

Z BOSON

Z



The **Z BOSON** is a very massive carrier particle for the weak force. Unlike its siblings the W^-/W^+ particles, the Z is neutrally charged. Living only 10^{-25} second, the Z quickly decays into other particles.

Discovered in 1983, the Z has allowed physicists to further study electroweak theory.

Wool felt with gravel fill for maximum mass.

●●●●●●●●●●●●●●○
LIGHT HEAVY

GLUON PHOTON NEUTRINO TACHYON ELECTRON UP QUARK DOWN QUARK TAU NEUTRINO MUON UP QUARK
NEUTRON DOWN QUARK TAU GLUON **Z BOSON** NEUTRINO TACHYON ELECTRON UP QUARK DOWN QUARK
NEUTRINO MUON UP QUARK PROTON NEUTRON DOWN QUARK TAU GLUON PHOTON NEUTRINO TACHYON
UP QUARK DOWN QUARK TAU NEUTRINO MUON UP QUARK PROTON NEUTRON DOWN QUARK TAU GLUON
NEUTRON DOWN QUARK TAU GLUON PHOTON NEUTRINO TACHYON ELECTRON UP QUARK DOWN QUARK TAU NEU
UP QUARK PROTON NEUTRON DOWN QUARK TAU GLUON PHOTON NEUTRINO TACHYON ELECTRON UP

The **PARTICLE ZOO**

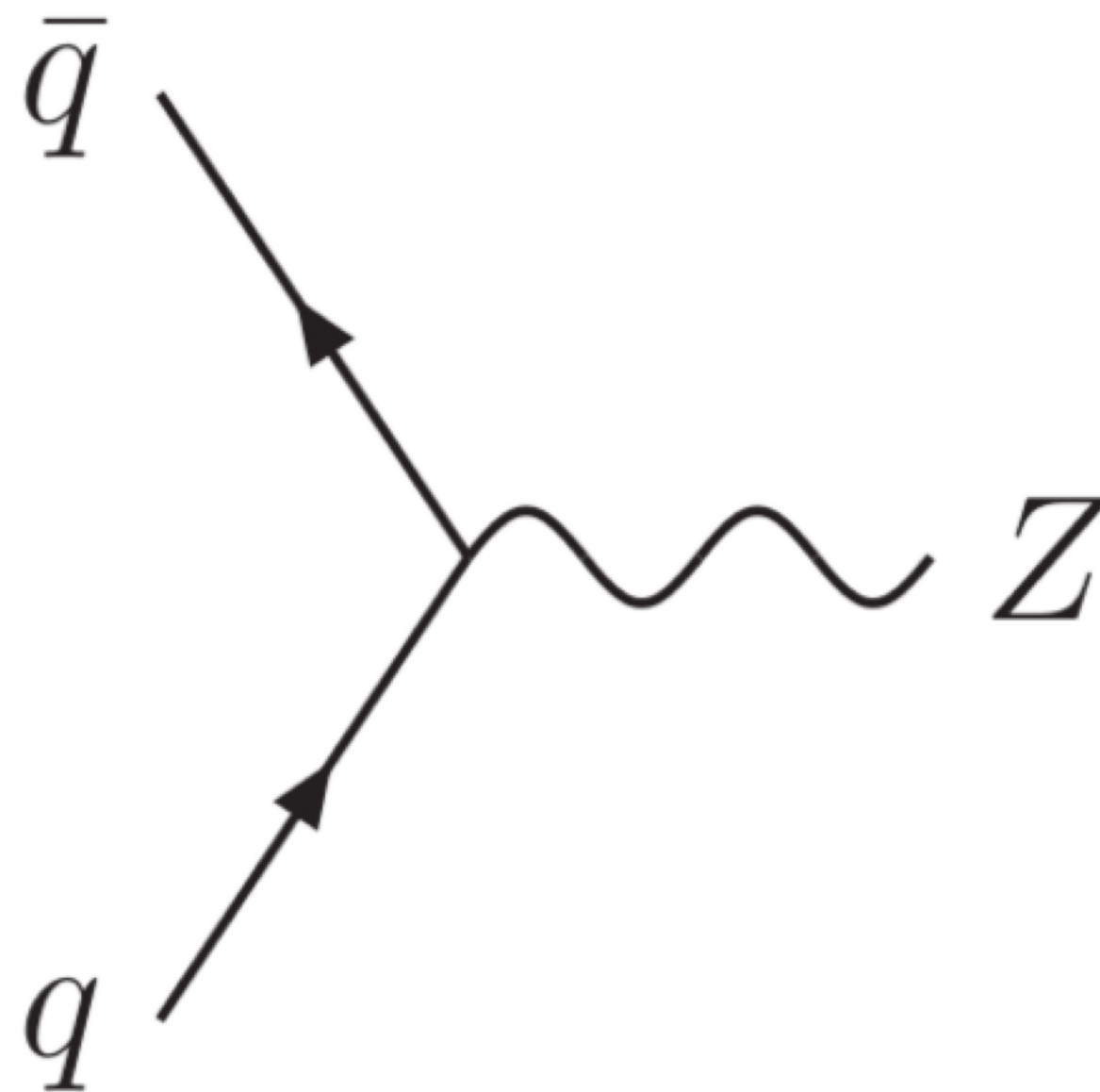
Caminho
do

Z

Exercício: o caminho do Z

A partículas mediadoras (de troca) responsáveis pela interacção fraca são os **bosões W^+ , W^- e Z^0**

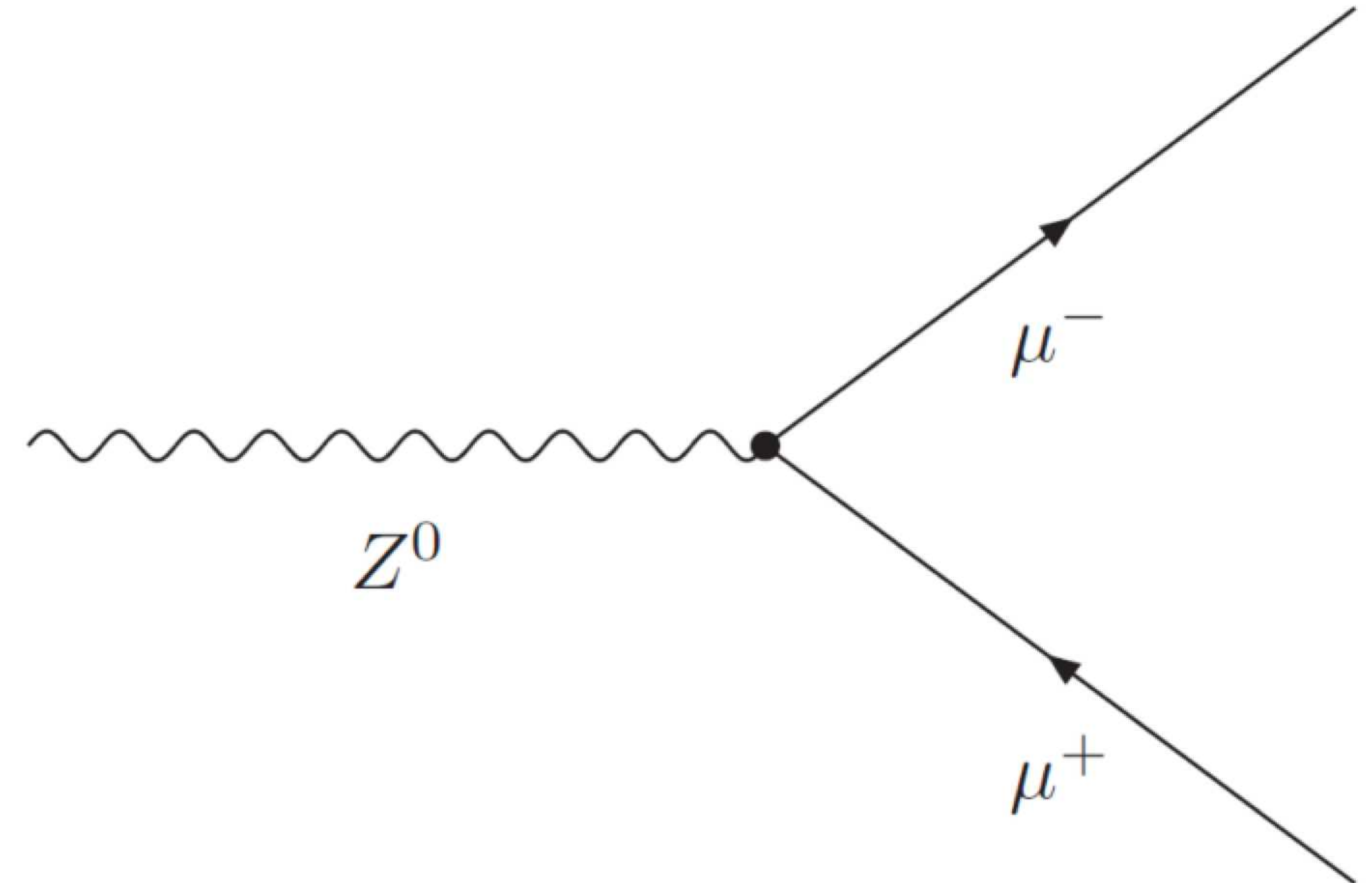
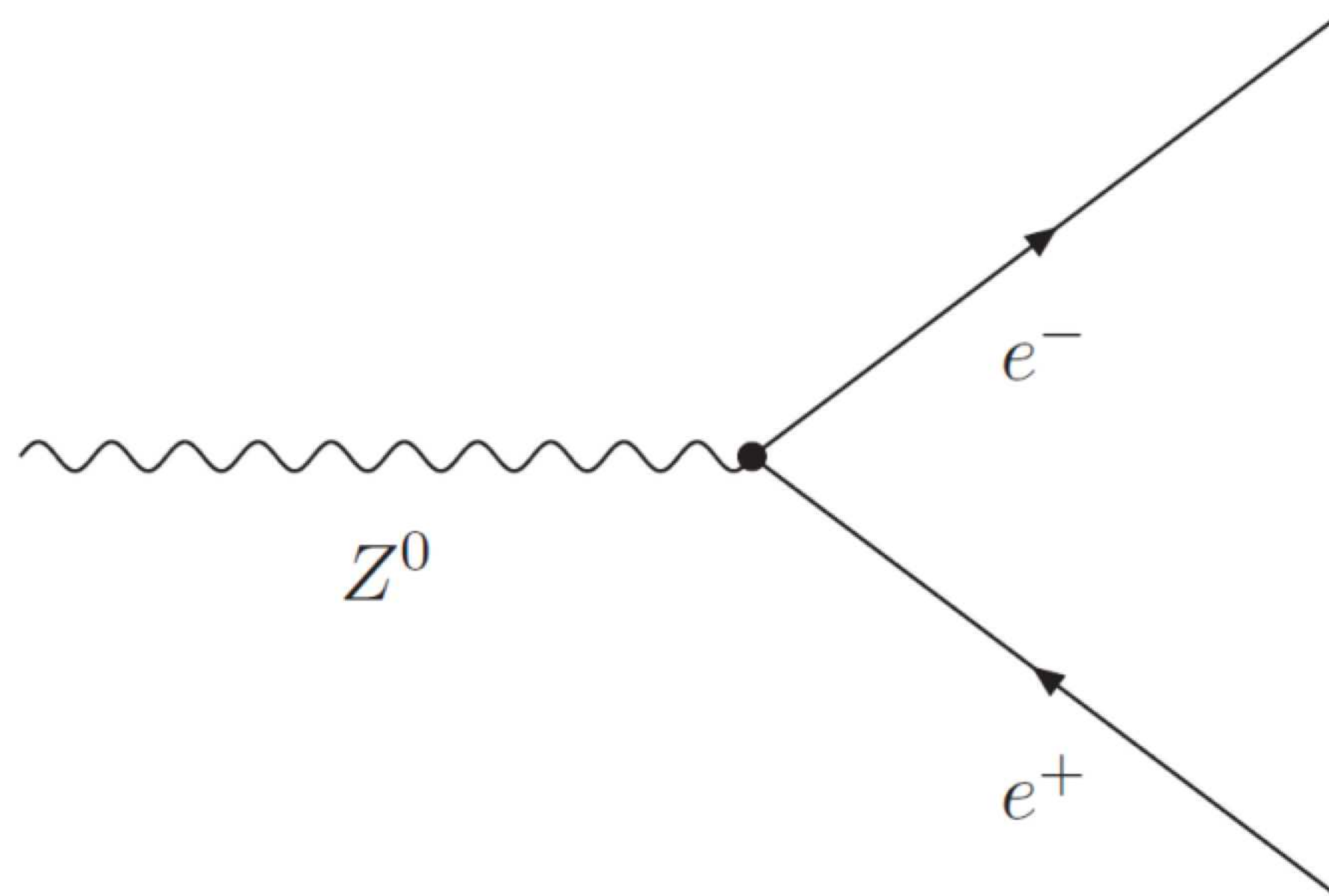
Os bosões Z podem ser produzidos nas colisões protão-protão no LHC



A partícula Z é pesada ($91,2 \text{ GeV}/c^2$) e decai imediatamente após a sua produção

Em 70% dos casos decai para **quarks**, que aparecem como jactos no detector, em 20% dos casos decai para **neutrinos** e em 10% dos casos decai para **leptões** carregados

