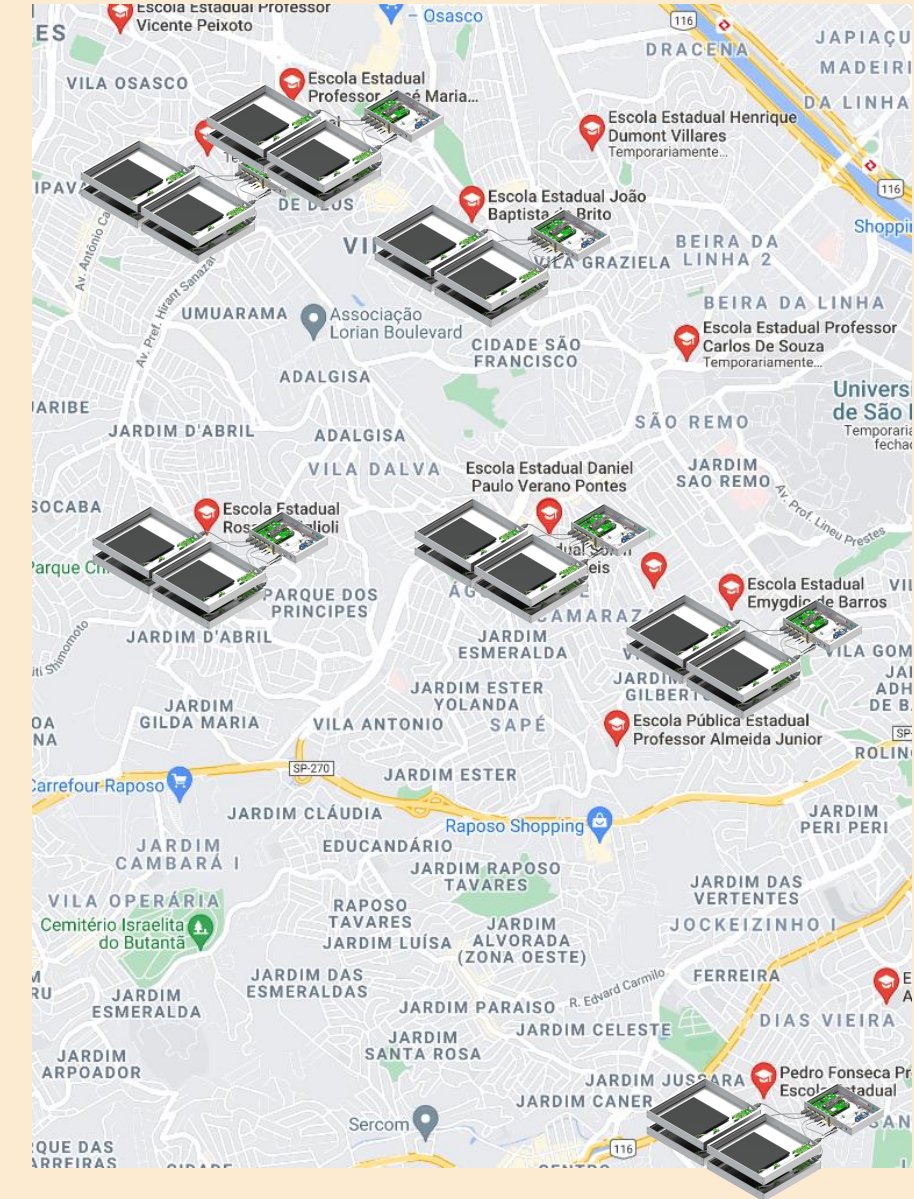


Orientação variável ...

... etc.

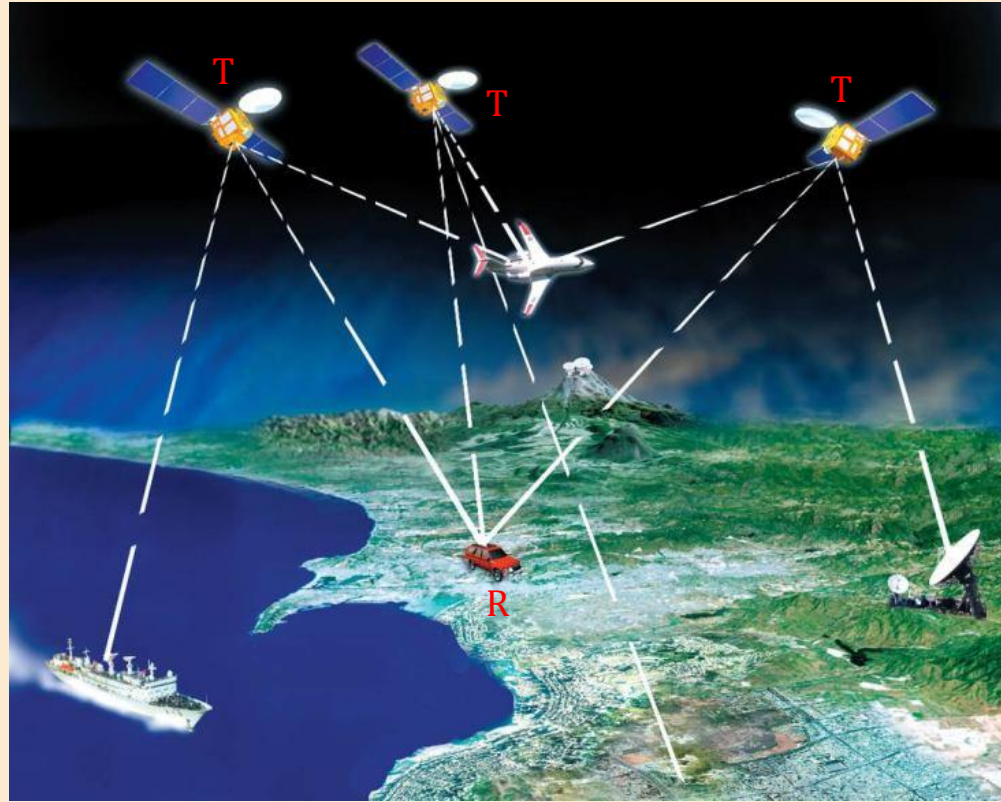
SQL (2)...

VÁRIOS DETECTORES...

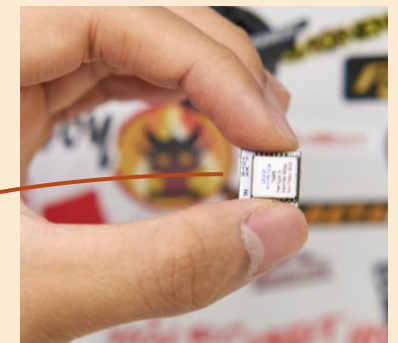


Como eu "sincronizo" os sinais dos diversos detectores ?

GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)



Posição do receptor (R) é determinada pela diferença de tempo dos sinais enviados por 3 ou mais satélites (T)



Módulo GPS

- Todos os satélites tem a órbita conhecida com precisão
- Todos os satélites tem um relógio atômico e todos eles sincronizados com uma referência
- Posso sincronizar os relógios de todas as estações de medida com uma precisão de $\sim 20 \times 10^{-9}$ segundos.

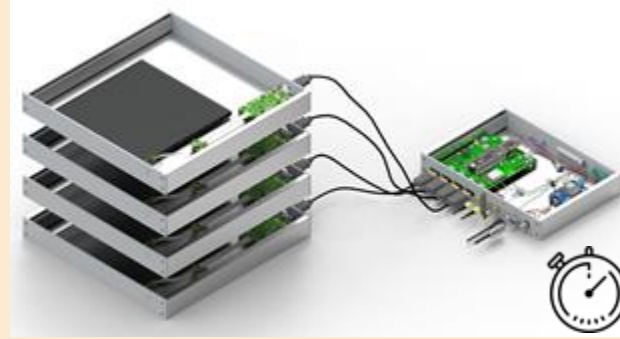
Quase lá ...

CONECTANDO AS ESTAÇÕES DE MEDIDA

- Infra-estrutura*:
 - Energia
 - Internet

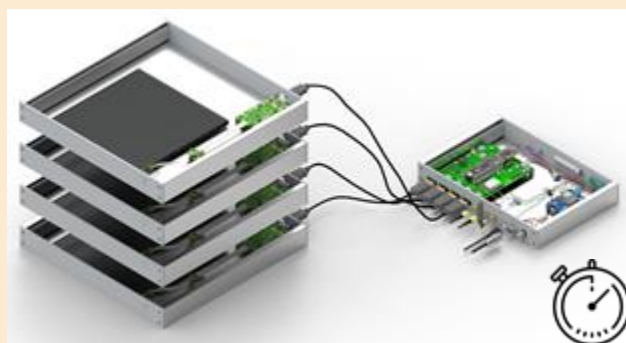
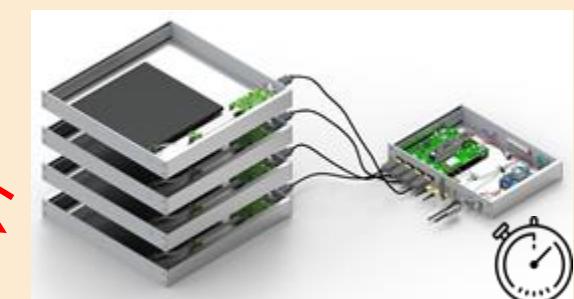
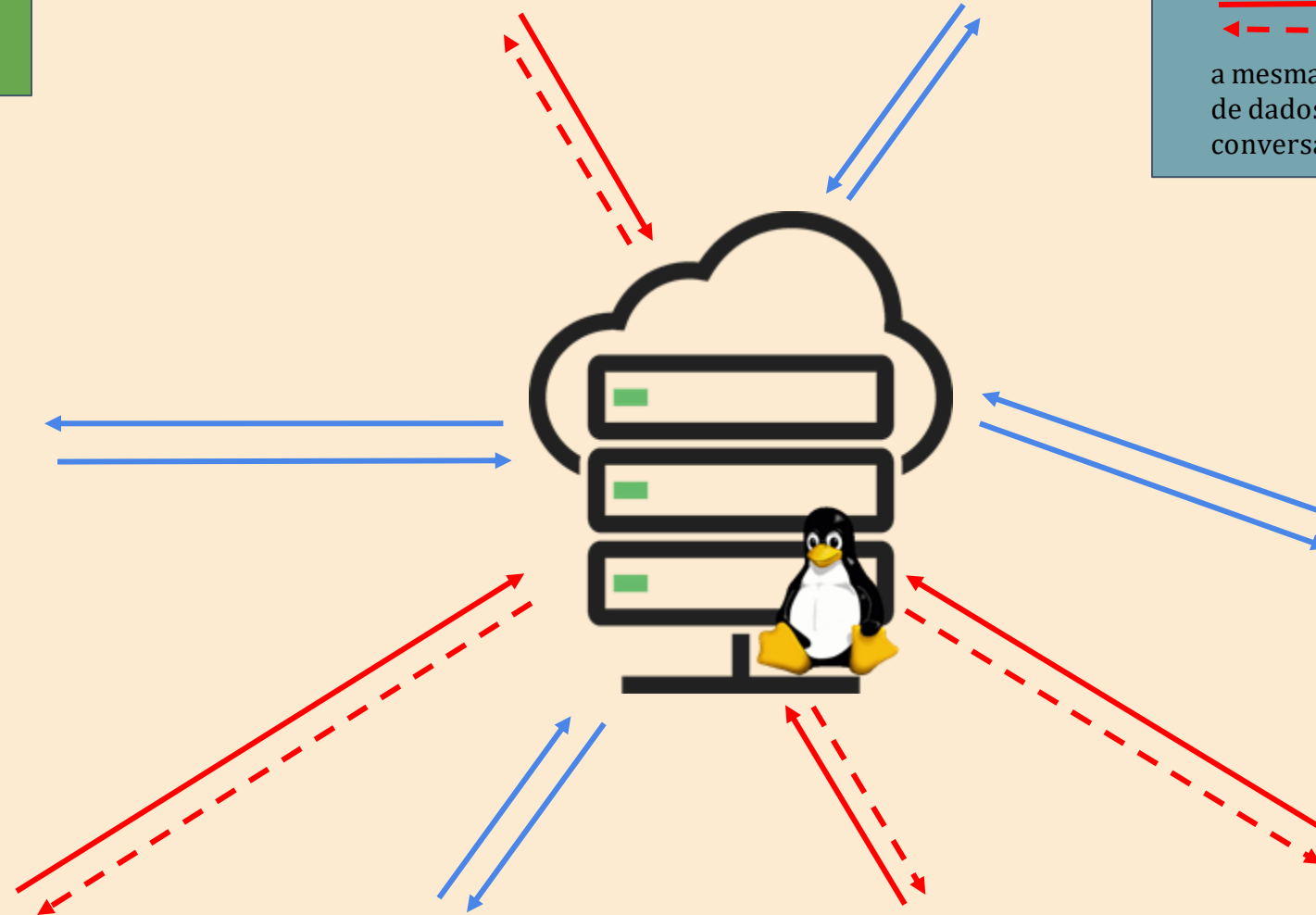


