



laboratório de partículas elementares  
Universidade Federal do Rio de Janeiro



# Instrumentação do detector de vértices do LHCb

no Laboratório de Física de Partículas LAPE-UFRJ

Irina Nasteva

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Workshop RENAF AE 2021  
Online, 12 Julho 2021



- [Laboratório de Física de Partículas](#) do IF-UFRJ participa do LHCb desde 1998.
- No VELO (Vertex Locator) do LHCb desde 2002.
- No VELO Upgrade desde 2008.
- Membro oficial do VELO+Upgrade desde 2014.
- Pessoas atuais e recentes:

**Professores:** Kazu Akiba (VELO Deputy Project Leader), Erica Polycarpo, Fernando Rodrigues, Irina Nasteva, Juan Otalora, Miriam Gandelman, Leandro de Paula

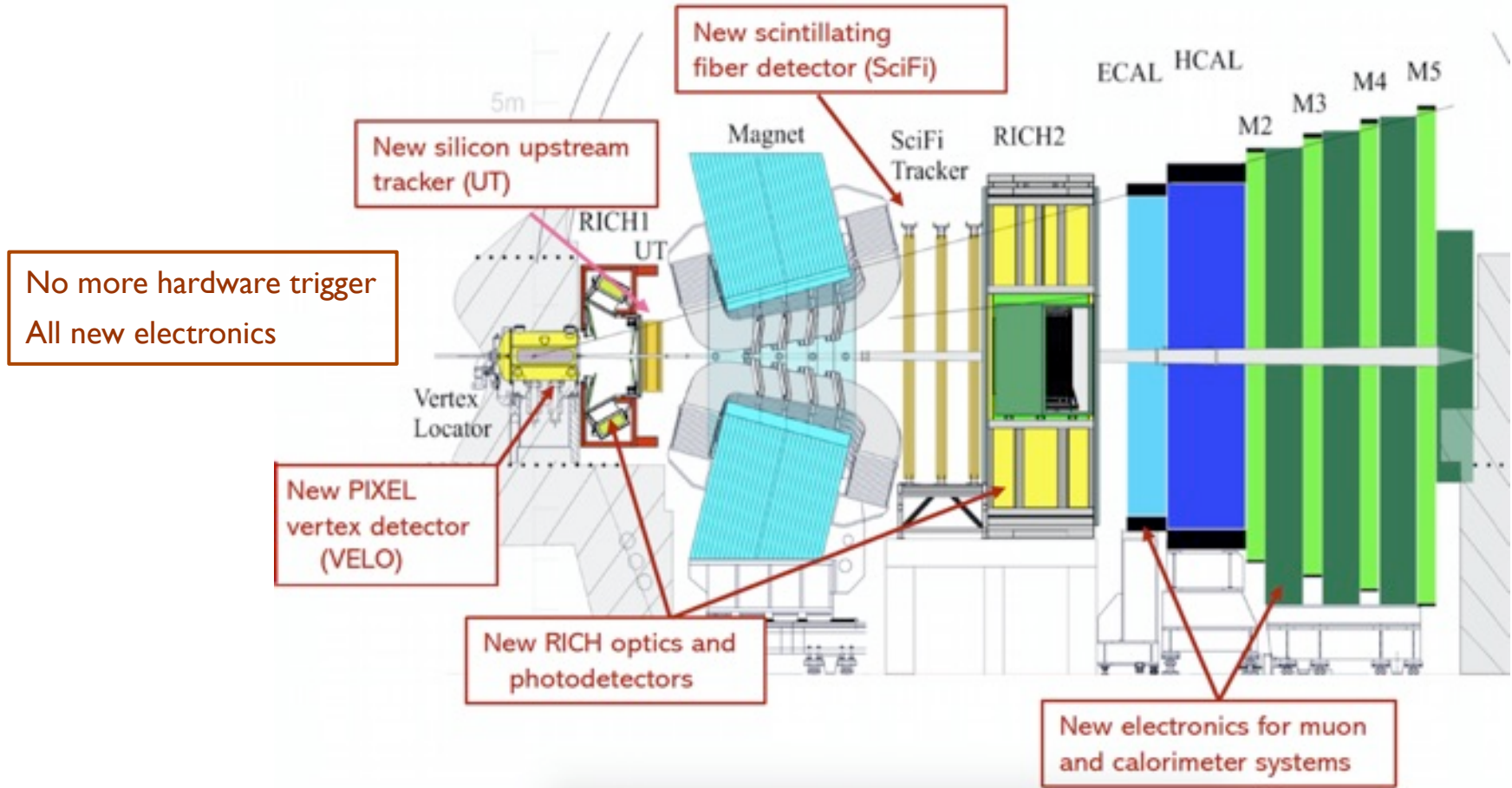
**Pós-doc:** Oscar Augusto

**Mestrado:** Gabriel Rodrigues, Marcos Vieira

**IC:** Julia Spiegel, Larissa Mendes, Lucas Meyer, Salazar Travancas

## Upgrade I: instalação em progresso

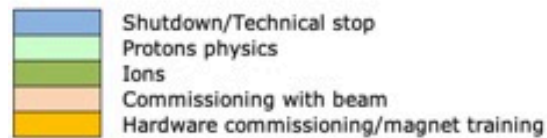
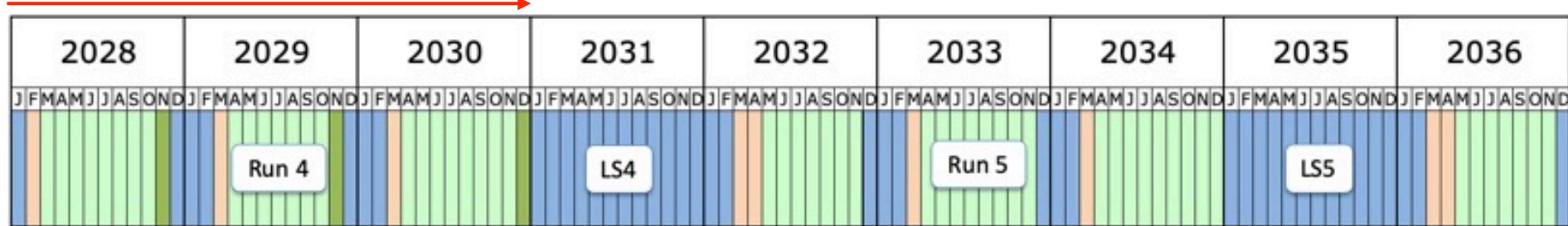
CERN-LHCC-2011-001