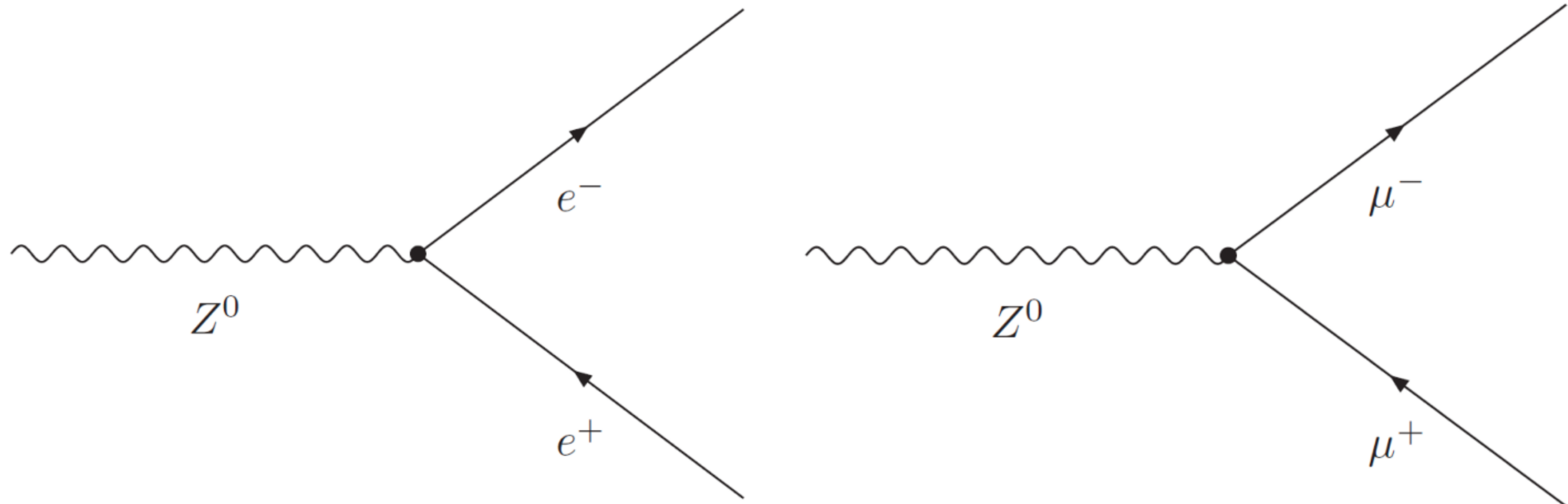
Neste exercício procuramos apenas decaimentos de Z em pares de **electrões** e **positrões** ou **muões** e **antimuões**:



A partícula Z é pesada ($91,2 \text{ GeV}/c^2$) e decai imediatamente após a sua produção

Em 70% dos casos decai para **quarks**, que aparecem como jactos no detector, em 20% dos casos decai para **neutrinos** e em 10% dos casos decai para **leptões** carregados

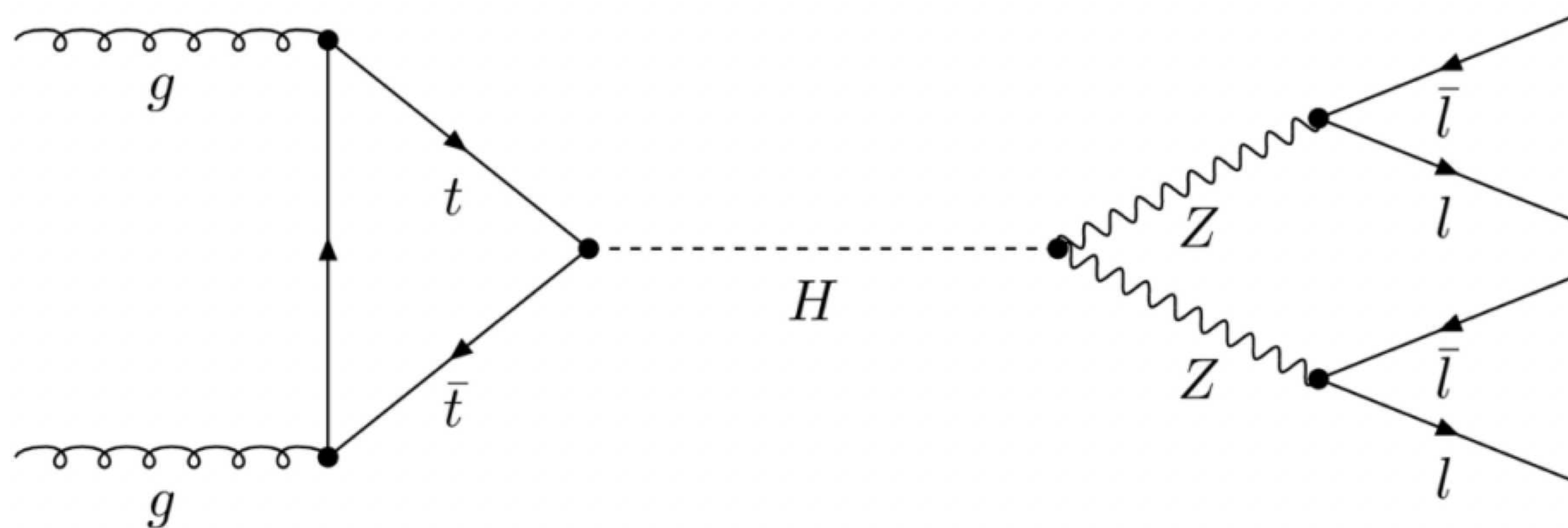
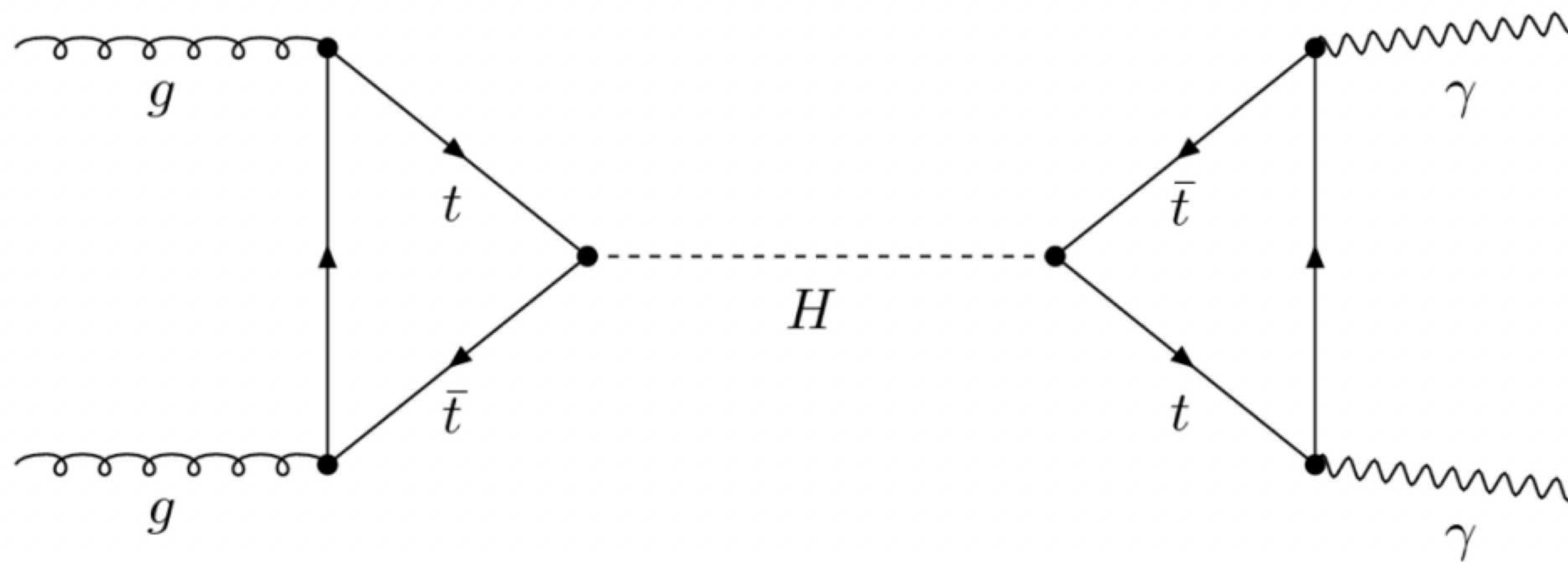
Neste exercício procuramos apenas decaimentos de Z em pares de **electrões** e **positrões** ou **muões** e **antimuões**:



As partículas J/Ψ e Υ , que são mais leves que o Z, também decaem para pares de leptões!

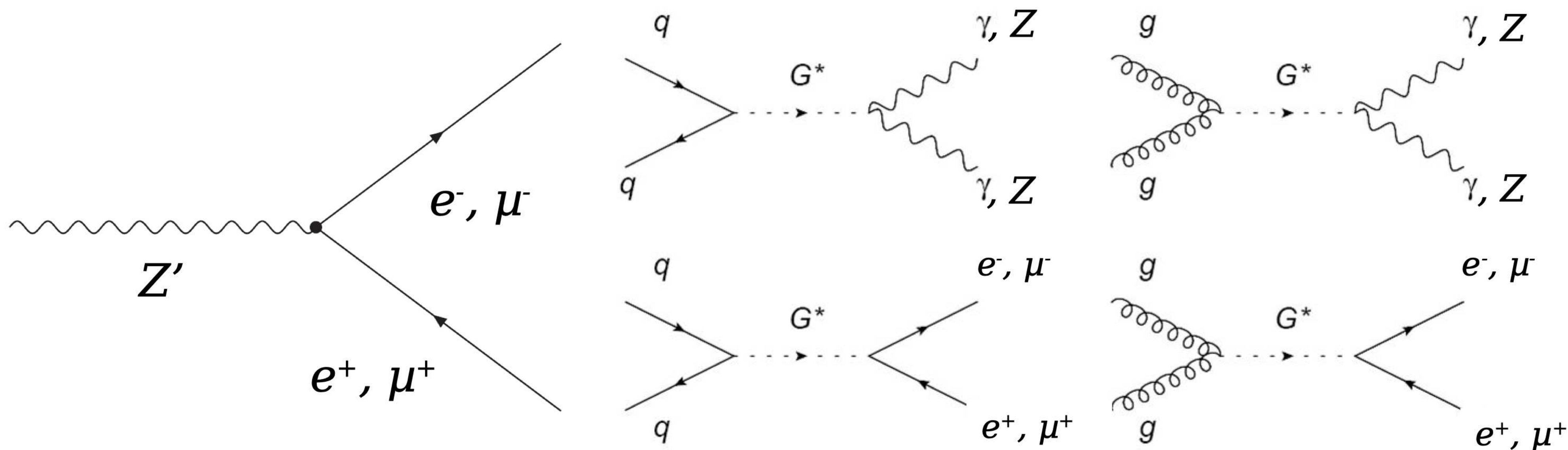
Também vamos procurar o bóson de Higgs!

Neste exercício procuramos apenas decaimentos do bóson de Higgs em pares de **fotões** e **4 leptões** ($e^+e^-e^+e^-$, $e^+e^-\mu^+\mu^-$, $\mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$):



Para além dos bósons Z e Higgs, também pode haver **partículas novas** a decair para pares de **fotões** ou **leptões**.

Será que conseguimos descobrir **Z'** (bósons Z pesados) e **gravitões**?