* e o computador?



a mesma quantidade de dados/s de uma conversa por wtzup

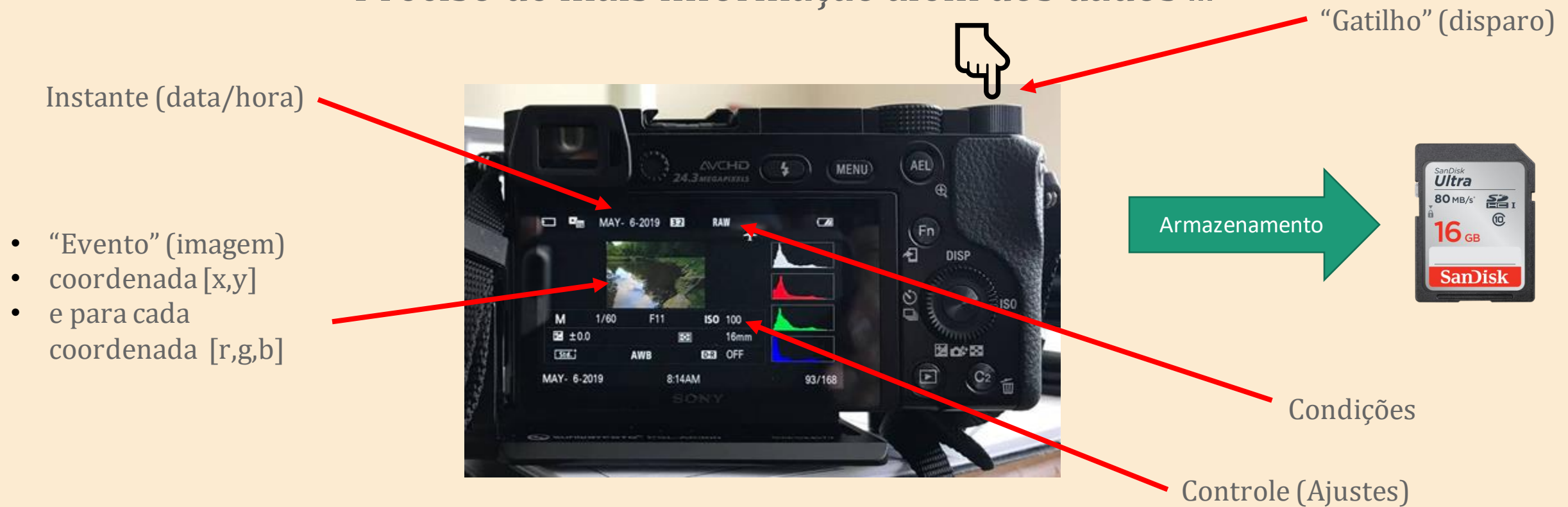
Próximo da transf. de dados da página do Google



- **Todos têm acesso** a todos os dados
- **Todos têm responsabilidade** na tomada de dados
- **Todos devem apresentar** os resultados

Interpretando a informação

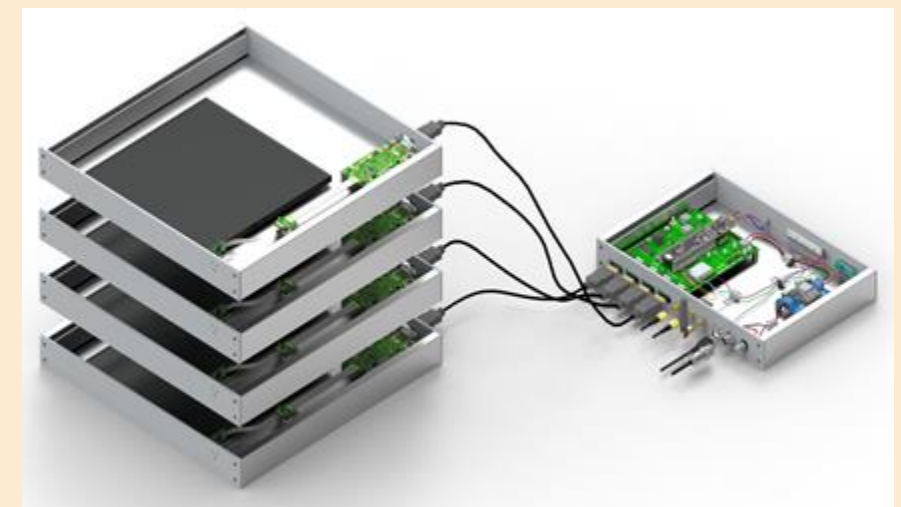
Preciso de mais informação além dos dados ...



- Com essa informação podemos :
 - Monitorar o experimento
 - Estabelecer a qualidade dos dados
 - Apresentar os dados (análise) e explicar as observações



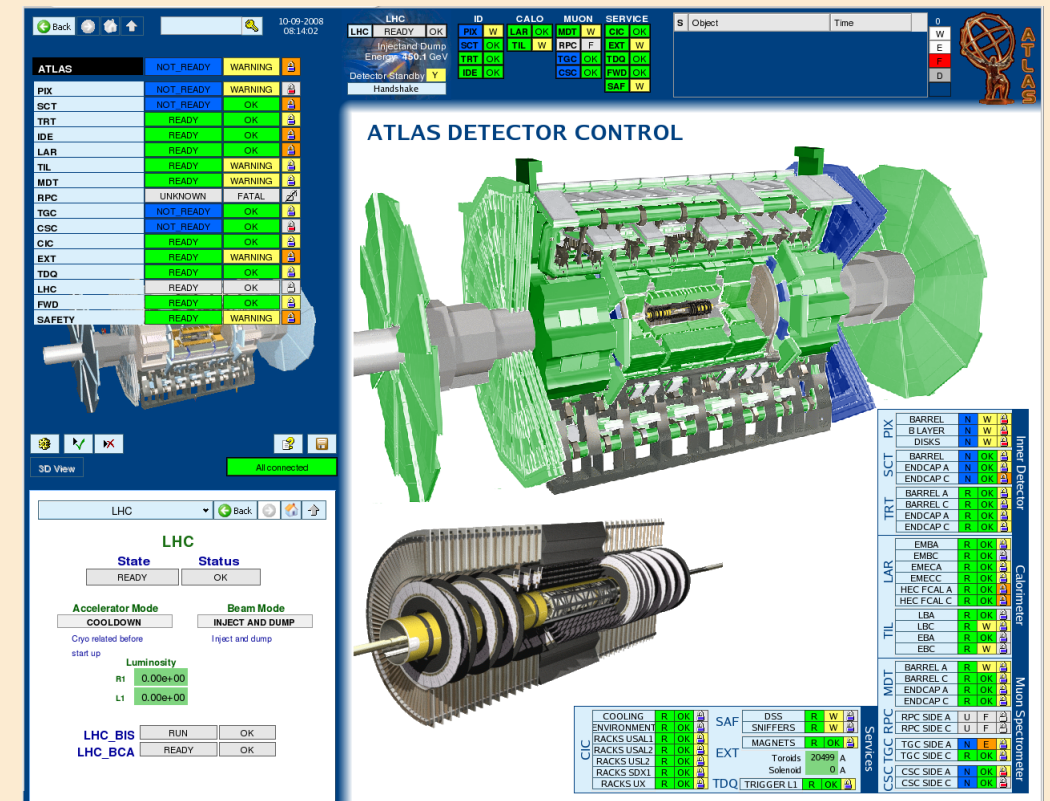
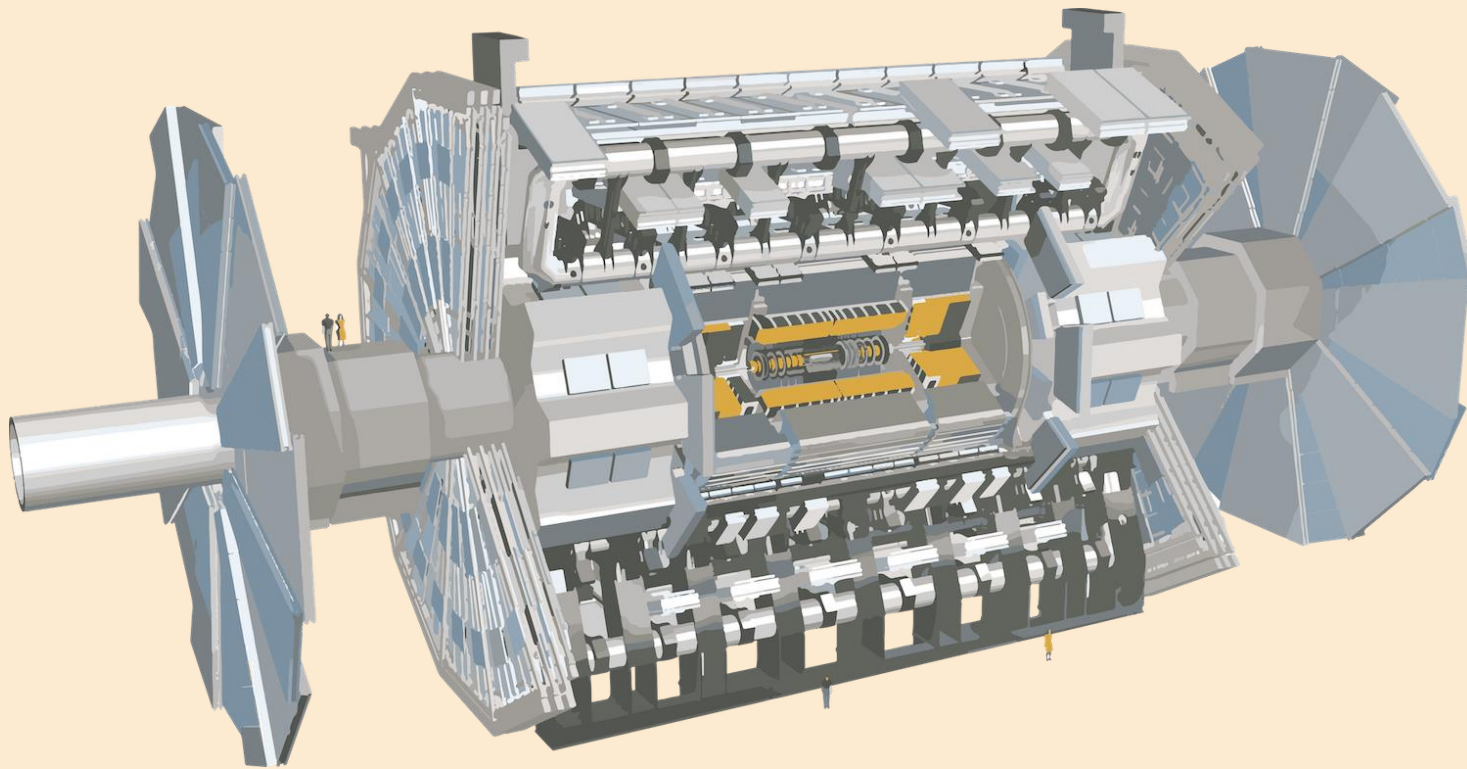
1. Evento(tempo, det. 1, det. 2 ...)
2. Evento(tempo, det. 1, det. 2 ...)
3. Evento(tempo, det. 1, det. 2 ...)
- ...
- n. Evento(tempo, det. 1, det. 2 ...)