Almost a new detector for increased luminosity and readout rate



Upgrade 1 →



## Upgrade I: instalação em progresso

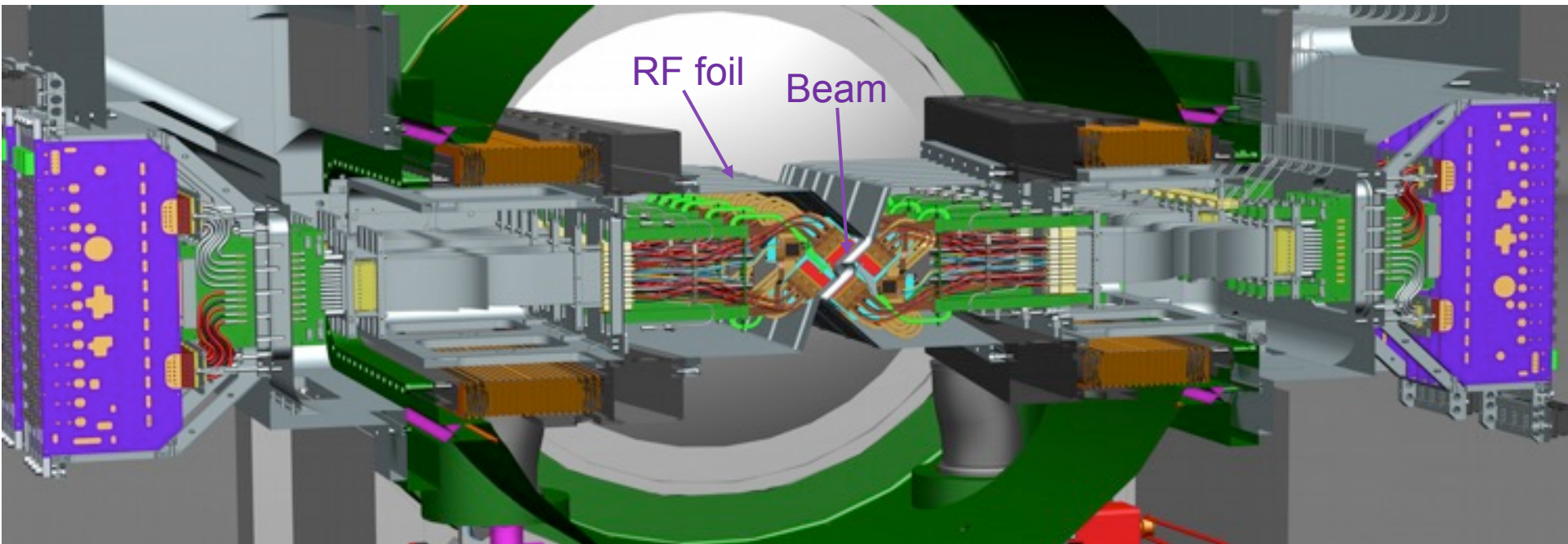
- Aumento na luminosidade por um fator de 5.
- Aumento no número de interações visíveis de 1 a 5 (Runs 3, 4).
- Remoção do trigger de hardware → leitura do detector a 40 MHz.
- Aumento na granularidade dos detectores.
- Esperam-se **23 fb<sup>-1</sup>** de dados até 2024 e **50 fb<sup>-1</sup>** até 2030.





Novo detector e eletrônica:

- De micro tiras a sensores de pixel de silício.
- Tolerante à radiação até  $10^{16}$  n<sub>eq</sub>/cm<sup>2</sup>.
- Nova eletrônica front-end chip Velopix, leitura a 40 MHz.
- Taxa de dados de 1.6 Tbit/s.
- Resfriamento com microcanais no substrato (temperatura de  $-8$  °C a  $-25$  °C ).
- Grande diminuição na espessura do RF foil ( $250$  μm).