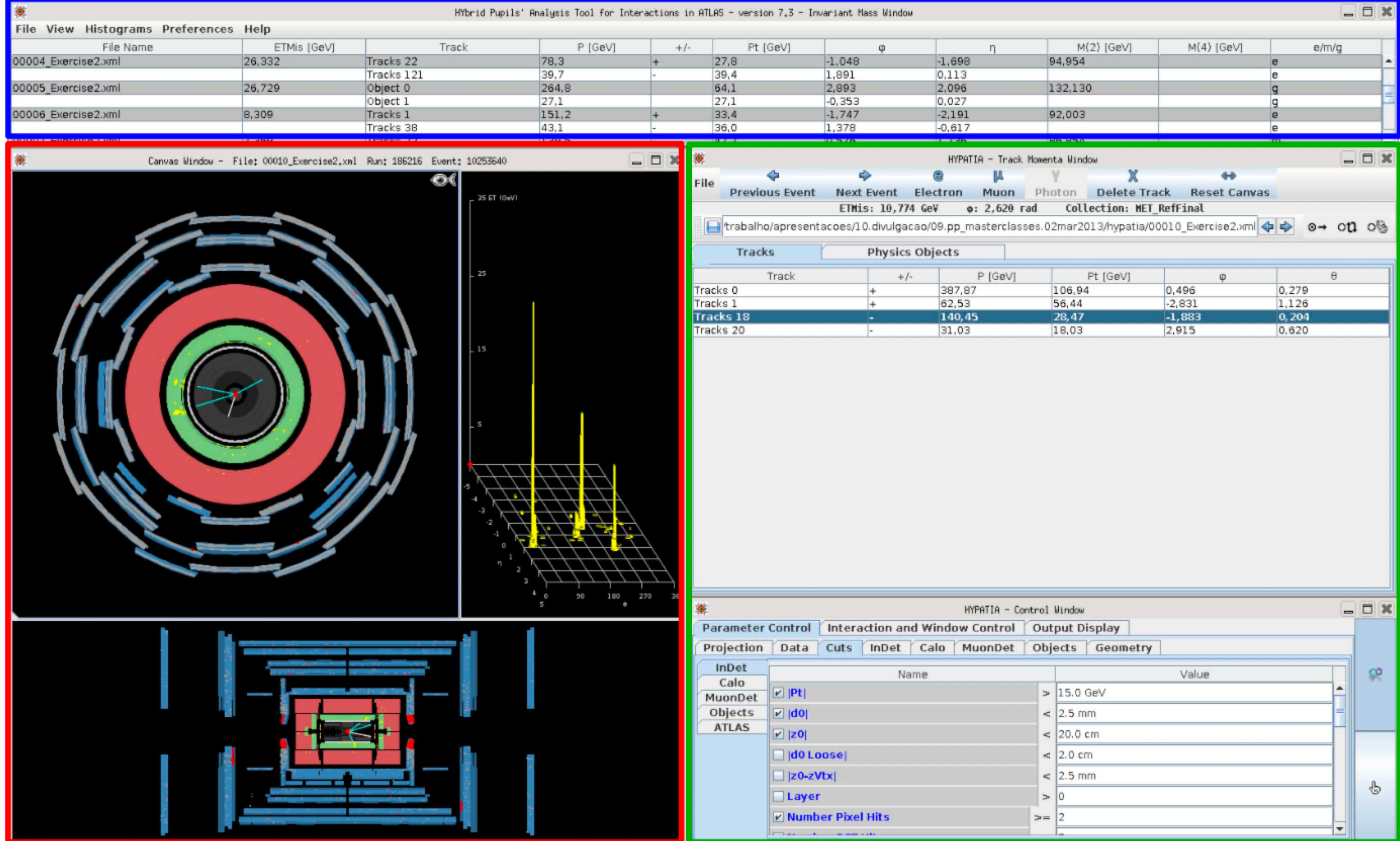
Spin 0 (multi Higgs): decaimentos para pares de leptões, fotões, Z ou W.

Spin 1 (Z'): decaimentos para pares de leptões, Z ou W.

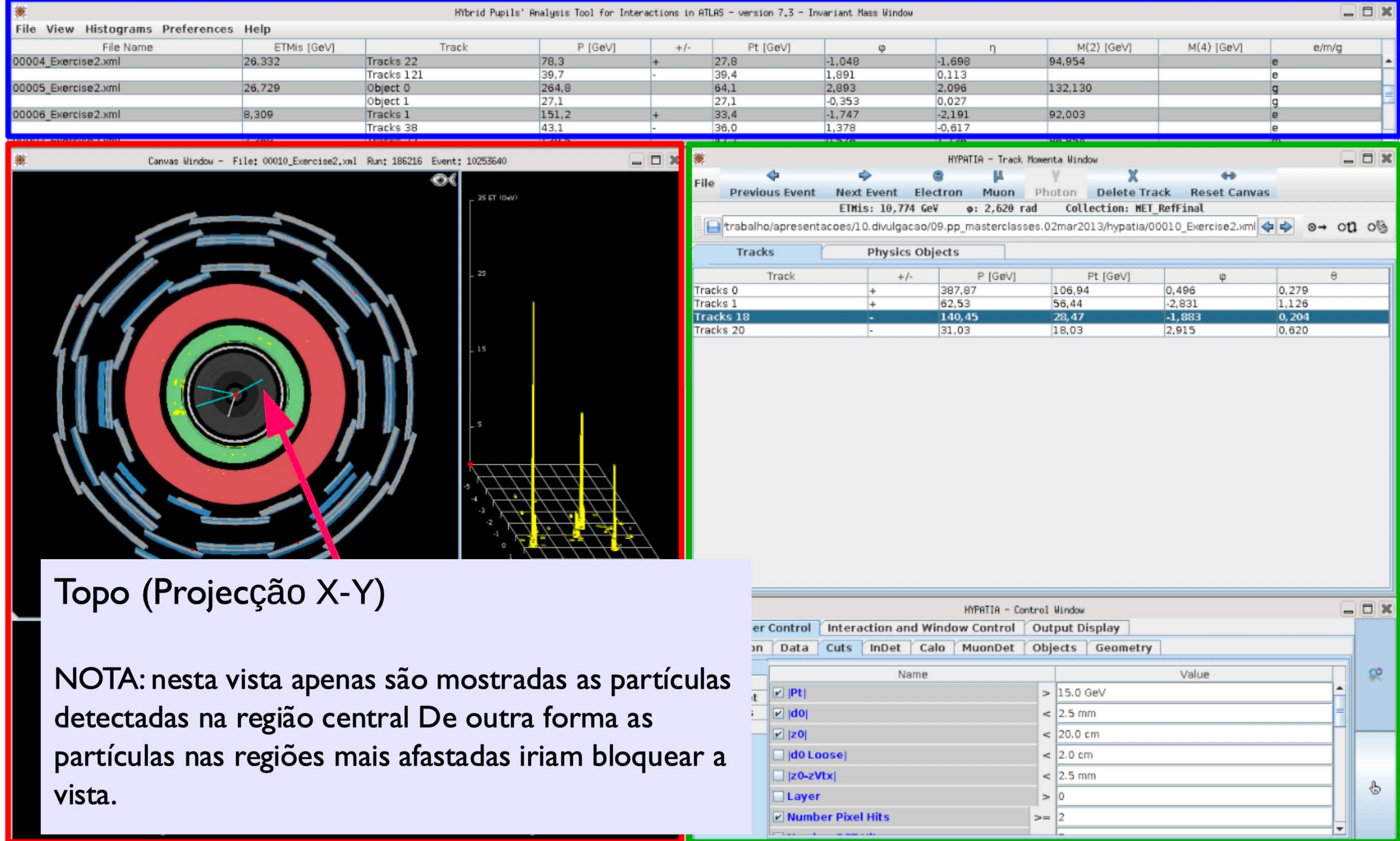
Spin 2 (gravitões): decaimentos para pares de leptões, fotões, Z ou W.

Análise de dados

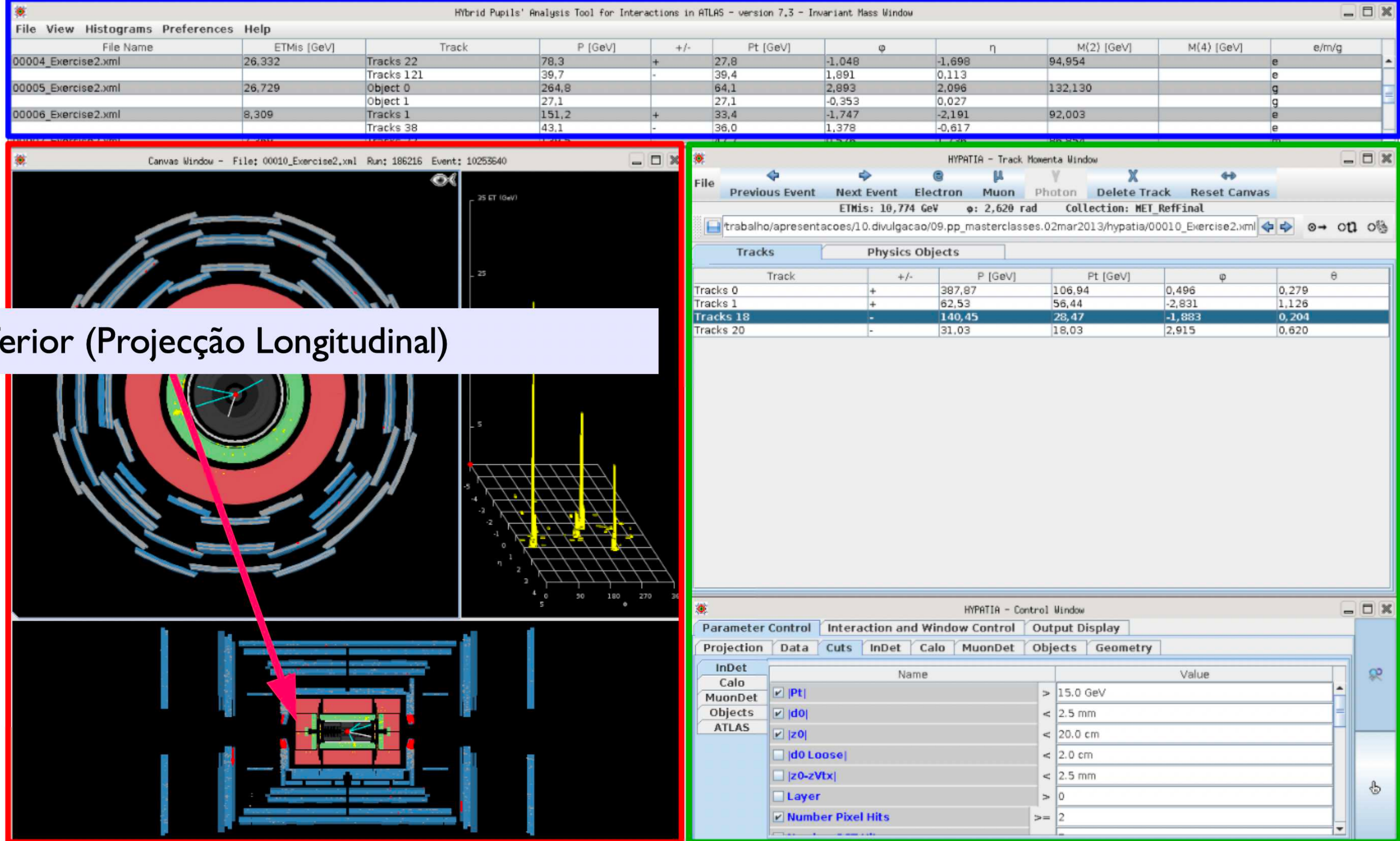
- Objectivo da análise: medir as massas dos bosões **Z** e **H**?
- Cada grupo de 2 alunos analisará 50 **eventos reais de ATLAS**
- Identificar os electrões, muões e fótons dos eventos
- Classificar cada evento numa de 7 categorias:
 - $X \rightarrow e^+ e^-$ ($X = J/\psi, \Upsilon, Z, Z'$ ou G^*)
 - $X \rightarrow \mu^+ \mu^-$ ($X = J/\psi, \Upsilon, Z, Z'$ ou G^*)
 - $X \rightarrow \gamma\gamma$ ($X = H$ ou G^*)
 - $X \rightarrow ZZ \rightarrow e^+ e^- e^+ e^-, \mu^+ \mu^- \mu^+ \mu^-$ ou $e^+ e^- \mu^+ \mu^-$ ($X = H$ ou G^*)
 - Fundo de produção de bosões W
(que se podem parecer com um acontecimento com Z)
- Registrar o evento na tabela de massas
- O exercício é feito com programa de visualização **Hypatia**



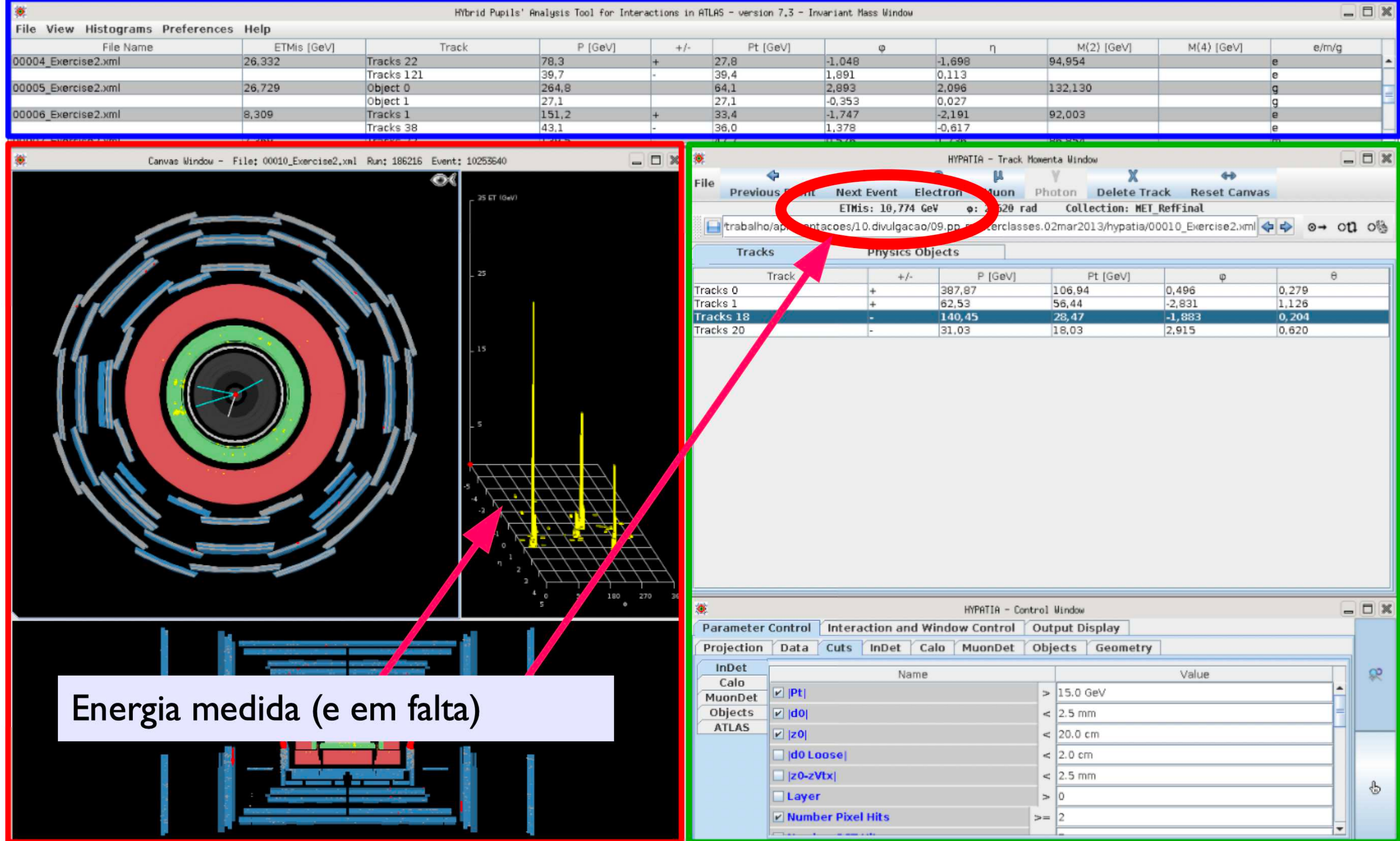
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador (“GUI”) onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