Interpretando a informação

- Imitar o que é usado nos experimentos do LHC
 - Monitorar o experimento
 - Estabelecer a qualidade dos dados
 - Apresentar os dados e explicar suas observações

ATLAS



ATLAS DETECTOR CONTROL

System	State	Status
LHC	READY	OK
Injectand Dump	READY	OK
Energy 750.1 GeV	READY	OK
Detector Standby	Y	OK
Handshake	Y	OK

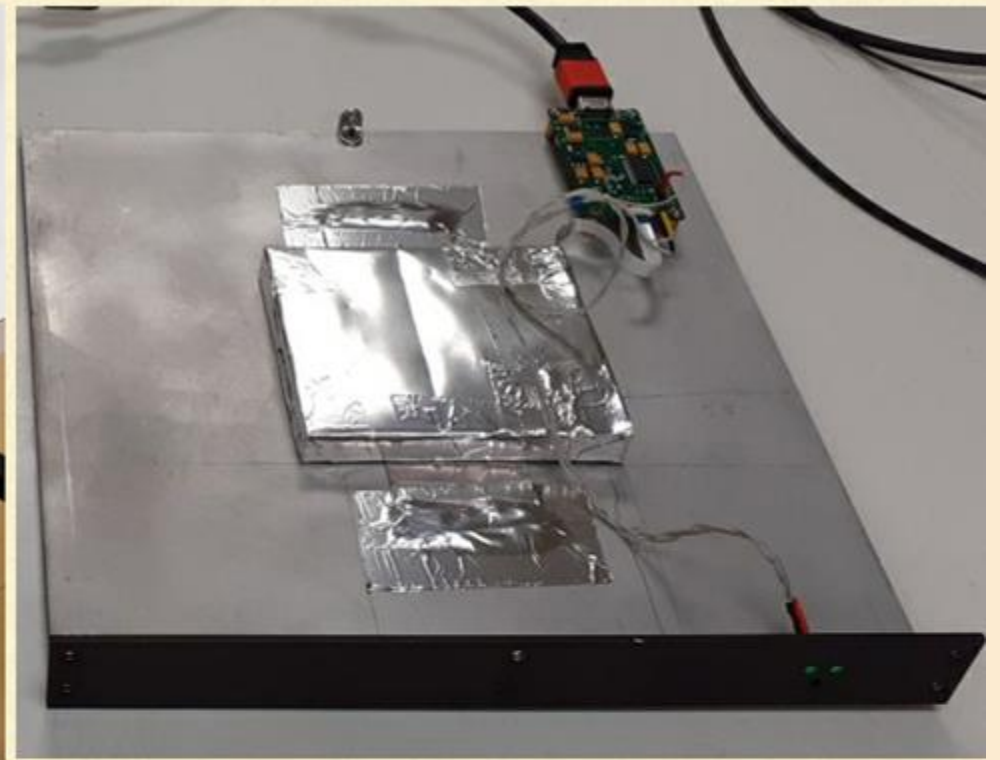
System	State	Status
ATLAS	NOT_READY	WARNING
PIX	NOT_READY	WARNING
SCT	NOT_READY	OK
TRT	READY	OK
IDE	READY	OK
LAR	READY	OK
TIL	READY	WARNING
MDT	READY	WARNING
RPC	UNKNOWN	FATAL
TGC	NOT_READY	OK
CSC	NOT_READY	OK
CIC	READY	OK
EXT	READY	WARNING
TDQ	READY	OK
LHC	READY	OK
FWD	READY	OK
SAFETY	READY	WARNING

System	State	Status
COOLING	R	OK
ENVIRONMENT	R	OK
RACKS_USAL2	R	OK
RACKS_USL2	R	OK
RACKS_USL3	R	OK
RACKS_SDX1	R	OK
RACKS_UX	R	OK
SAF	DSS	R W U
EXT	MAGNETS	R W U
TDQ	TRIGGER L1	R W U
SOLENOID	Toroids	20499 A
SOLENOID	Solenoid	0 A

System	State	Status
BARREL	N	OK
B_LAYER	N	W
DISKS	N	W
ENDCAP A	N	OK
ENDCAP C	N	OK
BARREL A	R	OK
BARREL C	R	OK
ENDCAP A	R	OK
ENDCAP C	R	OK
EMBA	R	OK
EMBC	R	OK
EMECA	R	OK
EMECC	R	OK
HEC_FCAL A	R	OK
HEC_FCAL C	R	OK
LBA	R	OK
LBC	R	OK
EBA	R	OK
EBC	R	OK
BARREL A	R	OK
BARREL C	R	OK
ENDCAP A	R	OK
ENDCAP C	R	OK
RPC SIDE A	U	F
RPC SIDE C	U	F
TGC SIDE A	R	OK
TGC SIDE C	R	OK
CSC SIDE A	N	OK
CSC SIDE C	N	OK

Atividades Nas Escolas

OFICINA INFORMAL (ANO 0 da Pandemia)

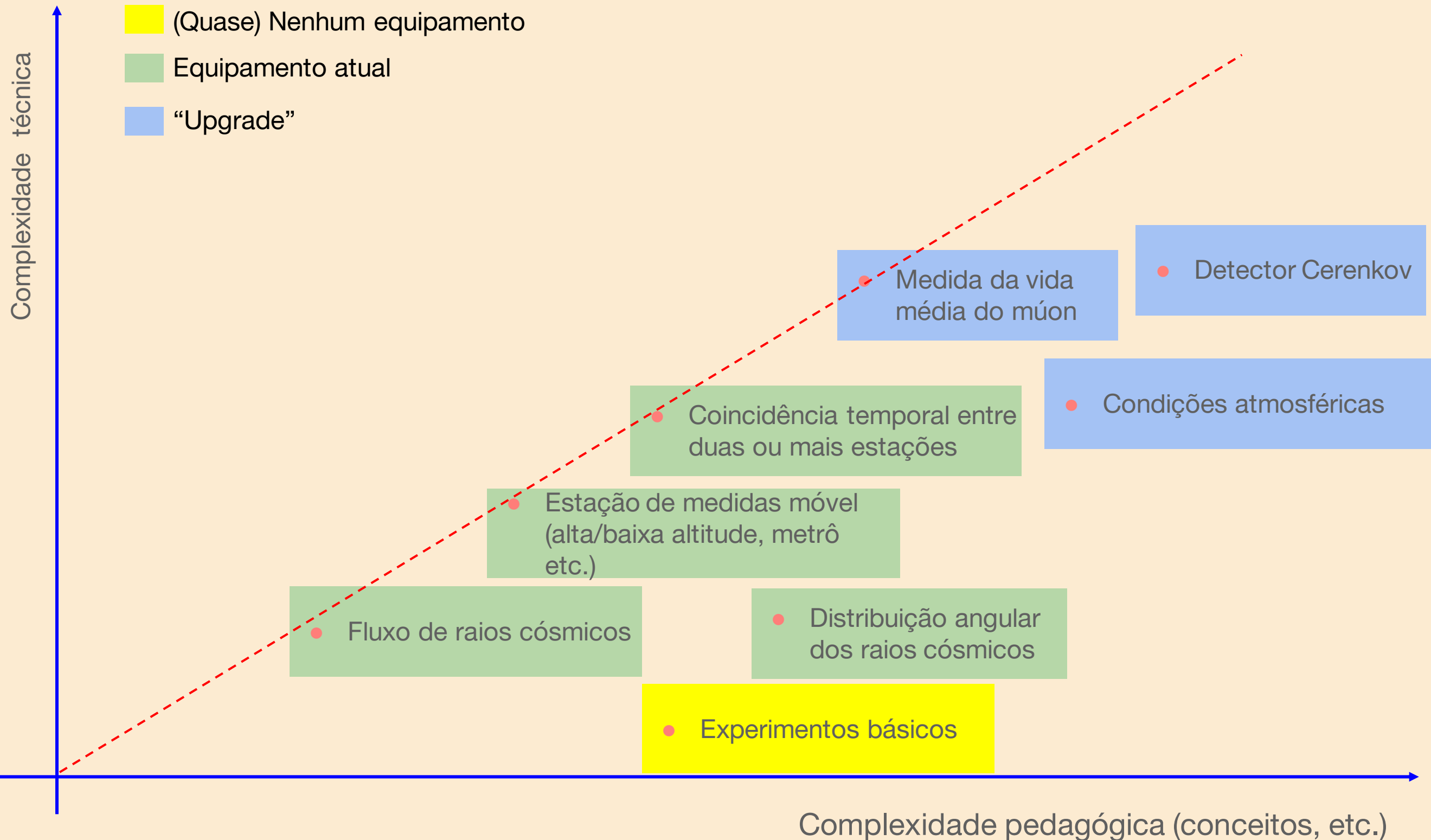


Discussão
com
professores
do
2o grau
(Nov. 2019)



Durante vários meses tomamos dados sem interrupção !!

PROPOSTAS EXPERIMENTAIS E SUAS VARIANTES



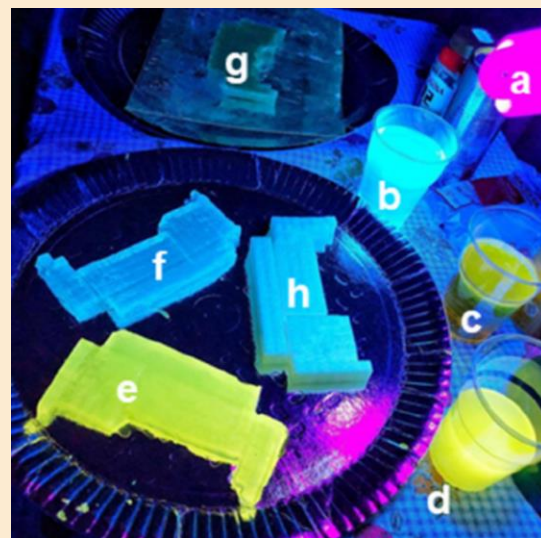
Atual esboço da sequência



Mais detalhes nas apresentações do João G.