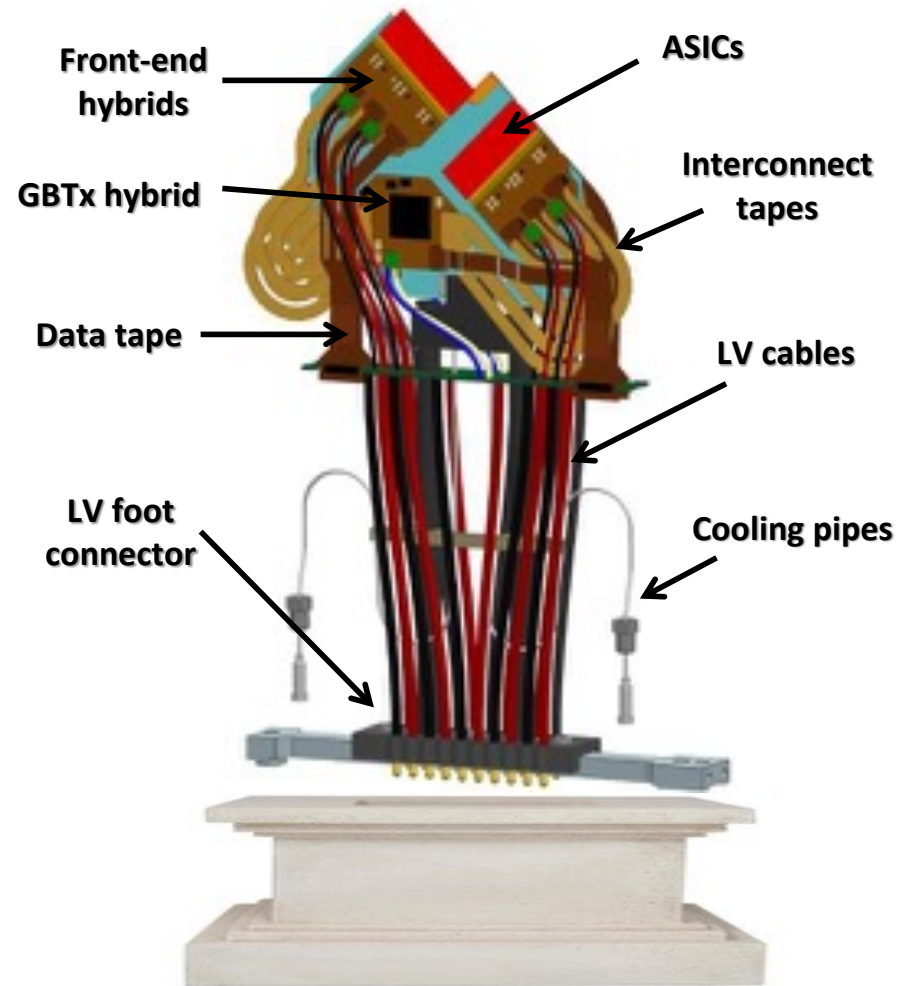
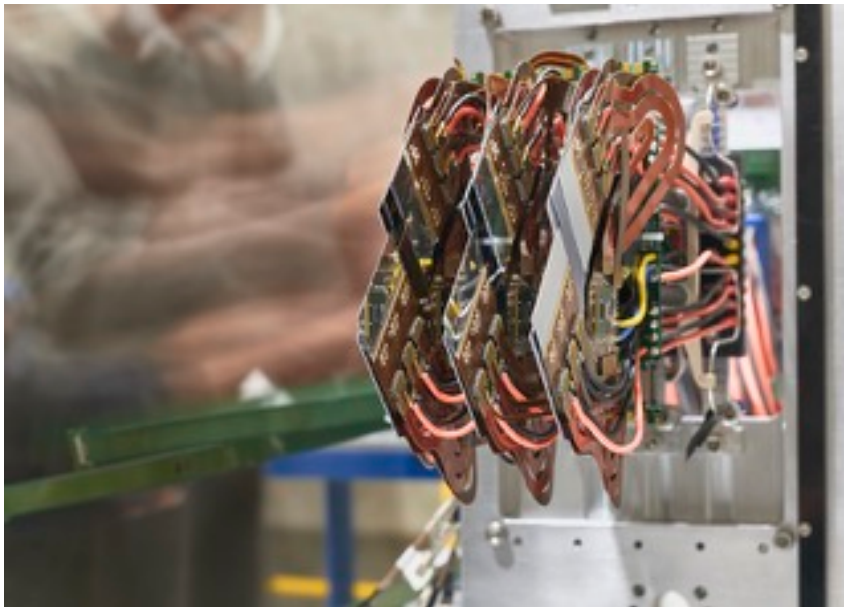
# VELO upgrade I



CERN-LHCC-2013-021

Novo módulo do VELO:

- 4 sensores por módulo, com 3 Velopix ASICs cada, de 256x256 pixels.
- Pixel 55x55  $\mu\text{m}^2$ , espessura 200  $\mu\text{m}$ .
- 5.1 mm aproximação do feixe, quando fechado.
- Microcanais para circulação do  $\text{CO}_2$ .



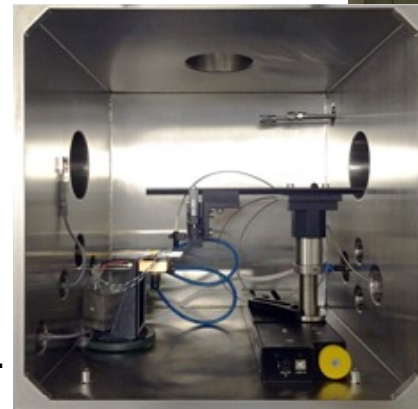


O LAPE tem participado desde o início:

- Operações do VELO anterior.
- Desenvolvimento de sensores e eletrônica Velopix.
- Estudos com feixe (test beam).
- Câmara de testes de detectores na UFRJ (vácuo, resfriamento, aquisição de dados).
- Telescópio brasileiro COMBAT.

Atividades recentes/atuais:

- Projeto para Interlock box do VELO.
- Espectros de fótons para radioterapia.
- Estudos de danos de radiação.
- Estudos temporais do Velopix.
- Comissionamento do VELO Upgrade.
  - Bancadas de testes no CERN.
  - Calibração.
  - Monitoramento.