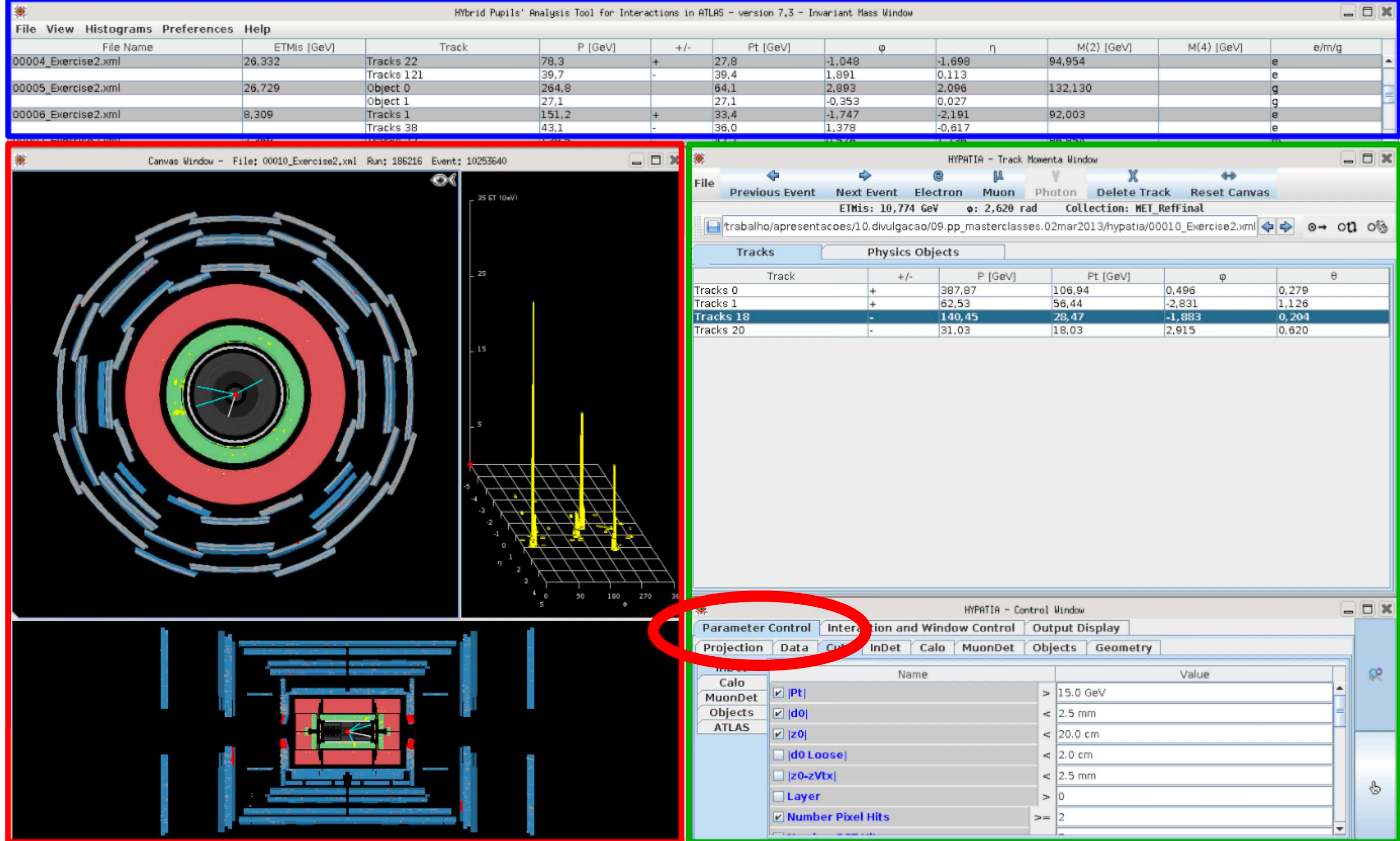
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



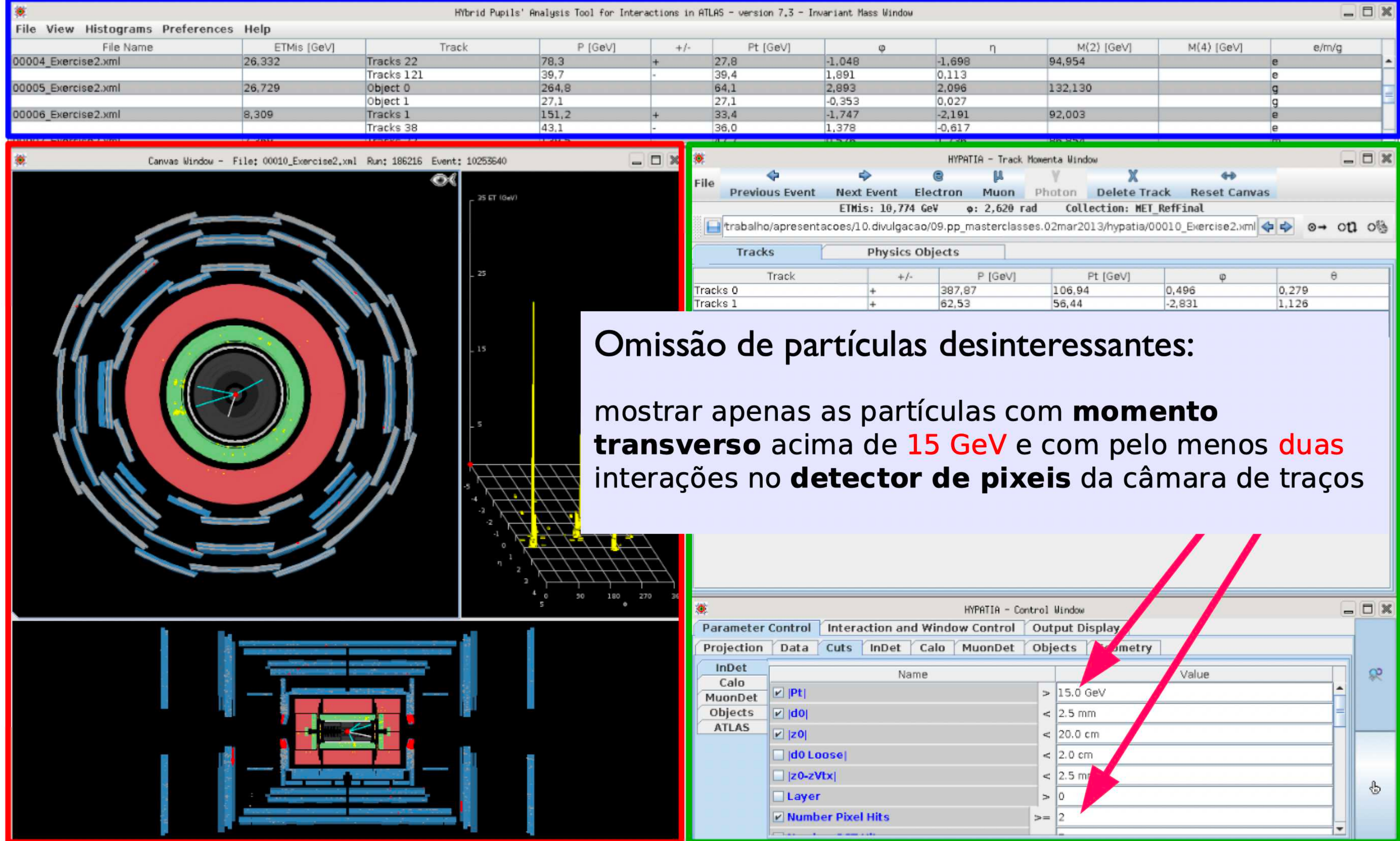
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



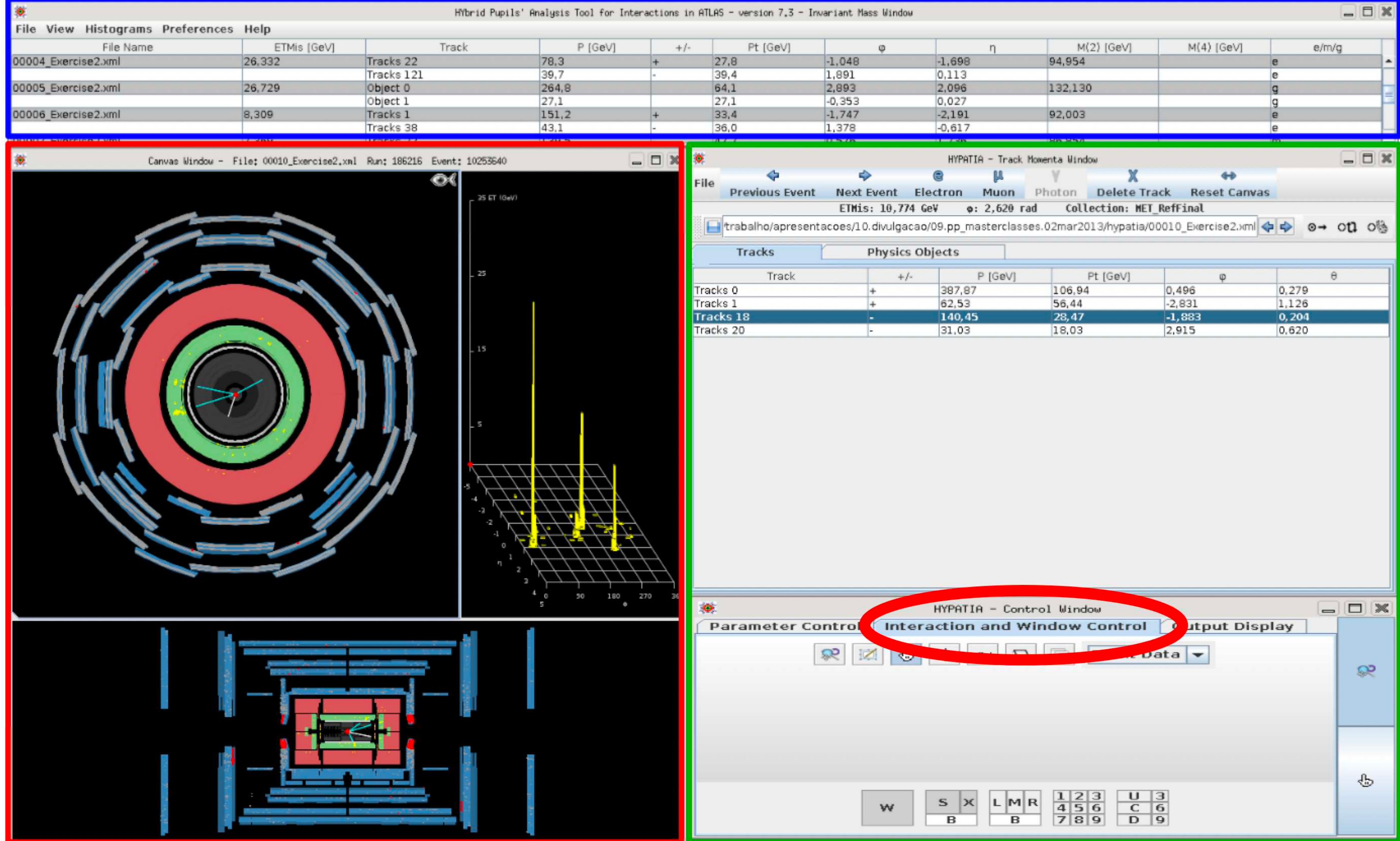
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