EXPERIMENTOS INTRODUTÓRIOS (I)

1. Processo de cintilação
2. Impossível uso de fontes radioativas etc.
3. Explorar o paralelo com fluorescência (absorção e emissão em diferente comprimento de onda, etc.)



Que coincidência ...

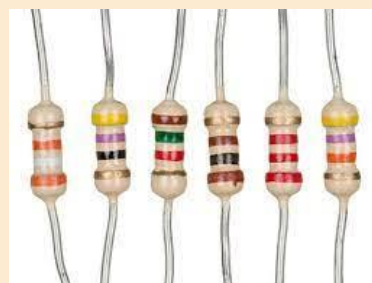
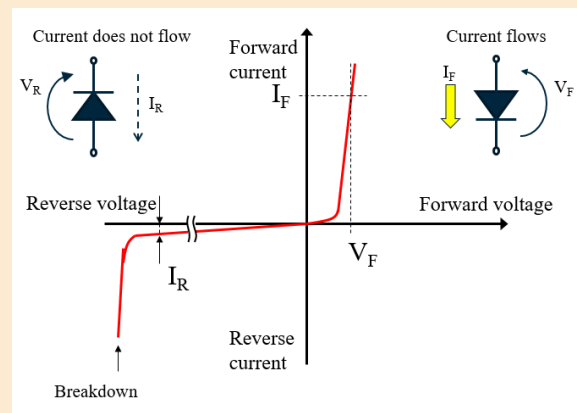
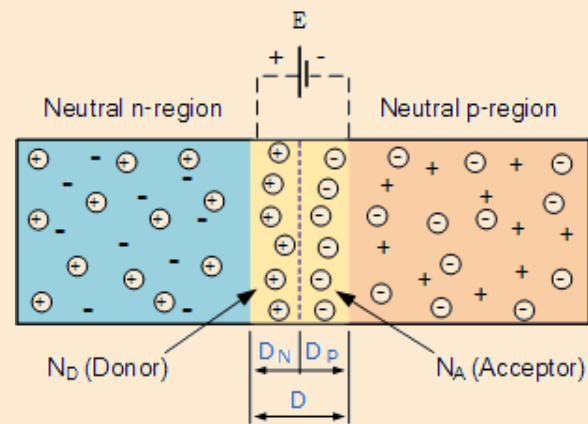
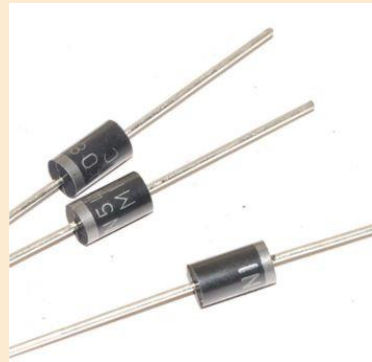


<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1541-4329.12214>

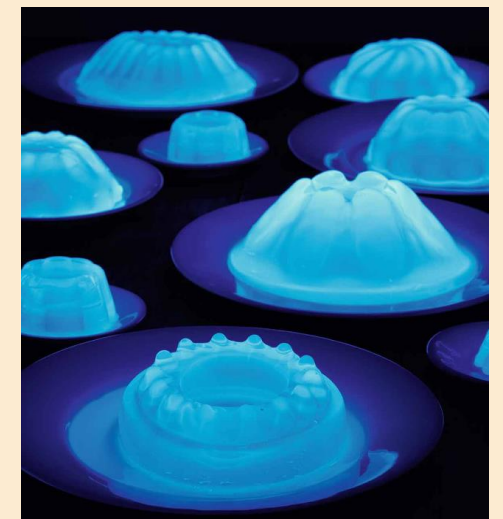
EXPERIMENTOS INTRODUTÓRIOS (II)

1. Materiais semicondutores (antes do *inos)
2. Funcionamento de um diodo
3. Curva IV

1. Fotodiodos



www.phywe.com



Relatividade, Relógios atômicos, GPS e múons (I)

Experimento de Hafele & Keating

Around-the-World Atomic Clocks:

Predicted Relativistic Time Gains

Abstract. During October 1971, four cesium beam atomic clocks were flown on regularly scheduled commercial jet flights around the world twice, once eastward and once westward, to test Einstein's theory of relativity with macroscopic clocks. From the actual flight paths of each trip, the theory predicts that the flying clocks, compared with reference clocks at the U.S. Naval Observatory, should have lost 40 ± 23 nanoseconds during the eastward trip, and should have gained 275 ± 21 nanoseconds during the westward trip. The observed time differences are presented in the report that follows this one.

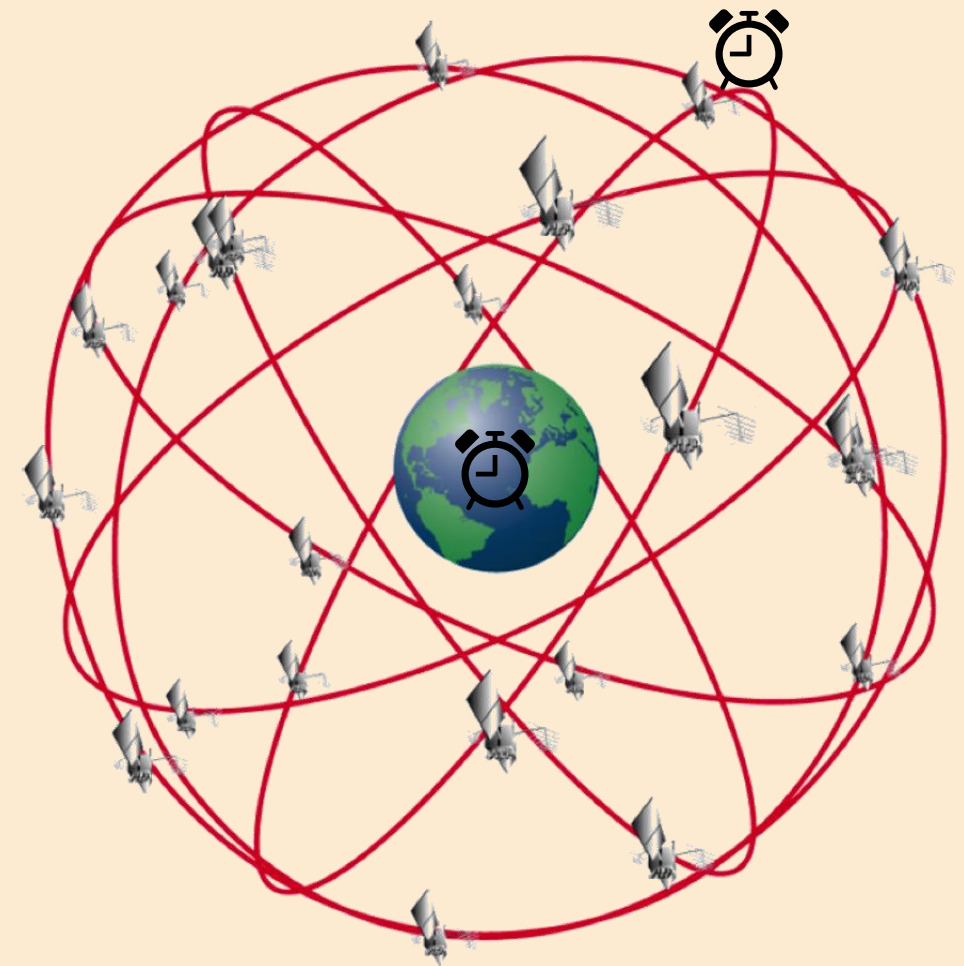
Science, v. 177



O tempo da superfície da terra passa mais devagar que no satélite (~38 us/dia ou 11km se você não corrigir !!)

Movimento relativo (relatividade restrita)

Campo gravitacional (relatividade geral)



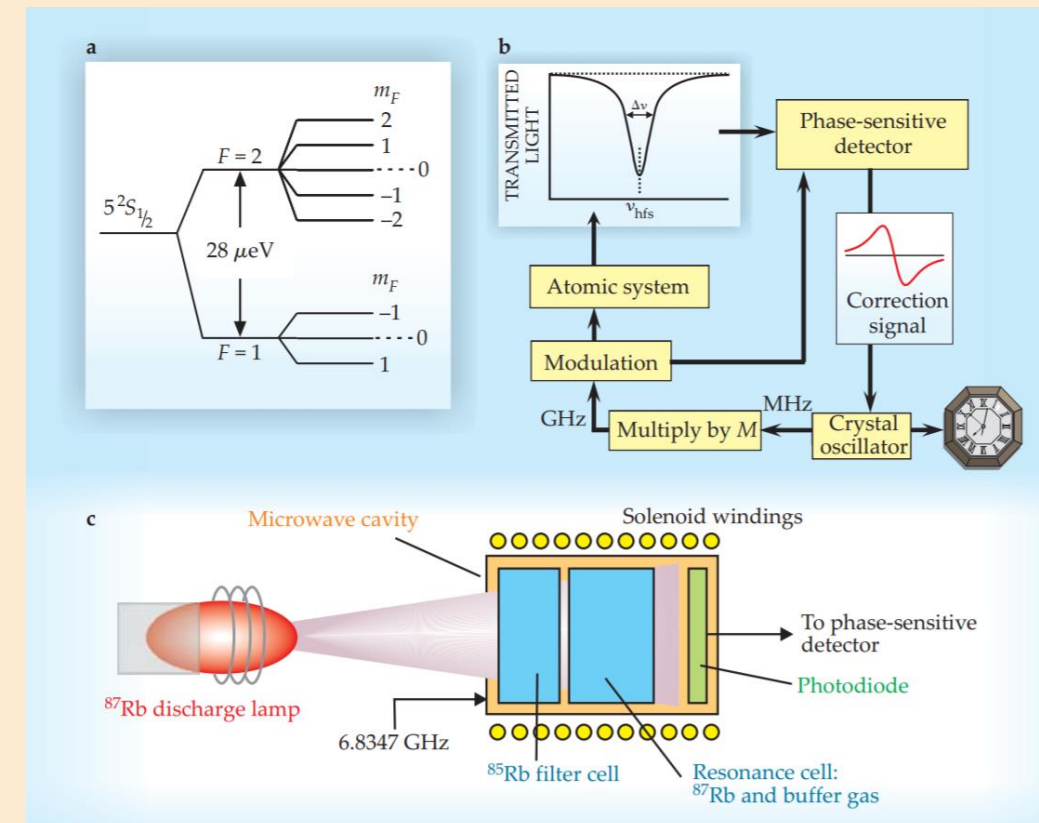
Relatividade, Relógios atômicos, GPS e múons (II)

- Múons the vida média de 2.2×10^{-6} s
- Se viajarem próximo à velocidade da luz, todos os múons devem decair após percorrem 650m
- Mas os múons são produzidos na alta atmosfera (~10km de altitude)
- Como é possível que nós detectamos múons na superfície ????