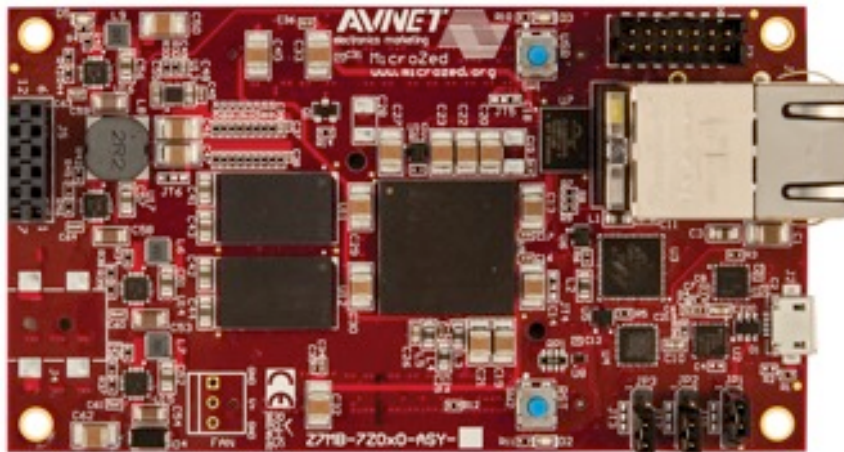


# Interlock box

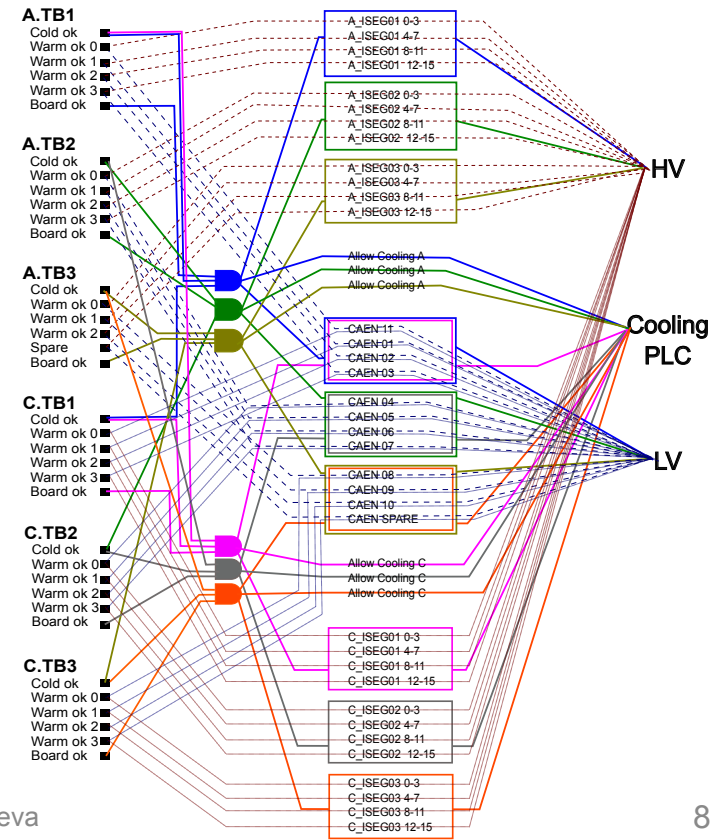


G. Rodrigues, F. Rodrigues,  
J. Otalora, I. Nasteva, K. Akiba

- Dispositivo de intertravamento elétrico que protege o VELO contra falhas.
- Baseado em sinais de temperatura, vácuo, resfriamento, feixe.
- Controle sobre HV, LV, resfriamento e fechamento das metades do VELO.
- Nova implementação da lógica em FPGA, comunicação em DIM.
- Validado com emulação de sinais por FPGA.



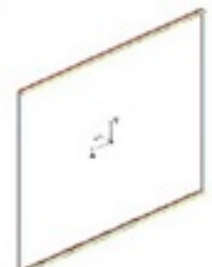
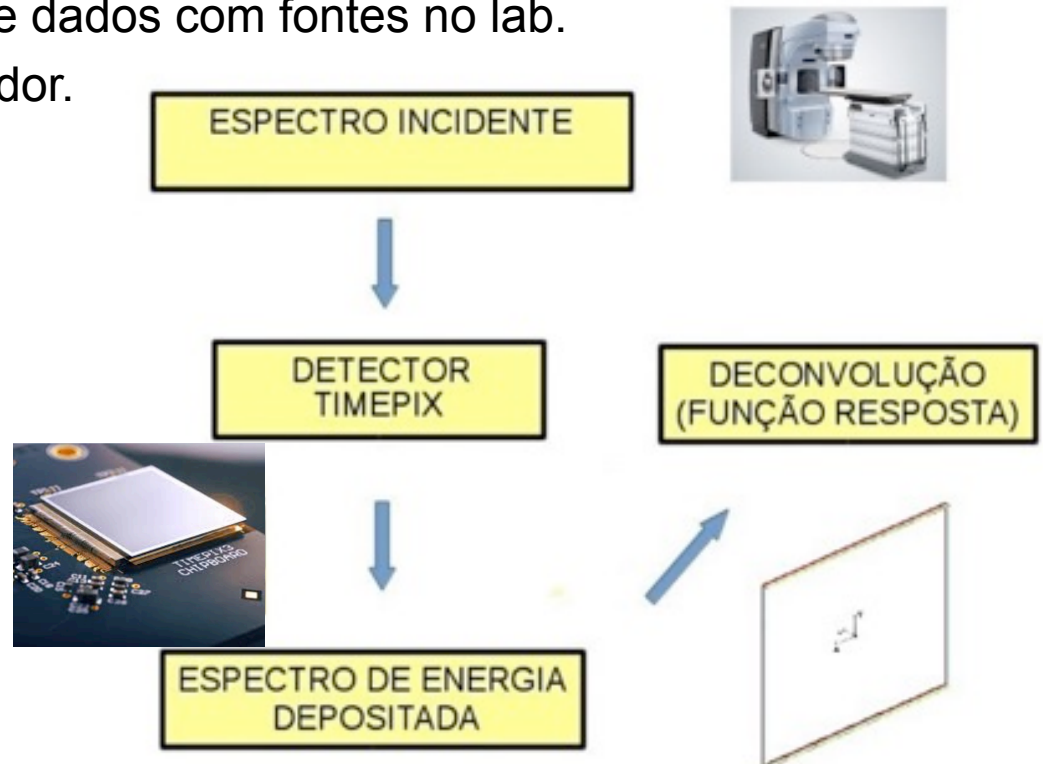
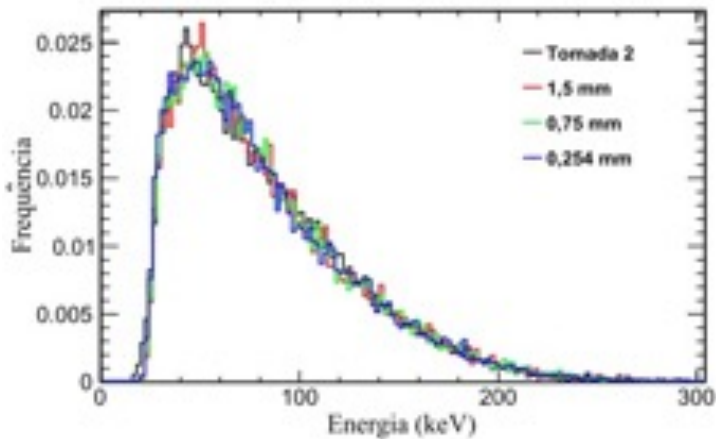
Microzed – Zynq 7000





M. Vieira, E. Polycarpo, F. Marinho

- Estudo da viabilidade de se usar um detector Timepix-3 para determinar o espectro de fótons de aceleradores clínicos, para radioterapia.
- Desconvolução do espectro a partir da matriz resposta determinada com simulação.
- Validação do método com MC e dados com fontes no lab.
- Perspectivas: teste em acelerador.