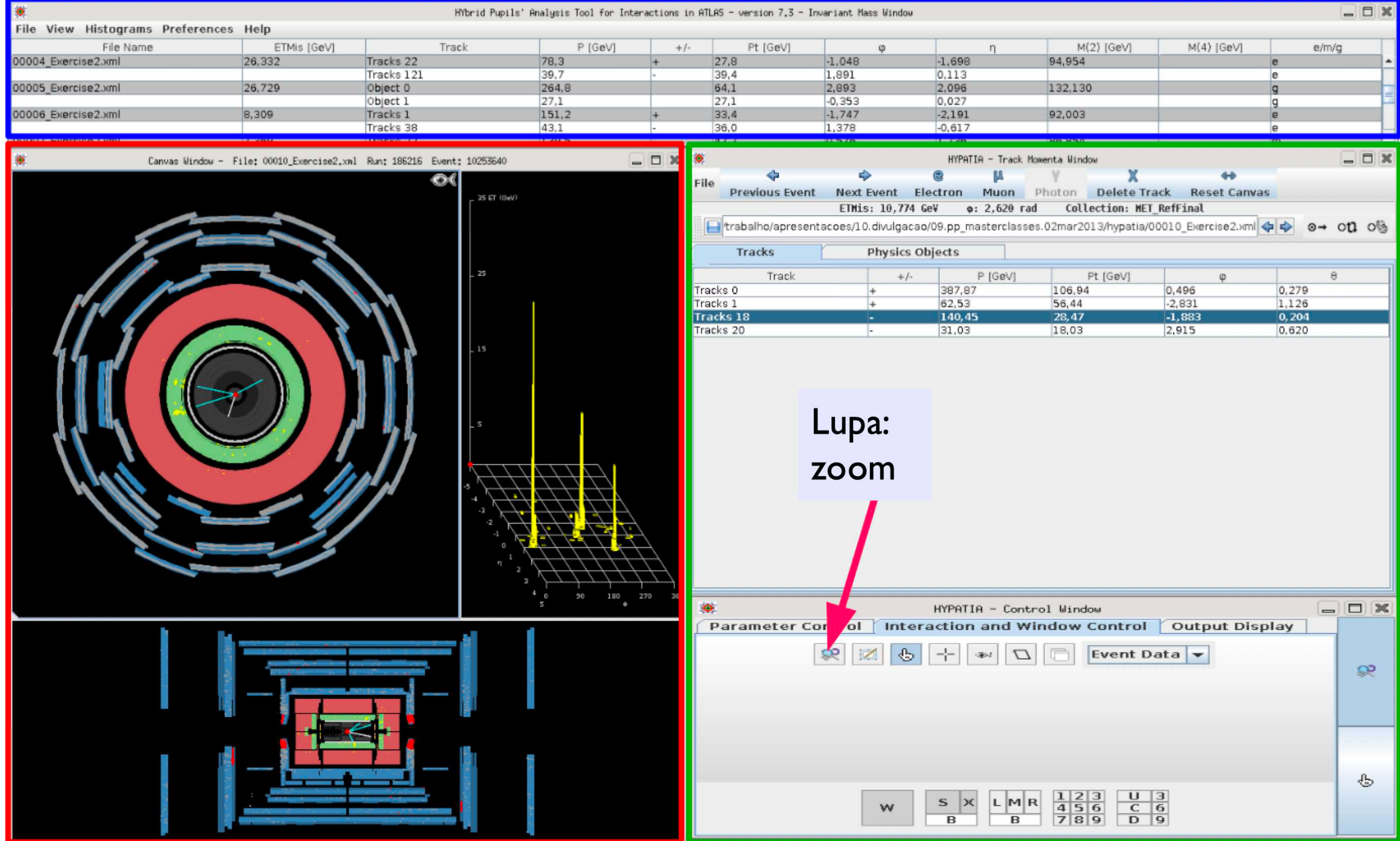
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador (“GUI”) onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



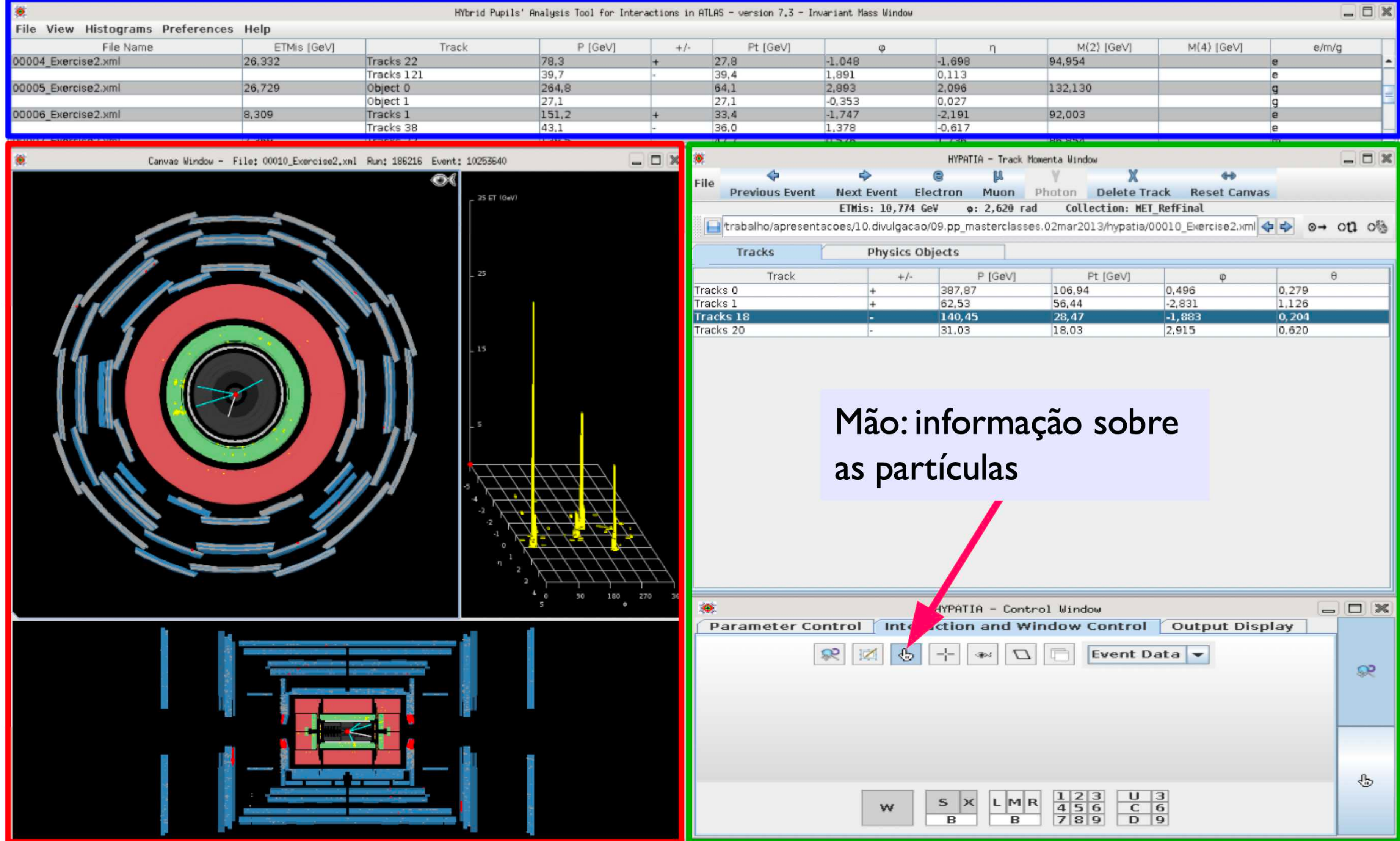
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



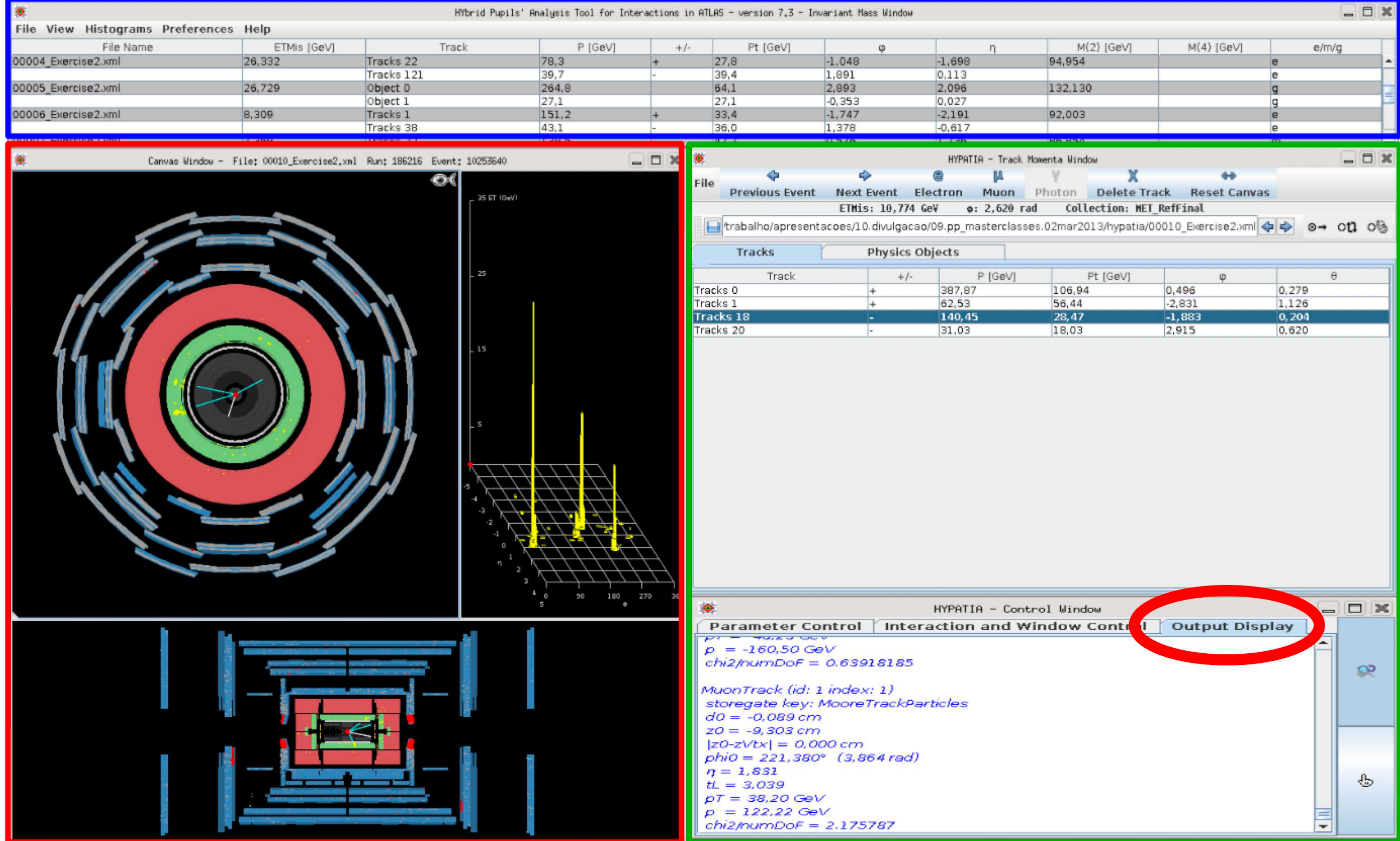
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



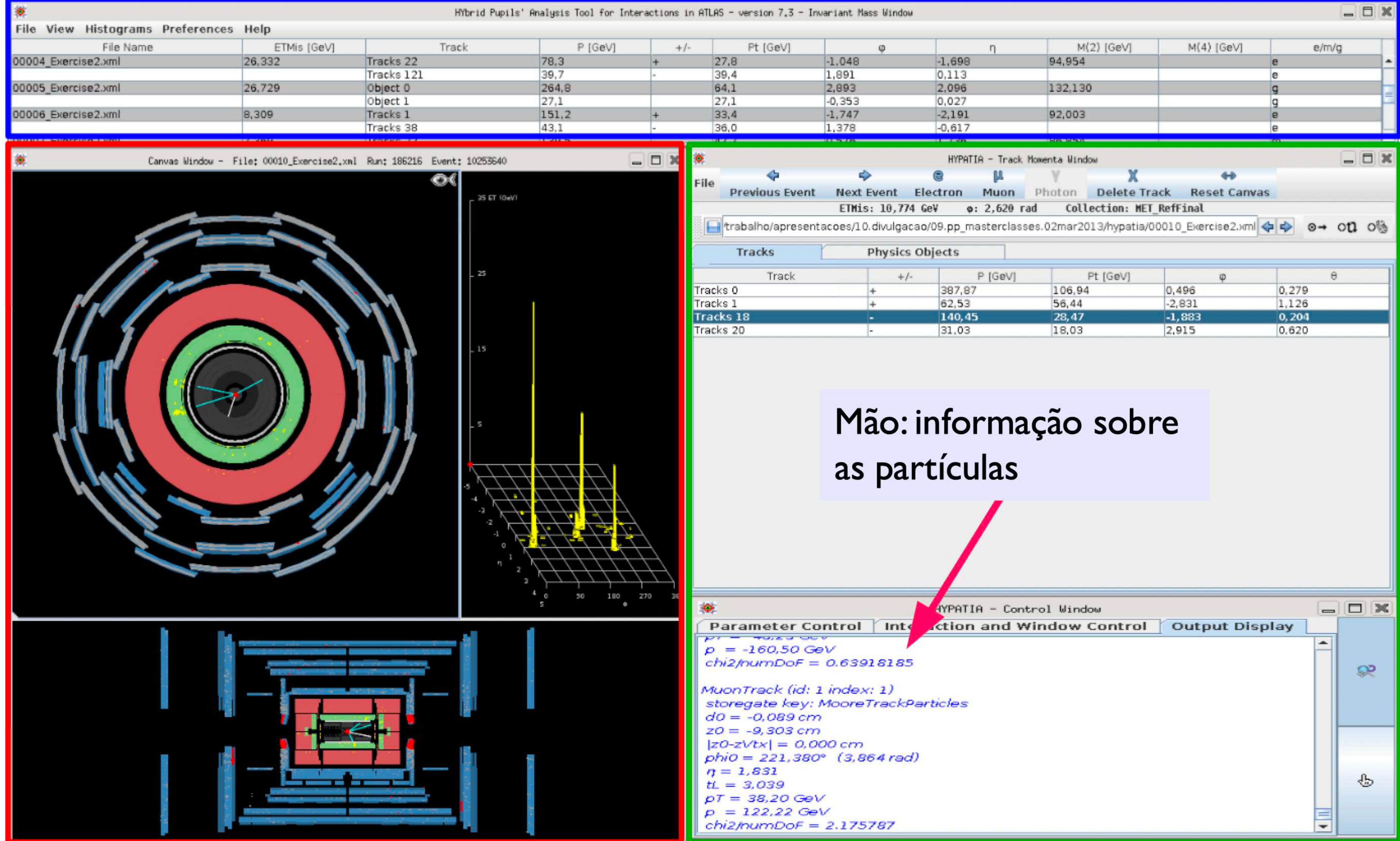
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