Preciso medir o tempo com precisão
Recorro a processos físicos bem determinados

Relógios atômicos : desvio de $\sim 5 \times 10^{-10}$ s/ano (Rb) até

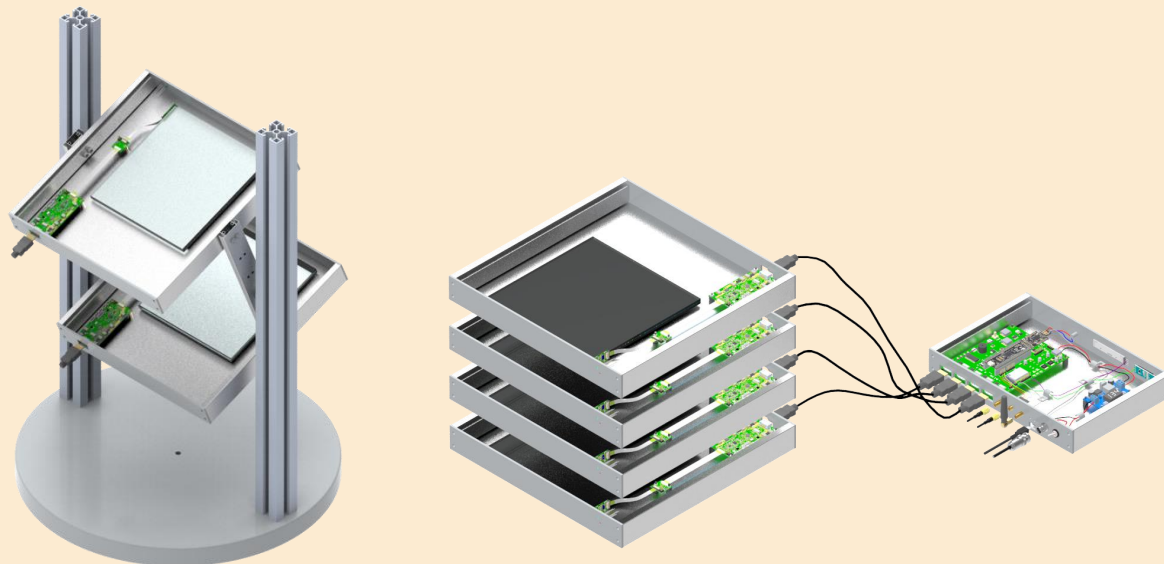


- Relatividade restrita: quanto mais próxima a sua velocidade, mais lentamente o tempo passa no seu referencial



Medindo múons

- Quantos múons/s chegam no meu detector ?
- Qual a variação no fluxo ? Dia/Noite , condição atmosférica
- O fluxo é o mesmo em qualquer direção ? Ou inclinação azimutal ?
- O que acontece quando aumento o número de detectores ?
- Como posso correlacionar eventos em estações próximas ?
- Existe alguma dependência com as condições atmosféricas
- Como sei se o meus dados são bons ?
- Etc. ...



Toda análise feita via o navegador de internet (mais detalhes na próxima semana com Marisilvia D.)

Jupyter raios_cosmicos (unsaved changes)

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help

Not Trusted Python 3

Memory: 120 / 2048 MB

Abrindo a Base de Dados

```
In [12]: df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

Antes de partir para qualquer tipo de análise é uma boa prática tentar entender como os dados estão estruturados e dar uma olhada no dataset em geral.

```
In [13]: print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
---  ---
0   TriggerBits 100000 non-null int64
1   Timestamp   100000 non-null object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

Trigger Bits

Configuração do sensor que recebeu o raio cósmico:

Os bits guardados na base de dados não referem-se somente aos sensores ativos, mas também a outras propriedades, como a configuração atual dos sensores (como visto na imagem, pode-se arranjar os sensores de maneiras diferentes) paridades entre as ativações ou calibrações do equipamento.

Timestamp

Essa coluna nos diz o horário exato, com precisão de segundos, em que o evento ocorreu. Isso é bastante importante para as análises temporais.

Vemos que os dados são majoritariamente numéricos e somente a coluna Timestamp é do tipo *object*, isso ocorre porque eles são lidos como strings no documento .csv. Olhando elas entenderemos melhor o que representam.

Agora veremos como são as linhas da base de dados:

```
In [14]: df.head()
```

```
Out[14]:
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

Essas seriam as cinco primeiras linhas da nossa base de dados, nelas enxergamos coisas interessantes:

- Cada linha é um evento diferente
- Temos informações do horário em que o evento aconteceu
- Sabemos quais foram os sensores acionados em cada detecção

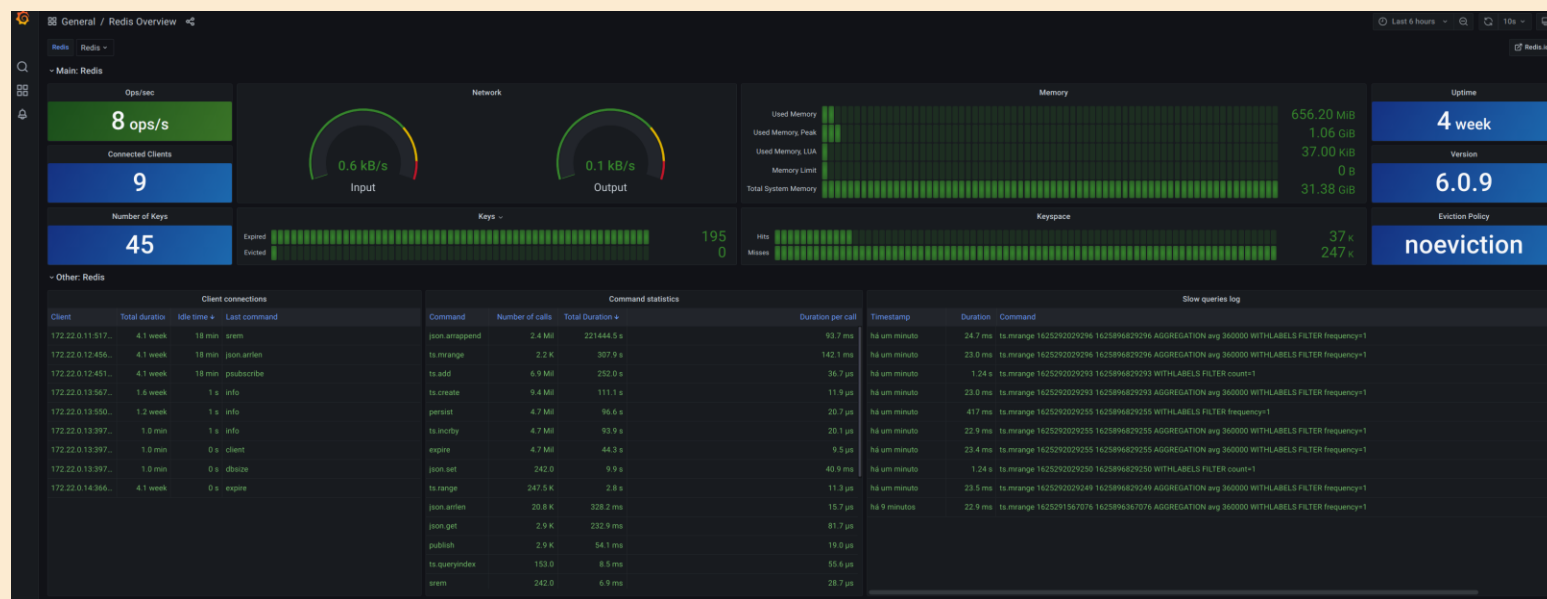
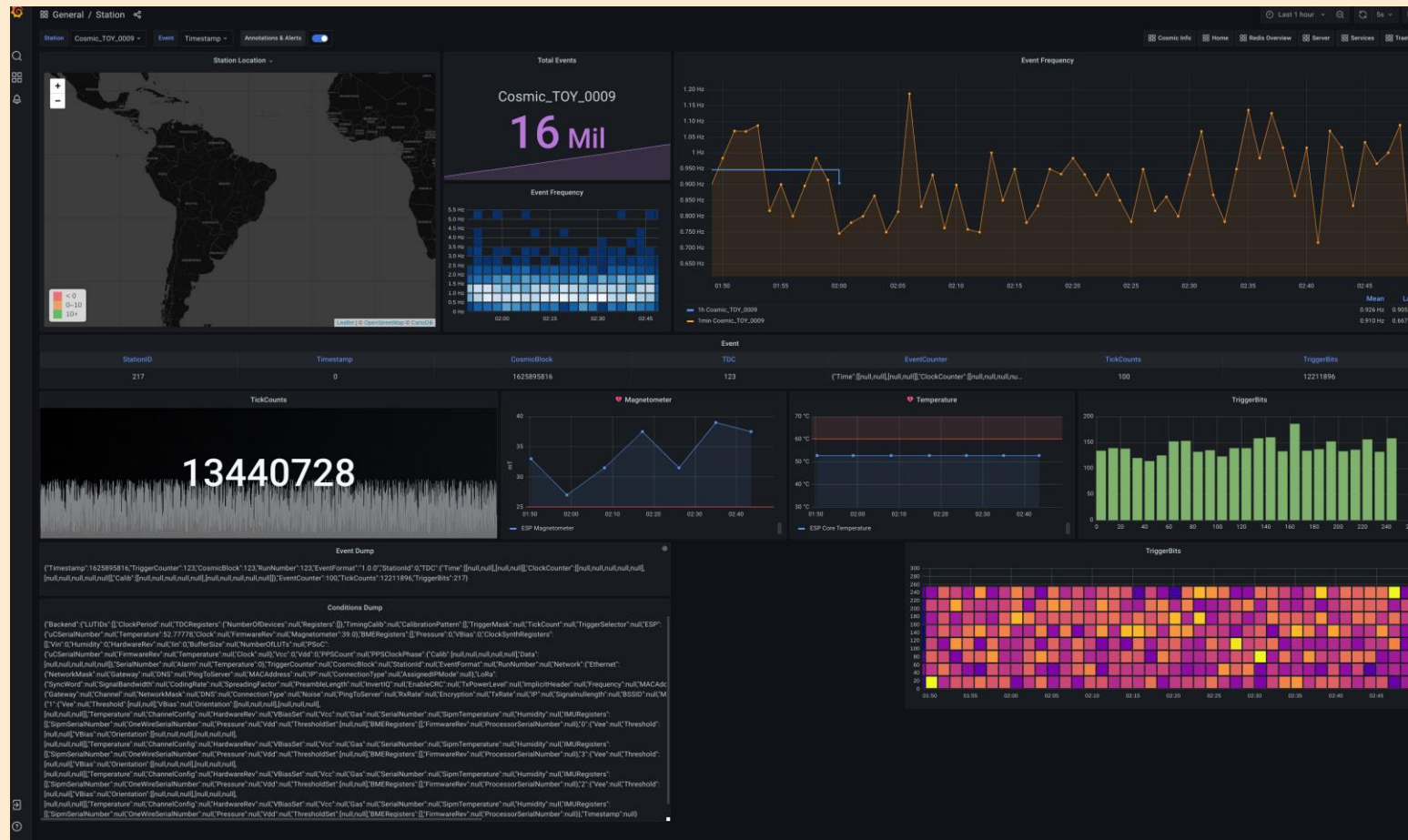
Para que possamos utilizar o Timestamp, devemos convertê-lo novamente para *datetime*, o tipo em que o Python consegue interpretar-lo