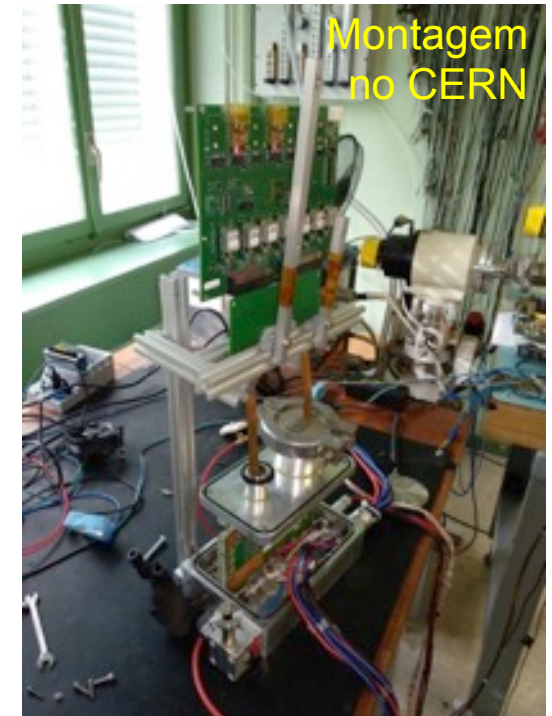
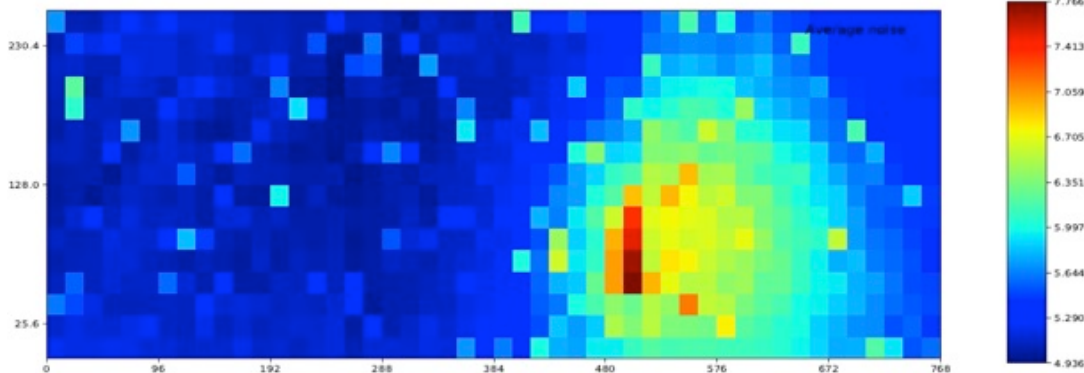
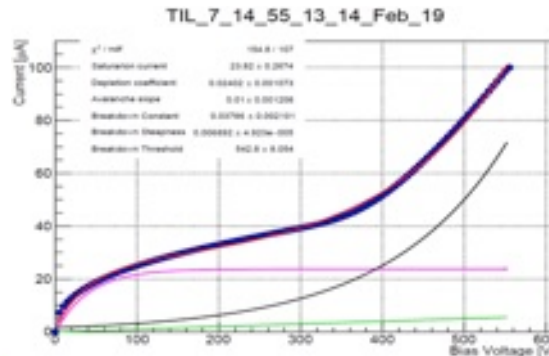






- Estudo dos danos de radiação de um sensor Velopix irradiado no CERN.
- Viabilidade de monitorar a fluência a partir do ruído e da corrente de fuga para diferentes temperaturas de operação.
- Validação do método de análise: limitado pela medida de temperatura.
- Perspectivas: novo método de medição da temperatura sem contato na câmara de testes no LAPE.

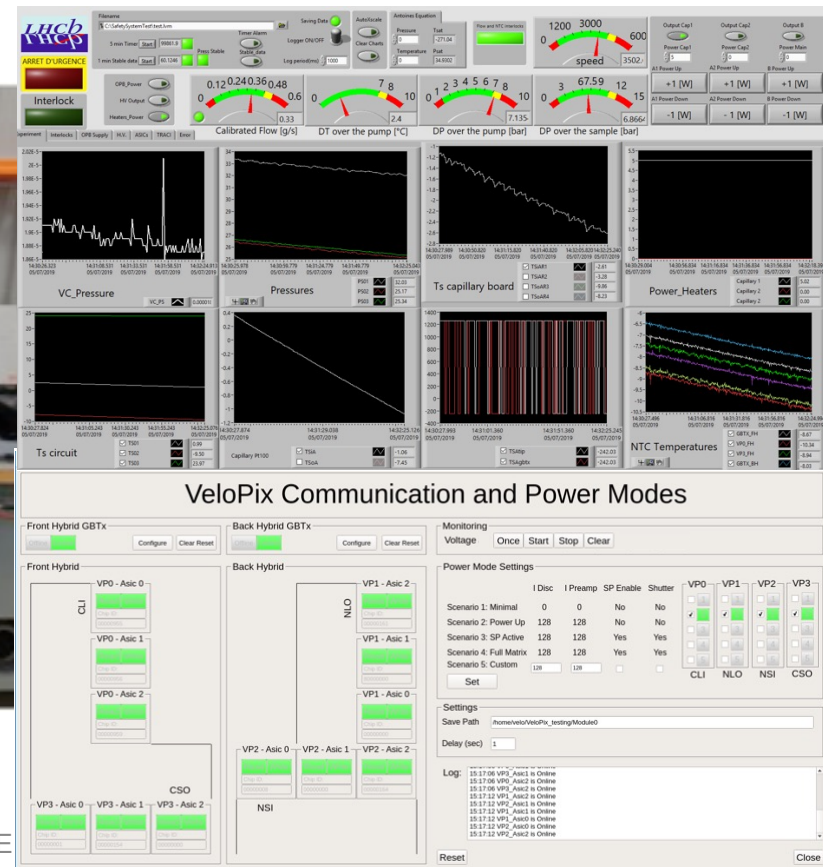
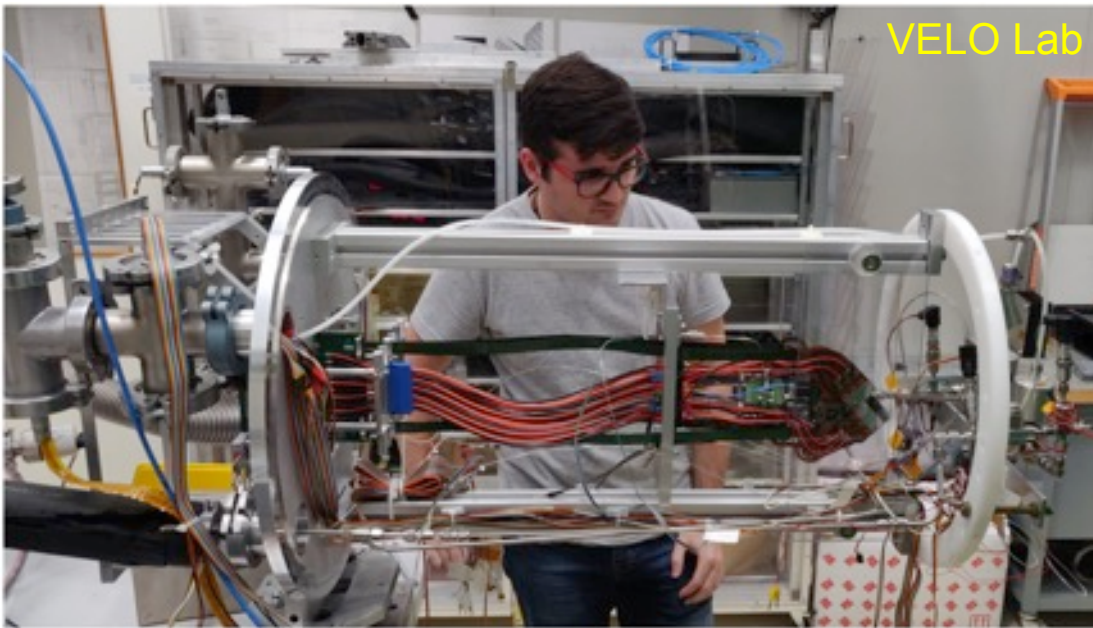
Fluências até  $8 \cdot 10^{15} n_{eq}/cm^2$