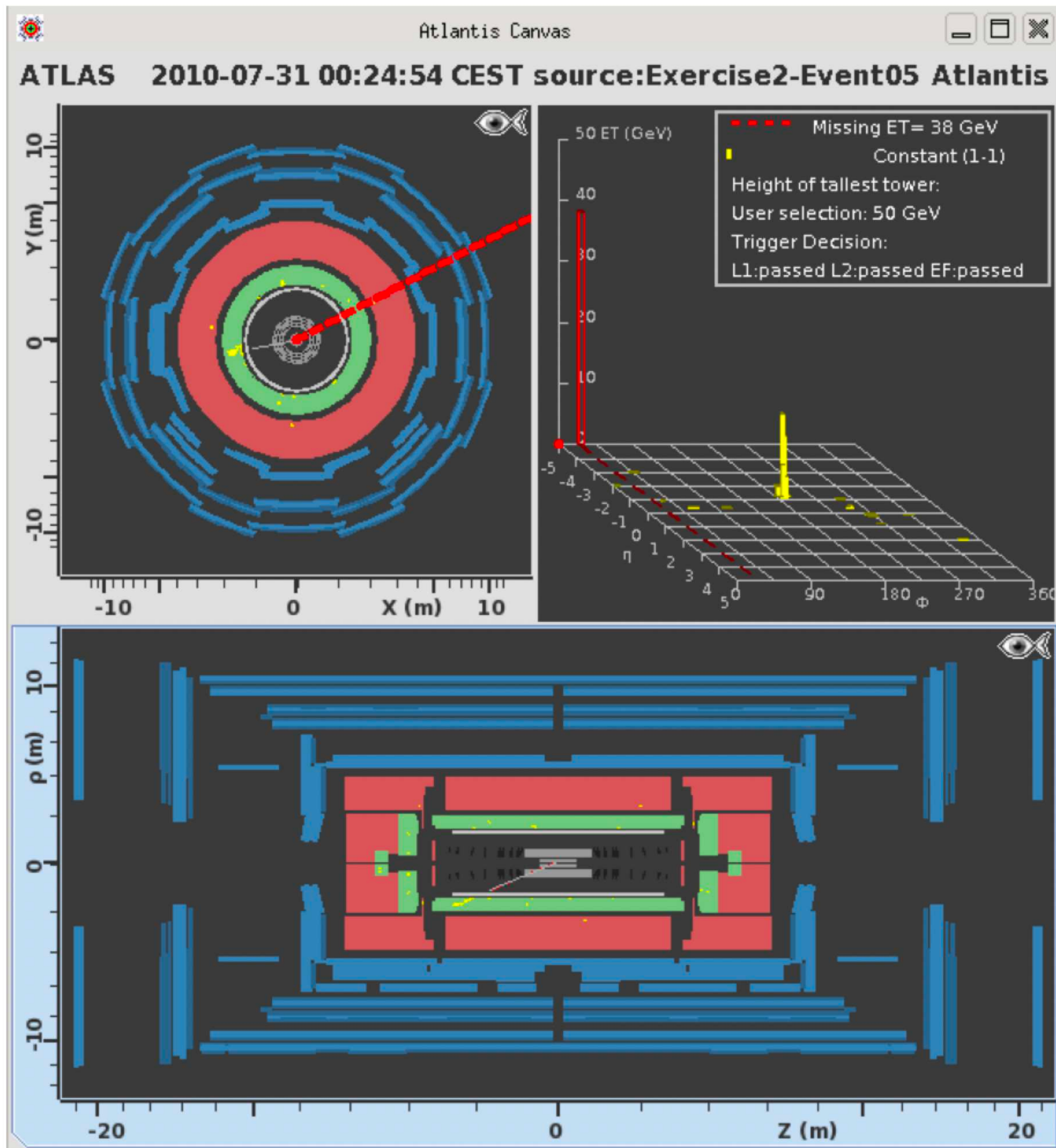
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



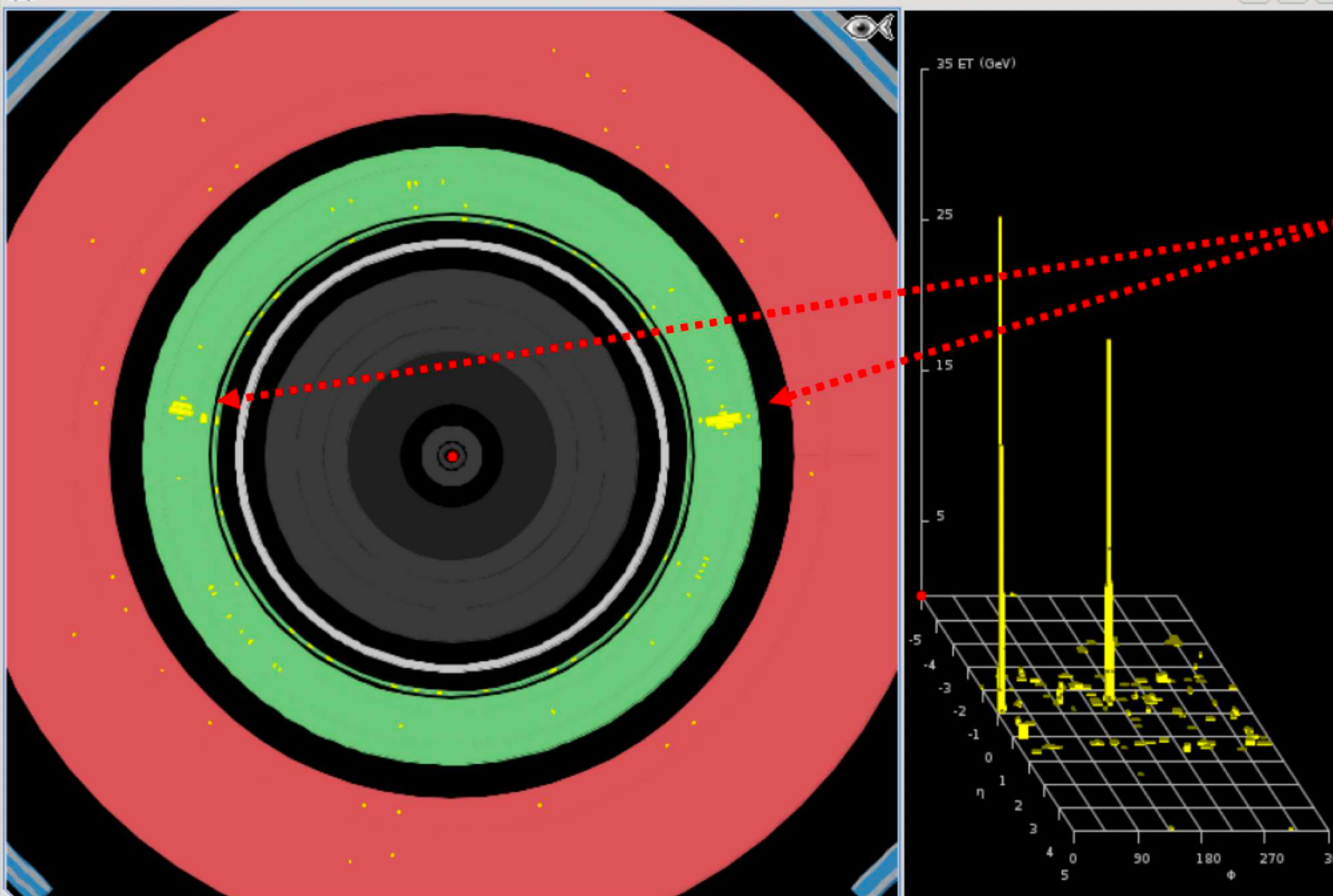
Programa HYPATIA: na área a **vermelho** mostra o detector ATLAS e os eventos, a área a **azul** mostra os resultados já introduzidos e a área a **verde** contém o interface gráfico do utilizador ("GUI") onde se controlam as outras áreas e onde é escrita a informação adicional do evento.



Identificação de electrões

O **electrão** (ou **positrão**) deixa um traço no detector interior e deixa energia no **calorímetro electromagnético** (caixas amarelas)

Não produz sinal nem no calorímetro hadrónico nem nas câmaras de muões

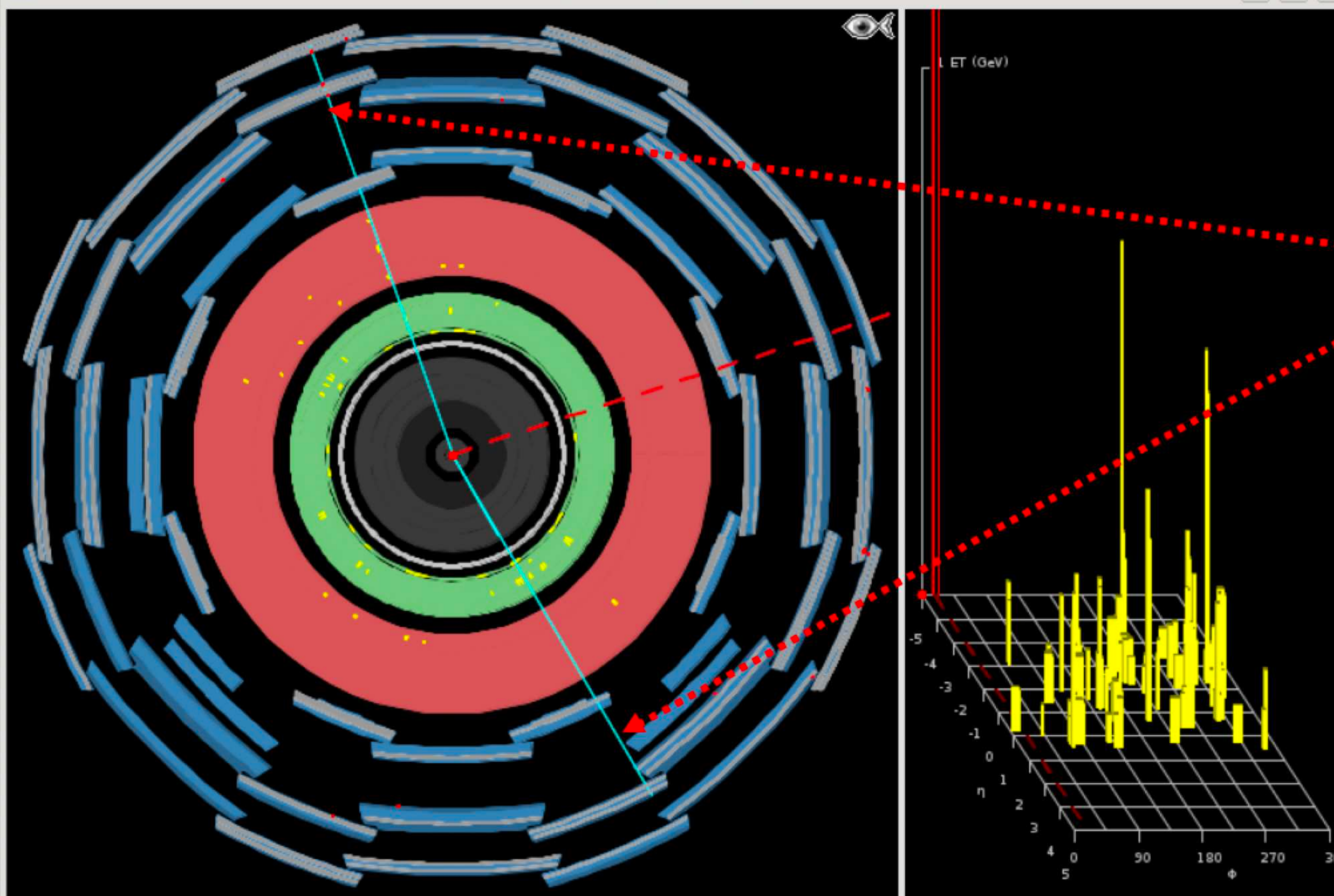


Identificação de fótons

O **fotão** deixa energia no **calorímetro electromagnético**

Não produz sinal na câmara de traços, no calorímetro hadrónico nem nas câmaras de muões