```
In [5]: df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

Agora podemos começar a analisar o que temos

Monitorando o experimento

Monitoramento



Alarmes

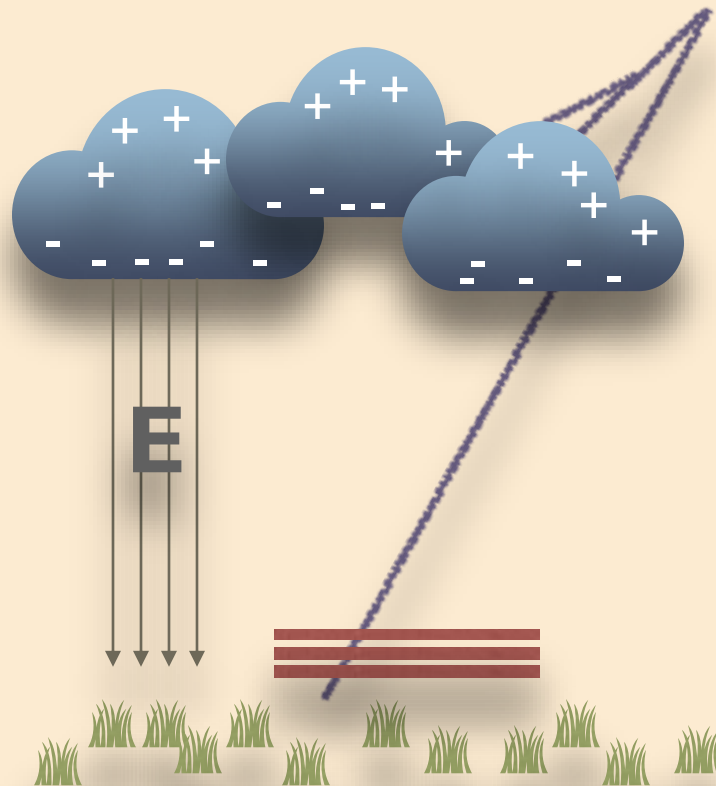
The Discord interface shows a channel named "# -alarmes" with several alerts and server health checks. Key elements include:

- Raios C3smicos:** A channel for cosmic ray data with a Quick Switcher button (CTRL + K).
- [No Data] Server Health:** An alert indicating that the server health data is missing, with a link to the Grafana dashboard.
- [Alerting] Server Requests:** An alert indicating that there are many external requests, possibly due to an attack.
- [OK] Server Requests:** An alert indicating that the server requests are normal.
- Grafana v7.4.3:** Multiple Grafana dashboards are embedded in the channel, showing various metrics and alerts.

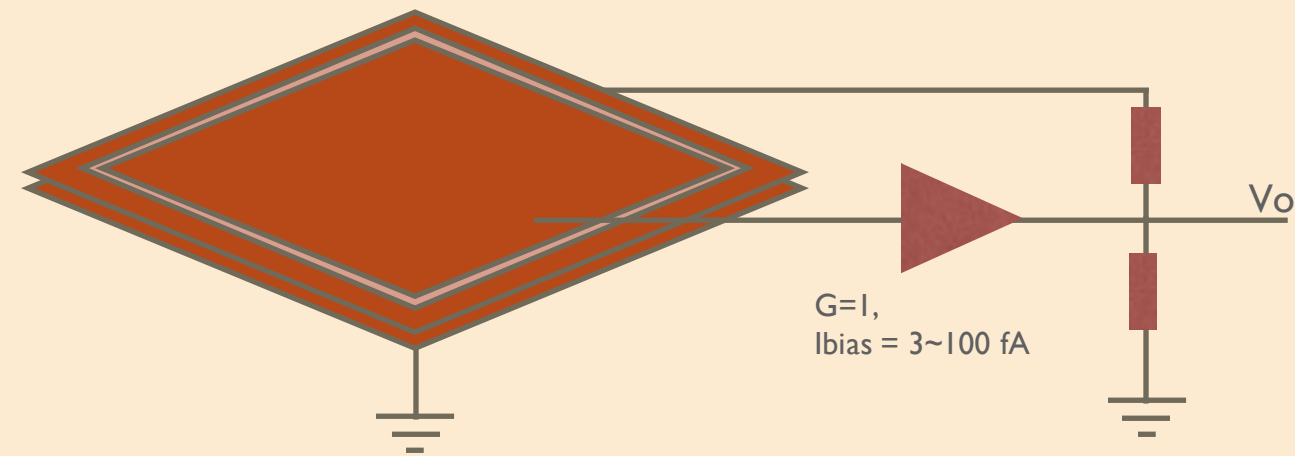
Equipes de alunos se alternam para verificar a qualidade dos dados das estações de medida

OUTRAS POSSIBILIDADES

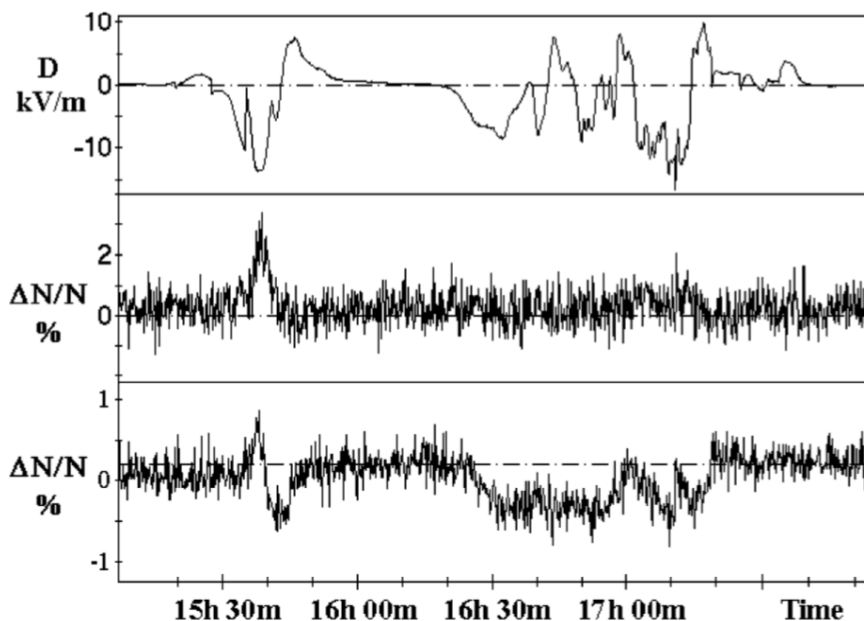
Variação do fluxo de raios cósmicos devido à mudança no campo elétrico próximo à superfície durante uma tempestade



Medidor de campo elétrico (próximo à superfície)



Bennet, Harrison, Adv. Geosci., 13, 11–15, 2007



PHYSICAL REVIEW LETTERS 122, 105101 (2019)

Editors' Suggestion Featured in Physics

Measurement of the Electrical Properties of a Thundercloud Through Muon Imaging by the GRAPES-3 Experiment

B. Hariharan,^{1,2} A. Chandra,^{1,2} S. R. Dugad,^{1,2} S. K. Gupta,^{1,2,*} P. Jagadeesan,^{1,2} A. Jain,^{1,2} P. K. Mohanty,^{1,2} S. D. Morris,^{1,2} P. K. Nayak,^{1,2} P. S. Rakshe,^{1,2} K. Ramesh,^{1,2} B. S. Rao,^{1,2} L. V. Reddy,^{1,2} M. Zuberi,^{1,2} Y. Hayashi,^{2,3} S. Kawakami,^{2,3} S. Ahmad,^{2,4} H. Kojima,^{2,5} A. Oshima,^{2,5} S. Shibata,^{2,5} Y. Muraki,^{2,6} and K. Tanaka^{2,7}

- Variação pequena, mas perceptível
- Experimento a 1700m altitude em Baksan, medindo o fluxo de múons durante uma tempestade

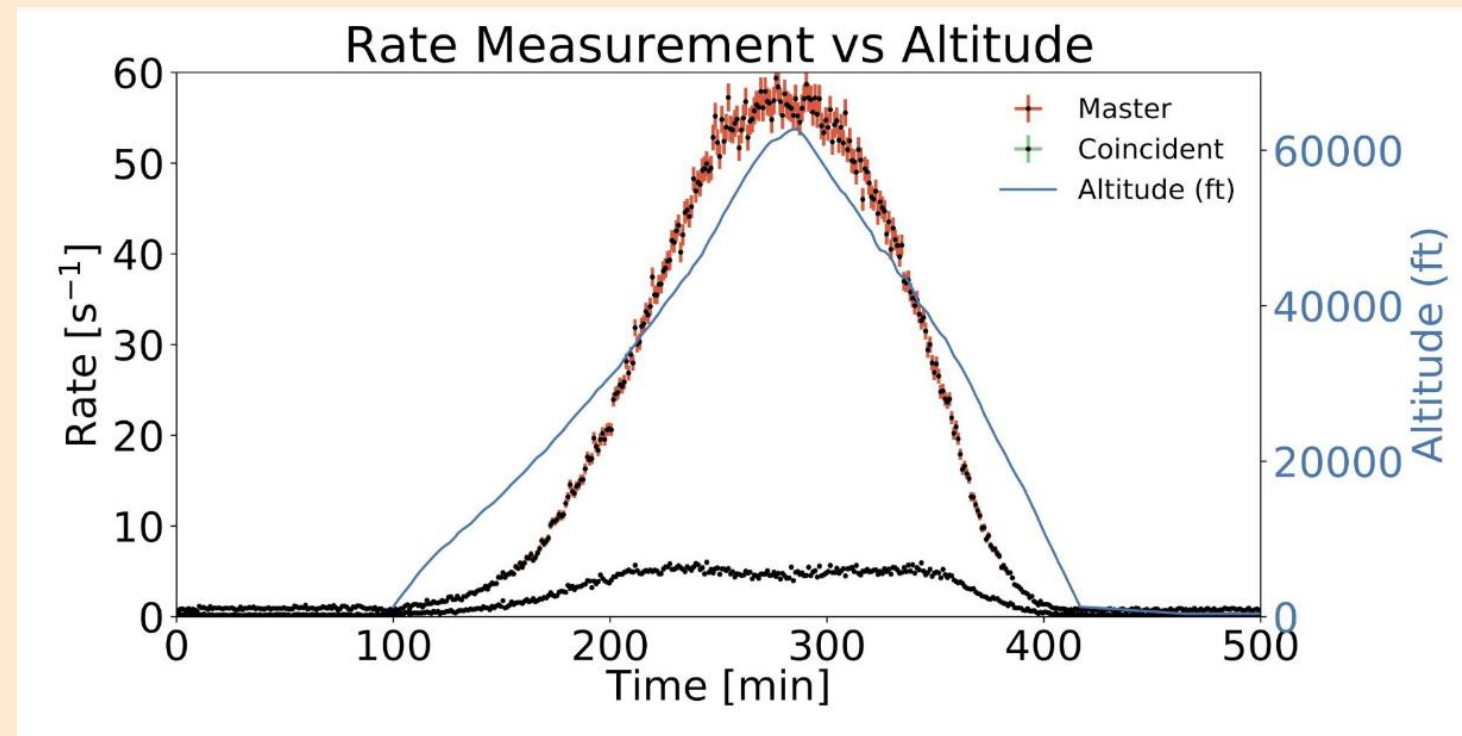
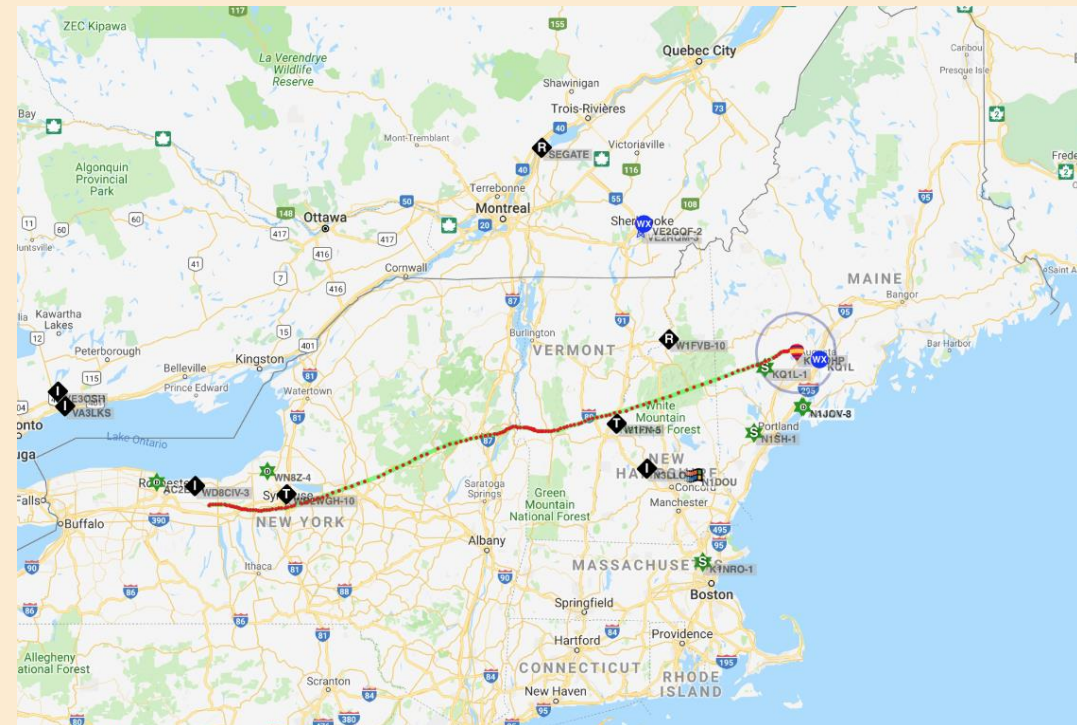
Alexeenko, V.V., Physics Letters A 301 (2002) 299–306