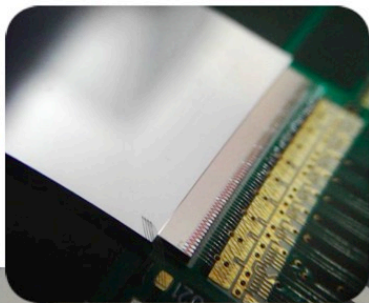


L. Mendes, L. Meyer, S. Travancas  
O. Augusto

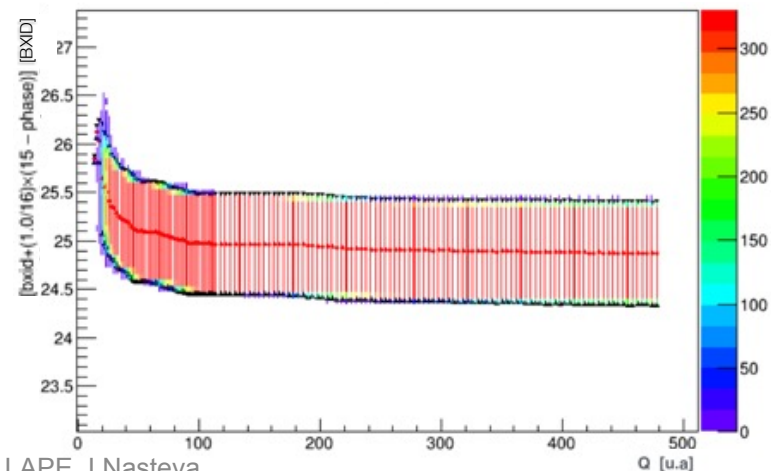
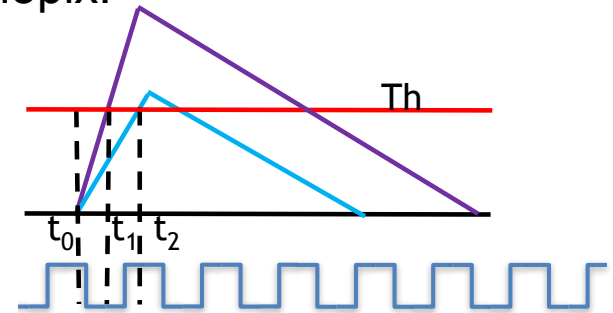
- Bancadas de testes de protótipos no CERN VELO Lab.
- Desenvolvimento de aquisição, controle, calibração, interlock e testes para os módulos do VELO.
- Desenvolvimento de algoritmos e painéis de monitoramento em WinCC OA.



- Estudo da diferença temporal entre sinais de diferentes amplitudes (timewalk).
- Afeta a identificação da colisão de origem (BXID).
- Montagem no LAPE com Velopix e aquisição com SPIDR (FPGA).
- Perspectivas no comissionamento do VELO: desenvolver uma receita de calibração e otimização dos DACs analógicos do Velopix.



Setup do Velopix no LAPE





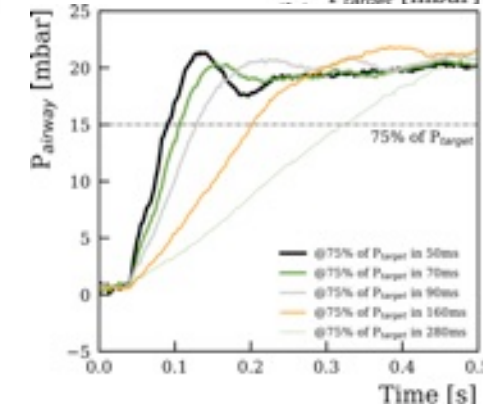
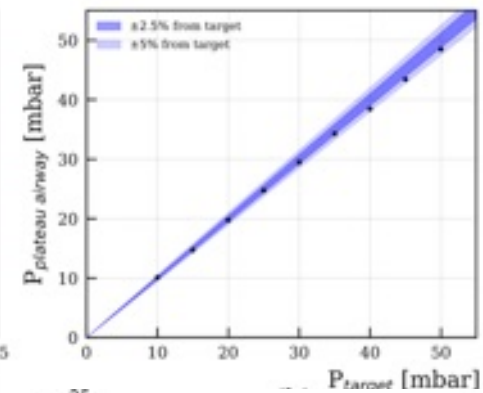
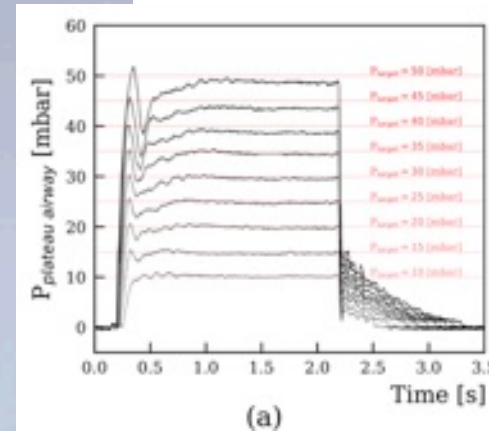
# Ventilador pulmonar HEV