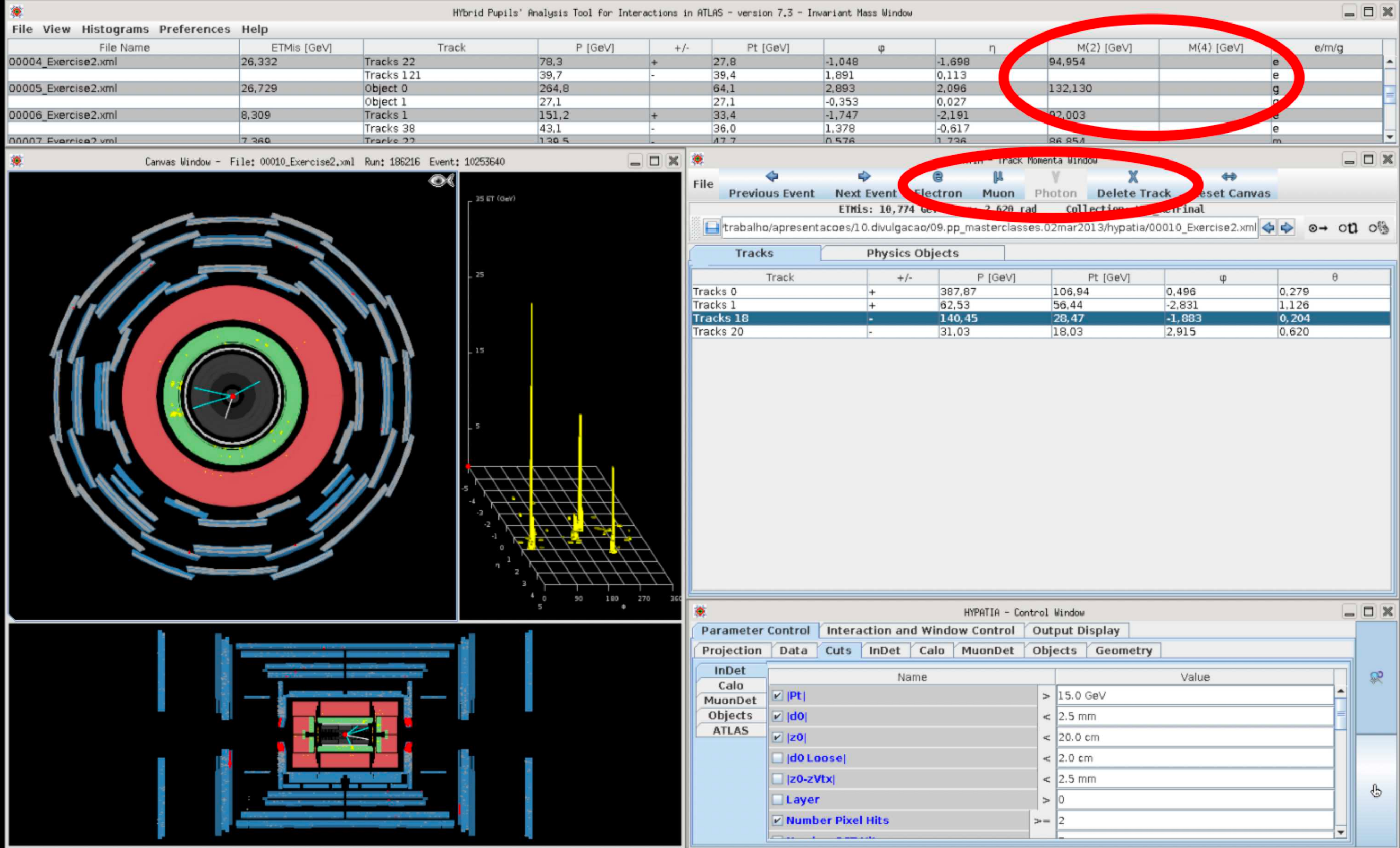
Os fótons podem converter-se num par e^+e^- , identificando-se como dois traços juntos (dependo dos cortes pode ser que apenas um seja visível); a massa do par deve ser nula



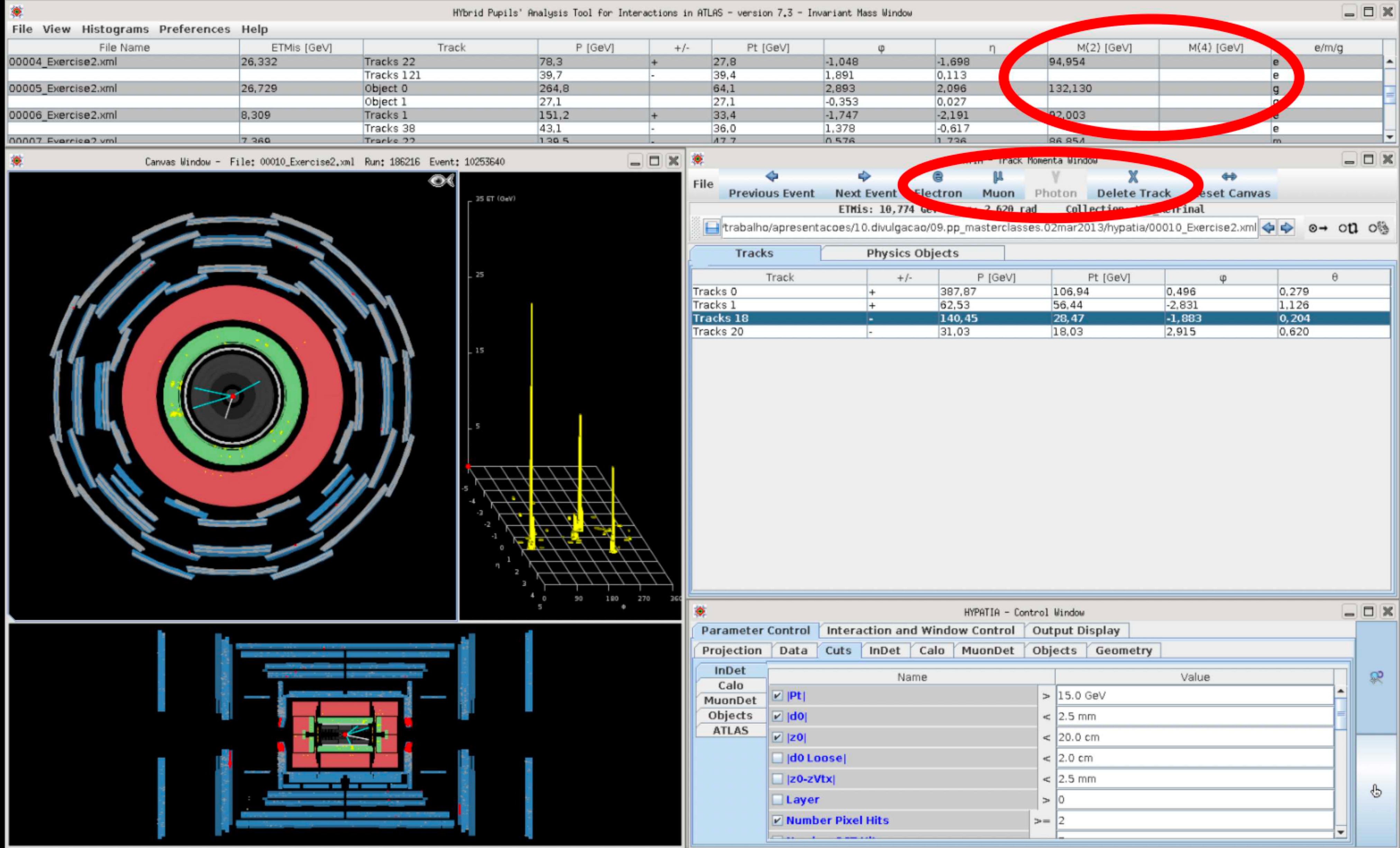
Identificação de muões

Para além dos neutrinos, só os **muões** conseguem atravessar todo o detector e são detectados nas **câmaras de muões** (a azul na figura) com pequenos depósitos de energia nos calorímetros (caixas amarelas)

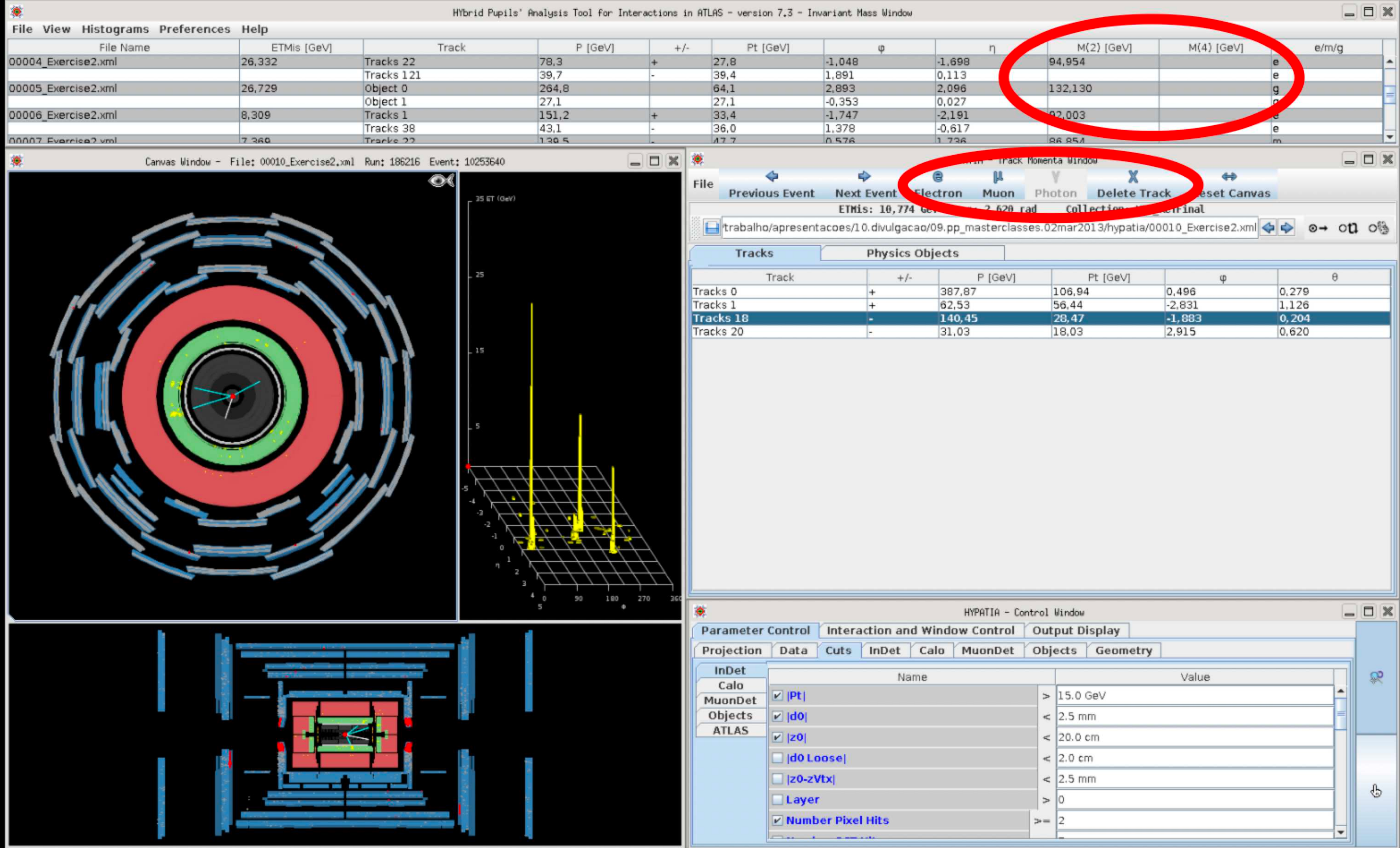
Muões com origem nas colisões no centro do detector geralmente produzem sinal em TODAS as camadas.