OUTRAS POSSIBILIDADES

Fluxo de raios cósmicos vs. altitude

<http://copeflight.com/CosmicCopeMuons.html>

- EUA
- “Individual”
- Detectores simples
- Medidas até 20km de altitude



PROJETO USP MÓVEL

Projeto USP-Móvel

OBJETIVO

Levar ações concretas para a população do Estado de São Paulo
Contribuir para melhorias da qualidade de vida da população e maior consciência social, cultural e científica da sociedade

Projeto USP-Móvel

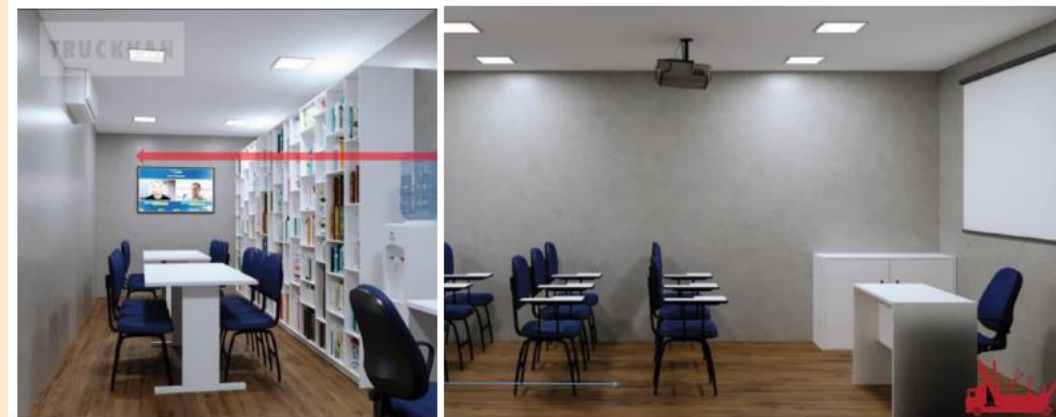
Proposta

A Pró-Reitoria de Cultura e Extensão disponibilizará permanentemente **duas unidades móveis** para serem instaladas em locais públicos de cidades dos principais *campus* da USP, da capital e do interior do Estado de São Paulo, bem como em demais municípios do Estado de São Paulo

Projeto USP-Móvel : Escola Móvel



Projeto USP-Móvel : Escola Móvel



Projeto USP-Móvel : Lab. Móvel



- Manifestamos o interesse de colocar estações de medidas nos caminhões, realizar atividades etc.
- Proposta em preparação

COMENTÁRIOS FINAIS

- Protótipo funcional
- Segunda interação do detector em desenvolvimento
- Infra-estrutura em implementação
- Escolas de ensino médio participando
- Projeto pedagógico em preparação
- Novos colaboradores são bem vindos !

Suporte



<https://raioscosmicos.gitlab.io>

Raios C3smicos nas Escolas

Uma rede de colabora33o cientifica entre escola e universidade

Como Funciona
Como funciona o detector de raios c3smicos ?

Monitoramento
Clique aqui para ver como seu detector est3 operando

An3lise
Acesse o ambiente de programa33o para an3lise de dados

Por que estudar os raios c3smicos?

Raios C3smicos est3o em todo lugar!

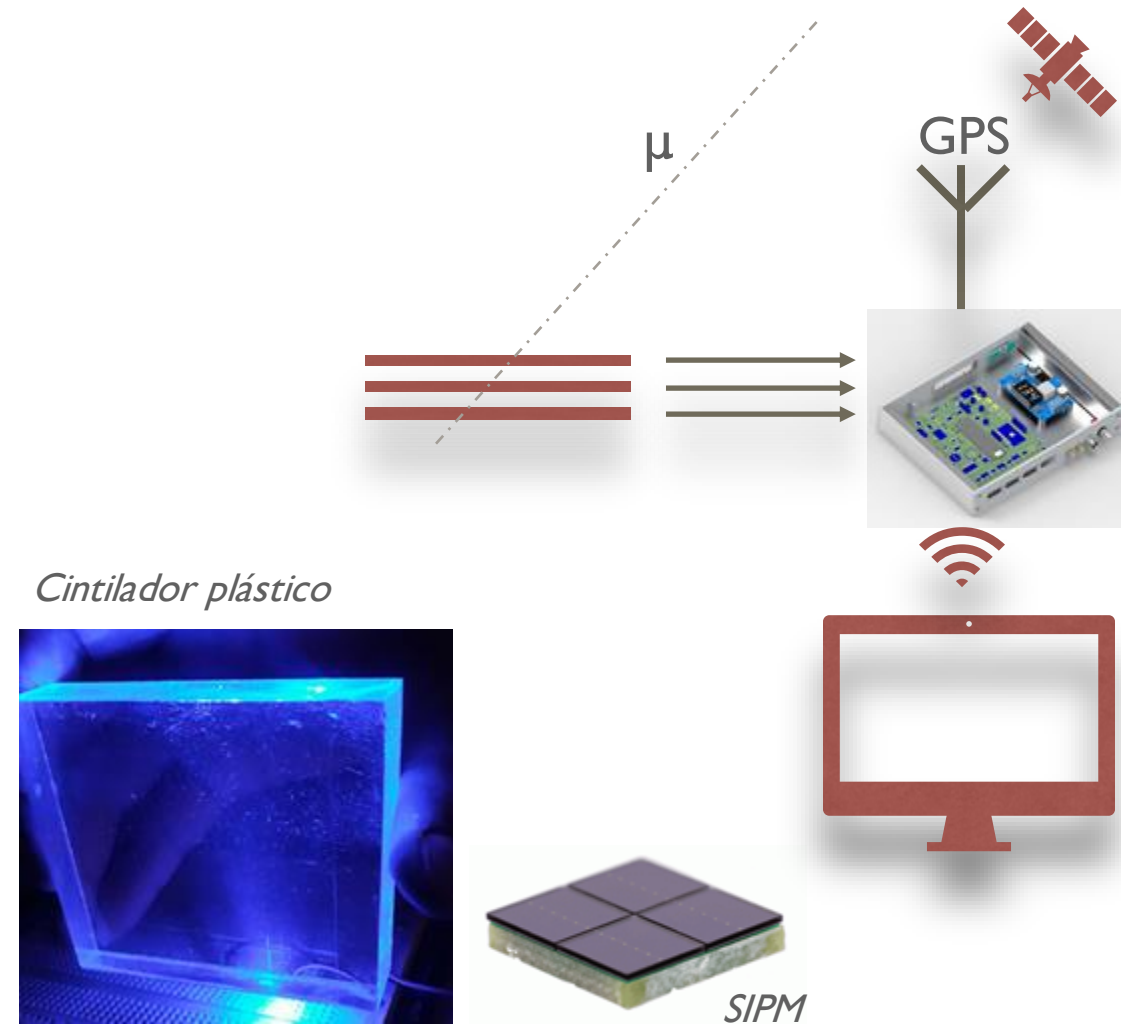
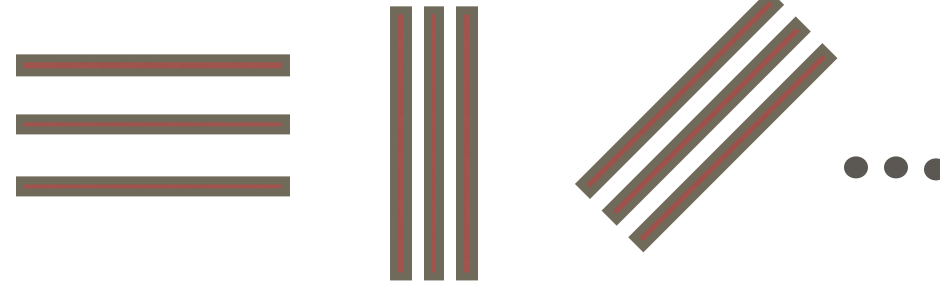
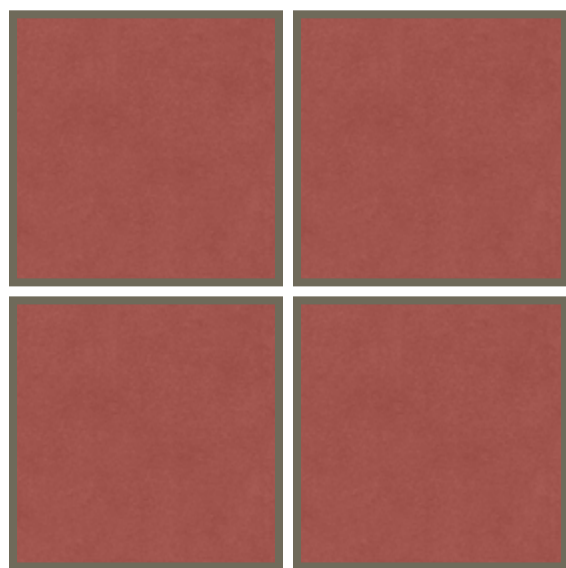
Em cada metro quadrado, a cada segundo, centenas destas part3culas c3smicas de altas energias nos alcan3am. O que as medidas destas part3culas t3m a nos ensinar sobre processos que ocorrem em nossa gal3xia ou at3 mesmo em gal3xias distantes? Como os raios c3smicos afetam a nossa vida na Terra?