O. Augusto, I. Nasteva, K. Akiba

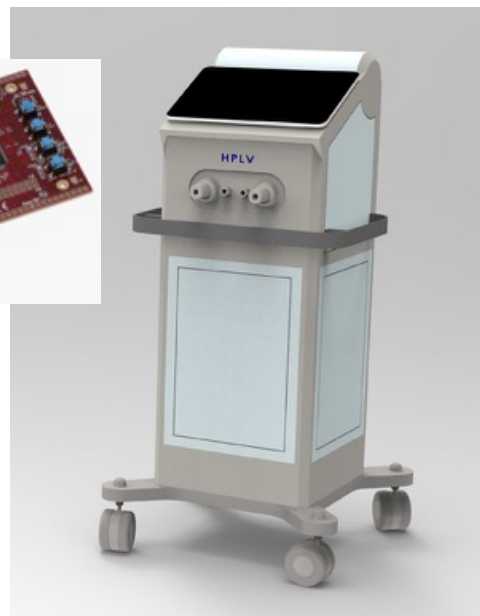
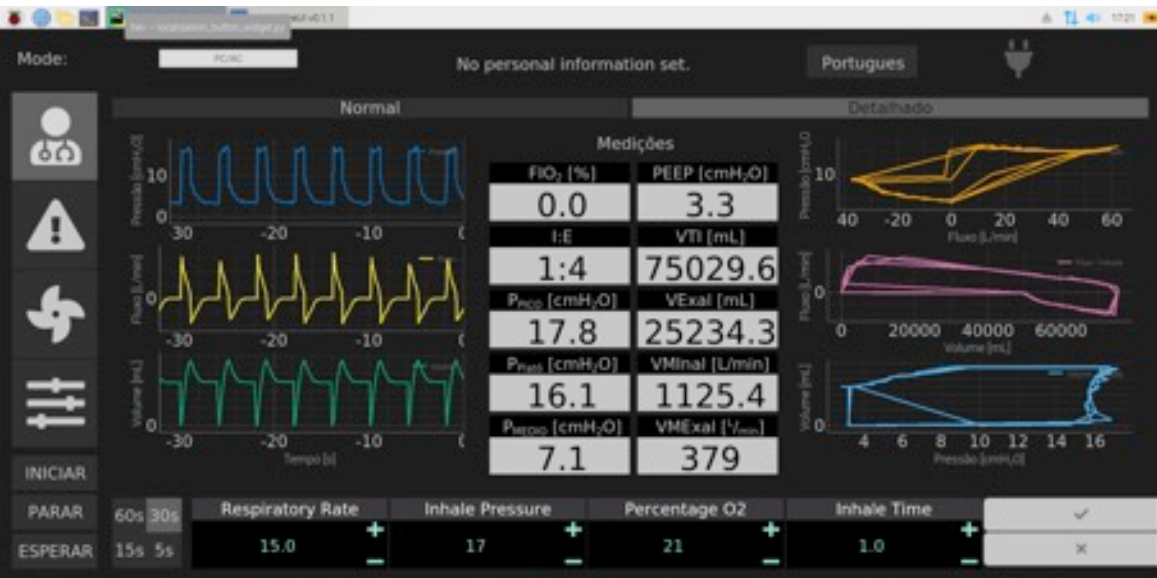
- Projeto de ventilador pulmonar surgiu no VELO em março de 2020.
- **High Energy physics Ventilator**: ventilador de baixo custo, baixo consumo de energia e alta qualidade para uso em UTI.
- Resultados dos protótipos são compatíveis com dispositivos comerciais.

<https://arxiv.org/pdf/2007.12012>





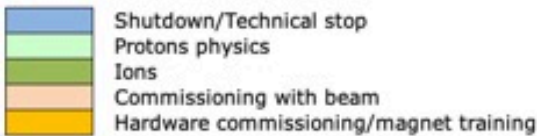
- **High Performance Low-cost Ventilator:** impulsiona a implementação prática do HEV, com foco em países de baixa e média renda (Brasil).
- Financiamento UKRI GCRF/Newton Fund, chamada para COVID-19.
- Colaboração: STFC, UFRJ, UoL, UoB, MD-TEC, CERN.
  - WP1 responsabilidade da UFRJ: implementação no país alvo.
  - Trabalho interdisciplinar: física, eng. biomédica, eng. mecânica, fisioterapia.
  - Desenvolvimento e testes de um protótipo até setembro 2021.