Calcular as massas dos pares de partículas identificadas
(apenas para os acontecimentos e^+e^- , $\mu^+\mu^-$ e $\gamma\gamma$ e 4ℓ)



se o evento tiver 4 ℓ , devem introduzir primeiro os dois traços do 1.º par e depois os dois traços do 2.º par



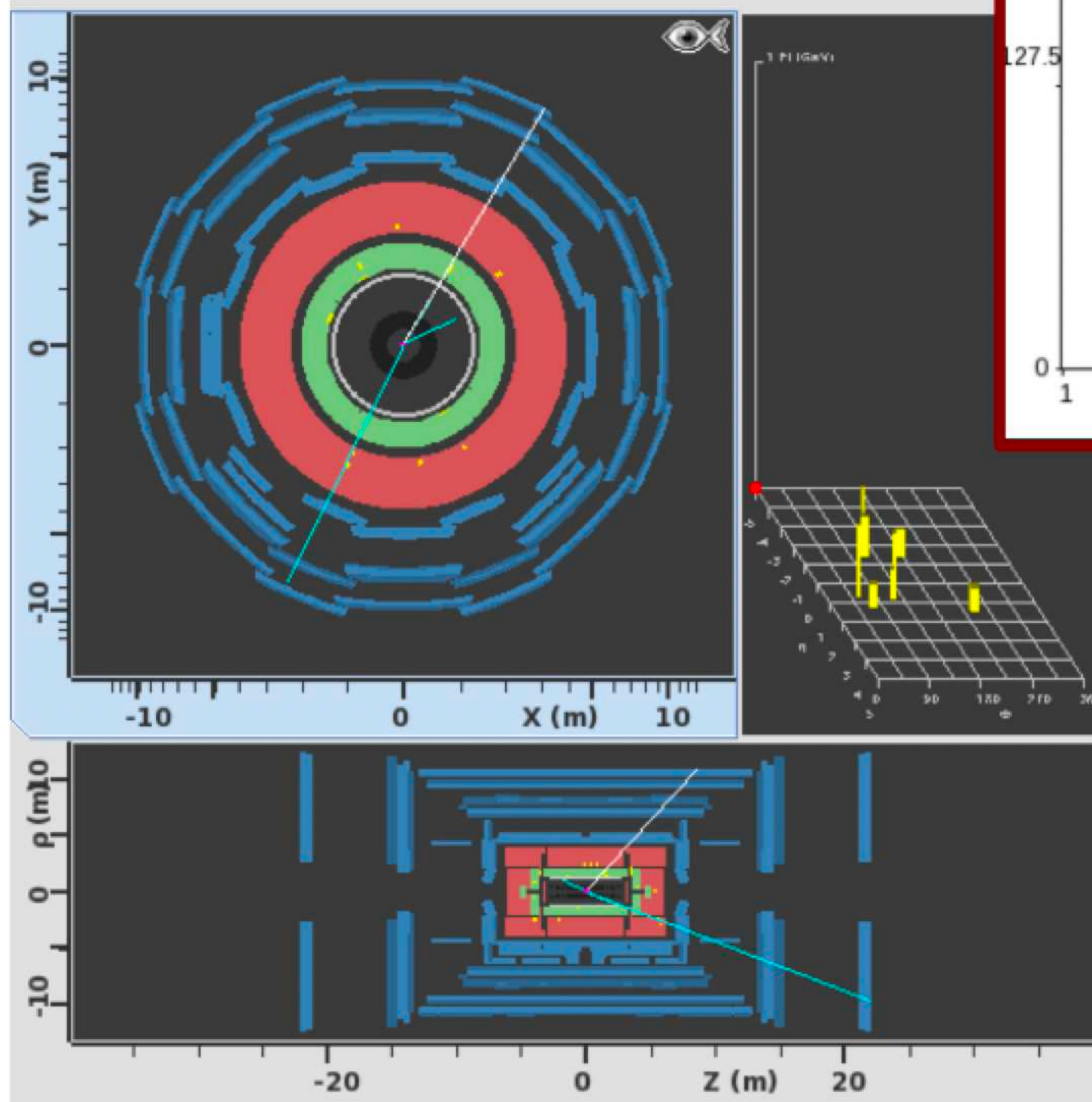
se o evento tiver 2γ selecionamos primeiro “Physics Objects”
depois os dois traços do 2.º par

File View Histograms Preferences Help

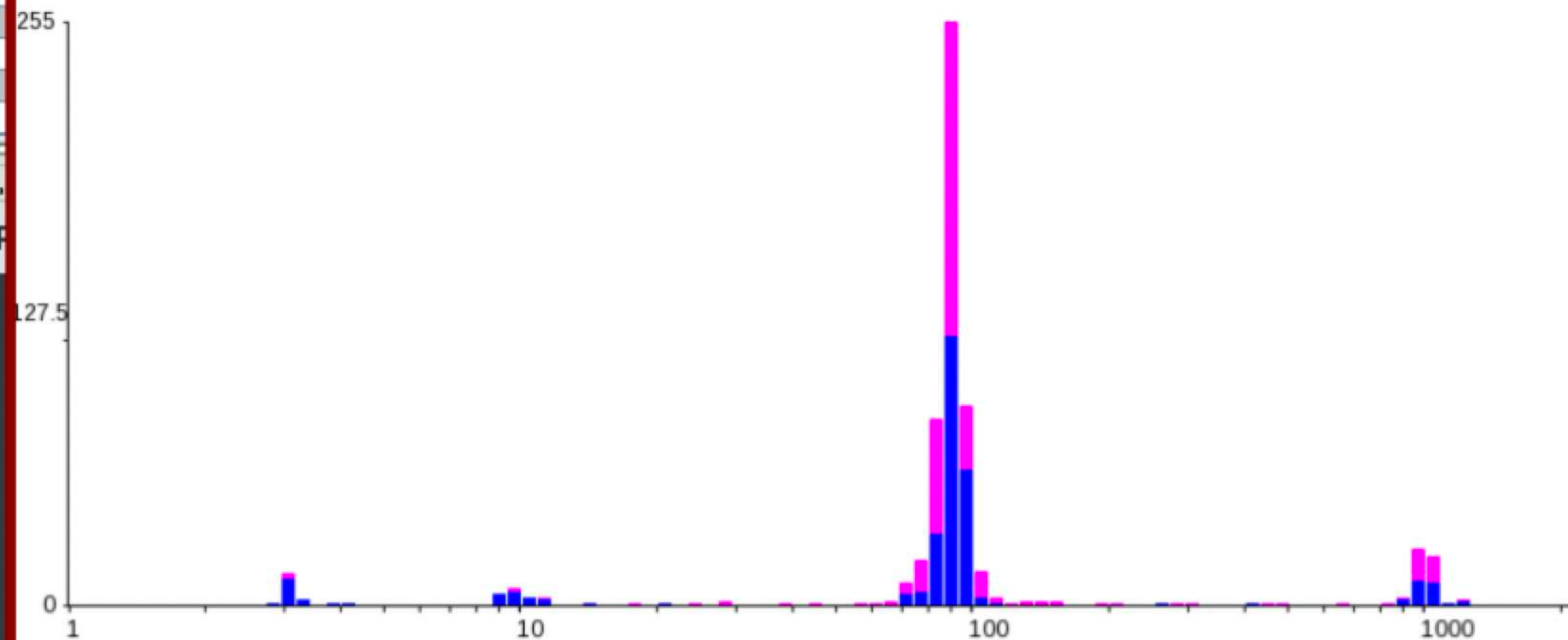
File Name	STMis [GeV]	Track
event002.xml	5,123	Tracks 0
event003.xml	8,175	Tracks 1
event004.xml	11,670	Tracks 2
event007.xml	2,660	Tracks 3
		Tracks 61
		Tracks 0
		Tracks 4

Canvas Window - File: event007.xml Run: 180400 Event: 74315130

ATLAS 2011-04-28 03:16:13 UTC run:180400 HYP



Invariant Mass



Region:	R1	R2	R3	R4
Events:	19	21	420	51
Mean:	3.13	9.97	89.79	993.25
Width:	0.18	0.78	3.99	36.78

HYPATIA - Control Window

Interaction and Window Control Output Display

Parameter Control

Calo MuonDet Objects Geometry

Projection Data Cuts InDet

	Name	Value
InDet		
Calo	☒ Pt	> 25.0 GeV
MuonDet	☒ d0	< 2.5 mm
Objects	☒ z0	< 20.0 cm
ATLAS	☐ d0 Loose	< 2.0 cm

Hybrid pupils' analysis tool for interactions in ATLAS - version 7.2,1 - Invariant Mass Window

File View Histograms Preferences Help

File Name	ETMis [GeV]	Track	P [GeV]	+/-	Pt [GeV]	ϕ	η	M(2l) [GeV]	M(4l) [GeV]	e/ μ
event002.xml	5,123	Tracks 0	179,6	+	33,0	0,565	-2,379	93,200		μ
		Tracks 1	45,6	-	35,7	-2,702	-0,730			μ
event003.xml	8,175	Tracks 2	470,5	-	449,6	1,262	-0,304	960,236		e
		Tracks 3	569,7	+	509,2	-1,811	-0,483			e
event004.xml	11,670	Tracks 3	69,2	-	44,2	-1,508	-1,018	92,777		μ
		Tracks 61	128,3	+	42,5	1,522	-1,769			μ
event007.xml	2,660	Tracks 0	103,0	-	41,8	-2,020	1,552	89,796		μ
		Tracks 4	51,4	+	40,7	1,038	0,710			μ

Canvas Window - File: event007.xml Run: 180400 Event: 74315130

ATLAS 2011-04-28 03:16:13 UTC run:180400 HYPATIA

Y(m)

HYPATIA - Track Momenta Window

Previous Event Next Event Insert Electron Insert Muon Delete Tr

ETMis: 6,227 GeV ϕ : 3,061 rad Collection: MET_Reffinal

classes.17mar2012/caminho_z/groupA.zip/event007.xml

Reconstructed Tracks

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	ϕ	θ
Tracks 0	-	103,02	41,77	-2,020	0,417
Tracks 4	+	51,39	40,69	1,038	0,914
Tracks 31	+	250,39	123,34	0,463	2,627

HYPATIA - Control Window

Interaction and Window Control Output Display

Parameter Control

Calo MuonDet Objects Geometry

Projection Data Cuts InDet

InDet	Name	Value
Calo	☒ Pt	> 25.0 GeV
MuonDet	☒ d0	< 2.5 mm
Objects	☒ z0	< 20.0 cm
ATLAS	☐ d0 Loose	< 2.0 cm

File View Histograms Preferences Help

- Read Event Locally
- Read Event From URL (live)
- Clear Hypatia Project
- Load Hypatia Project
- Save Hypatia Project
- Export Invariant Masses (MII)
- Loop over events
- Save Image of Canvas
- Animated Event
- Event Properties
- Read Geometry
- Read G4Steps
- Exit

Guardar o histograma da massa invariante quando acabarem de analisar os acontecimentos

Hybrid pupils' analysis tool for interactions in ATLAS - version 7.2.1 - Invariant Mass Window

File View Histograms Preferences Help

File Name	ETMis [GeV]	Track	P [GeV]	+/-	Pt [GeV]	ϕ	η	M(2l) [GeV]	M(4l) [GeV]	e/ μ
event002.xml	5,123	Tracks 0	179,6	+	33,0	0,565	-2,379	93,200		μ
		Tracks 1	45,6	-	35,7	-2,702	-0,730			μ
event003.xml	8,175	Tracks 2	470,5	-	449,6	1,262	-0,304	960,236		e
		Tracks 3	569,7	+	509,2	-1,811	-0,483			e
event004.xml	11,670	Tracks 3	69,2	-	44,2	-1,508	-1,018	92,777		μ
event007.xml	2,660									

Canvas Window - File: event007.xml Run

ATLAS 2011-04-28 03:16:13

OPloT - MasterClass - Students - Opera

Ficheiro Editar Ver Favoritos Ferramentas Ajuda

OPloT - MasterClas...

<http://cernmasterclass.uio.no/OPloT/studentPage>

OPloT – MasterClass – Student page

Start Student Moderator Tutor Administrator Friday, March 28th 2014 - 17:03:28 CET

Student Tasks

Please select items from the drop-down boxes to submit your results!

Year
 Month
 Day
 Institution
 Group number
 Group letter

ATLAS ☒ |z0| < 20.0 cm
☐ |d0 Loose| < 2.0 cm

e copiem-no para o formulário *Student* que se encontra em <http://cernmasterclass.uio.no/OPloT/> (nome de utilizador:“ippog”; senha:“imc”)

Recapitulando

- Organizem-se em grupos de **dois** alunos por computador
- Cada grupo analisará 50 **eventos reais de ATLAS** e é identificado por **um número e por uma letra**
- O primeiro evento já deve estar no monitor!
- Verificar os valores dos cortes para omitir as partículas desinteressantes:
Parameter Control → Cuts → InDet: Pt > 15 GeV; Number Pixel Hits ≥ 2
- Estudar cada acontecimento e classificá-lo numa de quatro categorias de acordo com os critérios de selecção:
 - $X \rightarrow e^+ e^-$ (=2 electrões com carga oposta e $p_T \gtrsim 15$ GeV)
 - $X \rightarrow \mu^+ \mu^-$ (=2 muões com carga oposta e $p_T \gtrsim 15$ GeV)
 - $X \rightarrow \gamma \gamma$ (=2 fotões com $p_T \gtrsim 15$ GeV)
 - $X \rightarrow ZZ \rightarrow \ell^+ \ell^- \ell^+ \ell^-$ (=2 pares de leptão-antileptão (e, μ); $p_T \gtrsim 15$ GeV)
 - acontecimentos de fundo que não pertencem a nenhuma das categorias anteriores (na realidade existem muitos mais acontecimentos de fundo do que os apresentados!)

Recapitulando

- Quando decidirem que tipo de evento é, se for de **sinal**, adicionar a **massa reconstruída** dos pares e^+e^- , $\mu^+\mu^-$ e $\gamma\gamma$ e $\ell^+ \ell^- \ell^+ \ell^-$ à tabela das massas
- Logo que terminem os 50 eventos está feito!
- Se não conseguirem classificar todos os acontecimentos não há problema!
- Guardem o **histograma da massa** para um ficheiro de texto (File→Export Invariant Masses) e copiem-no para o formulário *Student* que se encontra em <http://cernmasterclass.uio.no/OPloT/> (nome de utilizador: “ippog”; senha: “imc”)
- No final faremos um sumário e interpretaremos o histograma das massas reconstruídas