BACKUP

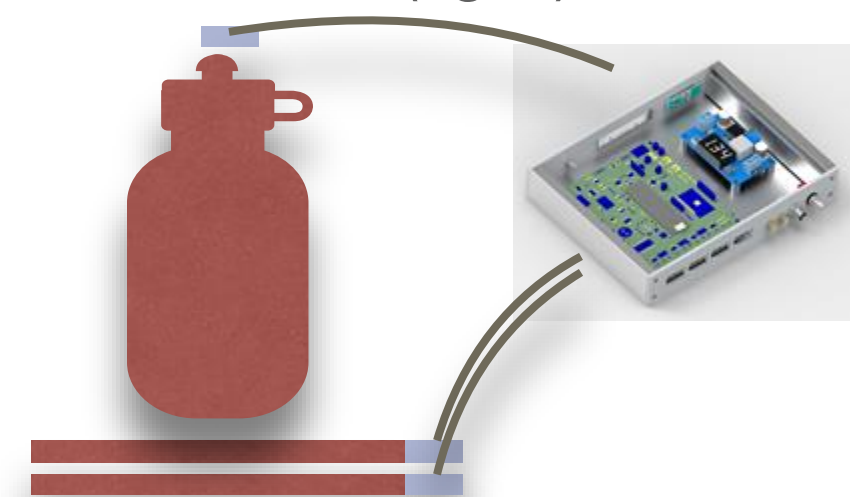
CARACTERÍSTICAS DO DETECTOR

- Até 8 detectores por estação
- Sistemas de aquisição de dados conectado à internet (WiFi)
- Controle remoto
- Sincronismo “preciso” para correlação temporal
- Condições de operação (T, P, orientação ...)
- Teste/calibração

Flexível (orientação dos planos, outros processos de detecção ...)



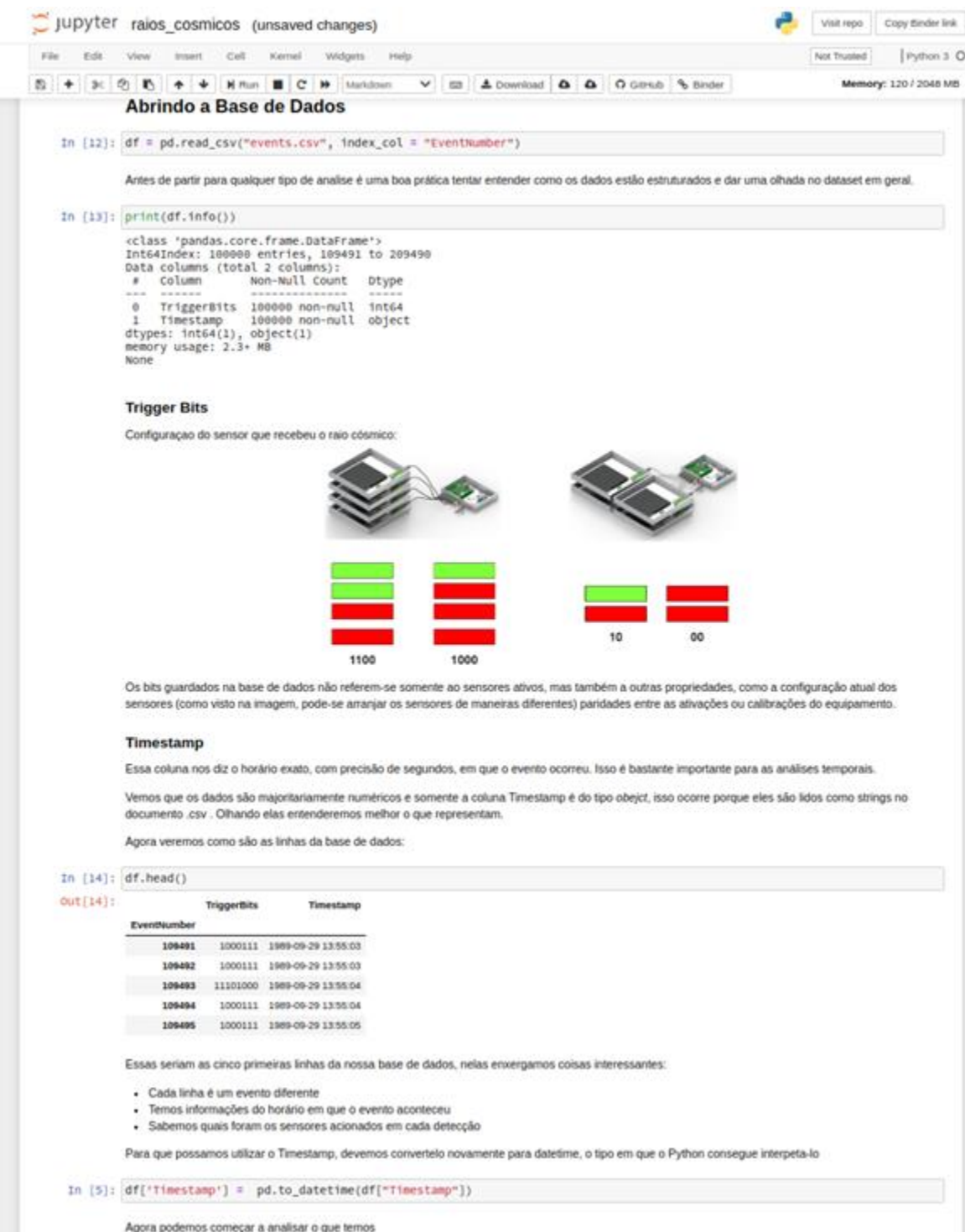
Cherenkov (água)



Acesso à informação

- Disponibilidade do material didático/atividades/roteiros
 - Interativo
 - Processamento remoto
 - Jupyter hubs

- Documentação
 - Porta de entrada do projeto
 - Deve ser bom, bonito e barato ...
 - Infra-estrutura colaborativa



Abrindo a Base de Dados

```
In [12]: df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

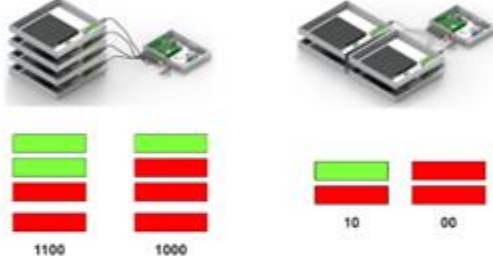
Antes de partir para qualquer tipo de análise é uma boa prática tentar entender como os dados estão estruturados e dar uma olhada no dataset em geral.

```
In [13]: print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
 #   Column      Non-Null Count  Dtype
---  ---
 0   TriggerBits 100000 non-null int64
 1   Timestamp   100000 non-null object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

Trigger Bits

Configuração do sensor que recebeu o raio cósmico:



Os bits guardados na base de dados não referem-se somente ao sensores ativos, mas também a outras propriedades, como a configuração atual dos sensores (como visto na imagem, pode-se arranjar os sensores de maneiras diferentes) paridades entre as ativações ou calibrações do equipamento.

Timestamp

Essa coluna nos diz o horário exato, com precisão de segundos, em que o evento ocorreu. Isso é bastante importante para as análises temporais.

Vemos que os dados são majoritariamente numéricos e somente a coluna Timestamp é do tipo object, isso ocorre porque eles são lidos como strings no documento .csv. Olhando elas entenderemos melhor o que representam.

Agora veremos como são as linhas da base de dados:

```
In [14]: df.head()
```

```
Out[14]:
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

Essas seriam as cinco primeiras linhas da nossa base de dados, nelas enxergamos coisas interessantes:

- Cada linha é um evento diferente
- Temos informações do horário em que o evento aconteceu
- Sabemos quais foram os sensores acionados em cada detecção

Para que possamos utilizar o Timestamp, devemos convertê-lo novamente para datetime, o tipo em que o Python consegue interpretá-lo

```
In [5]: df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

Agora podemos começar a analisar o que temos



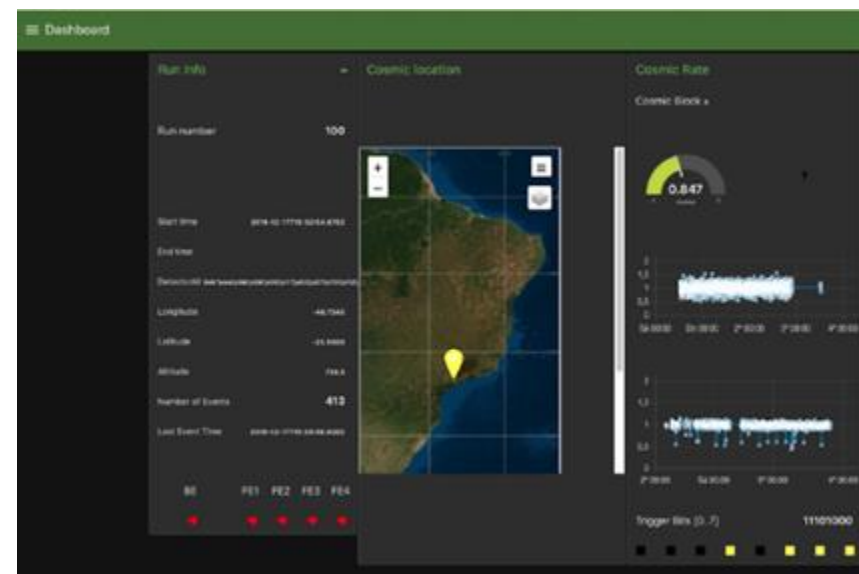
Raios Cósmicos nas Escolas
Instalação de detectores de raios cósmicos nas escolas

Porque detectar raios cósmicos?

Raios Cósmicos estão em todo lugar!
A todo instante somos atravessados por partículas de alta energia que vem do espaço. O que podemos aprender com elas sobre física das partículas elementares? Será que elas afetam a vida na terra? E o clima?

<https://raioscosmicos.gitlab.io/>

- Monitoramento




Dashboard

Run Info

- Run number: 100
- Start time: 2018-02-17 16:30:44.612
- End time: 2018-02-17 16:30:44.612
- Detection of the trigger bit pattern: 1000111
- Longitude: -44.746
- Latitude: -15.899
- Altitude: 788.4
- Number of Events: 413
- Last Event Time: 2018-02-17 16:30:44.612

Cosmic location



Cosmic Rate

Cosmic Rate: 0.547

Trigger Bits (0-7): 11101000