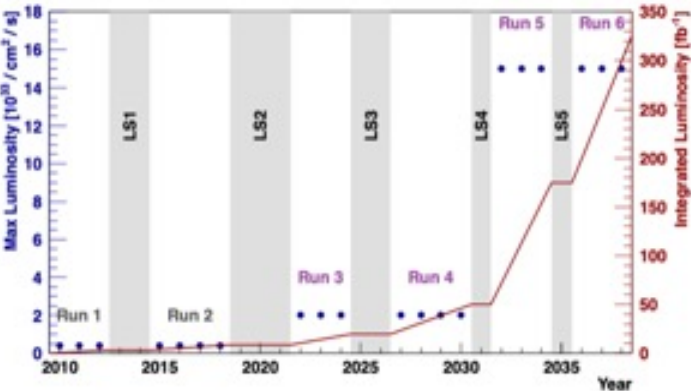


Upgrade 2 →



## Upgrade II: início das investigações

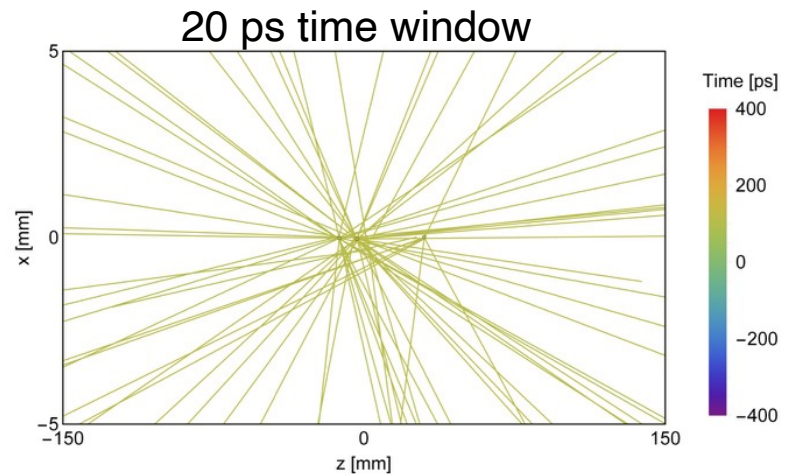
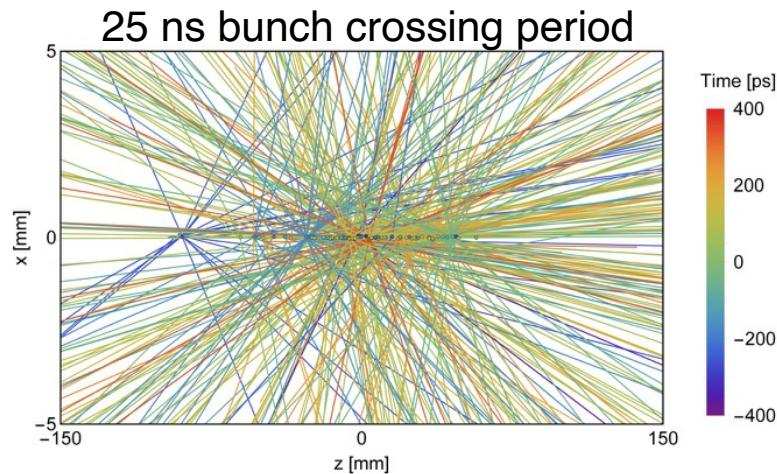
- Luminosidade instantânea 10x maior que no Upgrade I.
- Aumento no número de interações visíveis de 5 a 50 nos Runs 5 e 6.
- Objetivo é coletar  $>300 \text{ fb}^{-1}$  na era de Hi Lumi LHC.
- Medidas de tempo dos subdetectores cruciais.



Grandes desafios experimentais para o futuro detector de vértices:

- Alta multiplicidade e densidade dos traços.
- Altas taxas dos dados.
- Aumento nos danos de radiação.
- Precisa manter a performance e resolução espacial.

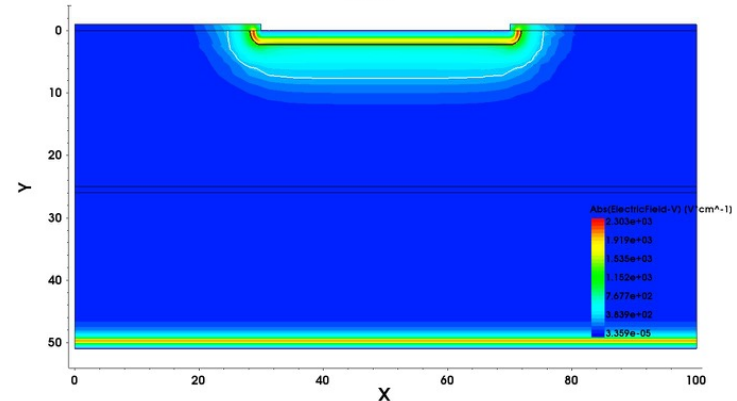
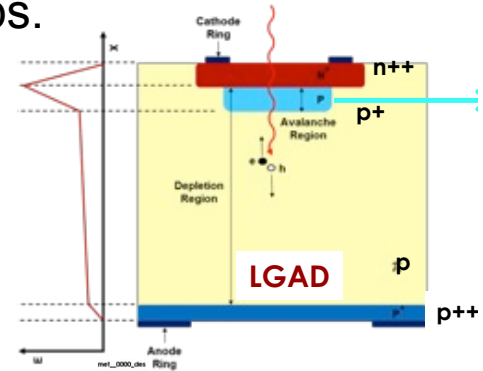
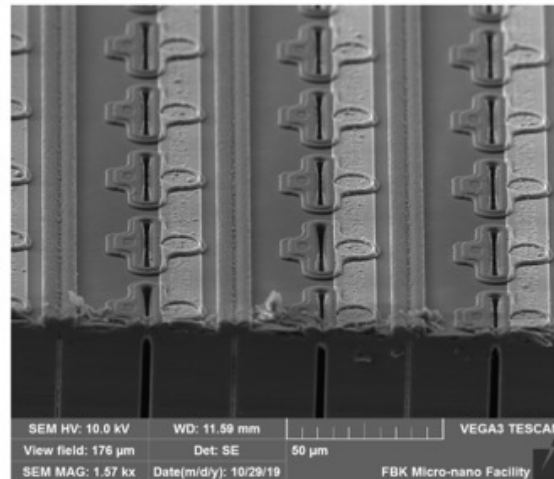
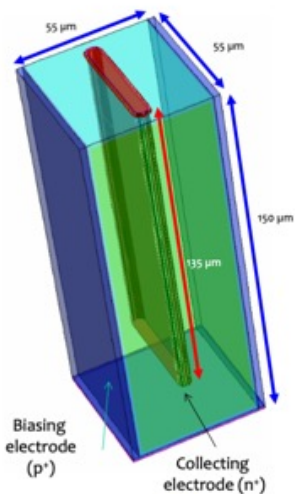
=> Incluir **medidas precisas do tempo** (~30 ps resolução)





Busca por novas tecnologias de sensores de silício e chips de leitura:

- Timepix-4 tem resolução de 200 ps.
- Sensores 3D TimeSpot (50 ps); sensores planos finos.
- Low-Gain Avalanche Detector (LGAD) pode chegar a 20 ps.
- Cenários: 4D VELO com a mesma geometria, ou afastar do ponto da colisão.



J. Spiegel, simulação de LGAD

<https://web.infn.it/timespot/>



- O LAPE tem um longo histórico de instrumentação em detectores de silício.
- Atuação no Upgrade I do VELO do LHCb e aplicações.
- Financiamentos de projetos: RENAFAE (FINEP-1, FINEP-2), CNPq (Prof. Visitante Especial, 5 Universal), FAPERJ (Pensa Rio, APQ1, ARC).
- O plano para o futuro é fortalecer a instrumentação no LAPE e a pesquisa de sensores rápidos para o Upgrade II do VELO.

