CAMINHO DO

OS BOSÕES Z & HIGGS

Susana Amor Santos samor@cern.ch



LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO E FÍSICA EXPERIMENTAL DE PARTÍCULAS





Run Number: 271421, Event Number: 287349506

Date: 2015-07-12 09:53:46 CEST

ZZ→e⁺e⁻µ⁺µ⁻





O BOSÃOZ

As partículas mediadoras (de troca) responsáveis pela interacção fraca são os **bosões W⁺, W⁻ e Z⁰**.

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





O BOSÃOZ

O **bosão Z é pesado** (91,2 GeV/c²) e desintegra-se imediatamente após a sua produção.



Em física de partículas, ao processo de desintegração de uma partícula originando outras chamamos decaimento. Diz-se que o botão Z decai.

- 70% dos casos decai para quarks, que aparecem como jactos de partículas no detector;
- 20% dos casos decai para neutrinos, que não são visíveis no detector;
- IO% dos casos decai para dois leptões carregados do mesmo sabor (e⁺e⁻ ou µ⁺µ).





O BOSÃOZ

O **bosão Z é pesado** (91,2 GeV/c²) e desintegra-se imediatamente após a sua produção.



Em física de partículas, ao processo de desintegração de uma partícula originando outras chamamos decaimento. Diz-se que o botão Z decai.

- 70% dos casos decai para quarks, que aparecem como jactos de partículas no detector;
- 20% dos casos decai para neutrinos, que não são visíveis no detector;
- IO% dos casos decai para dois leptões carregados do mesmo sabor (e⁺e⁻ ou µ⁺µ).





O bosão de Higgs tem uma massa de cerca de 125 GeV/c² e vai decair em várias outras partículas.

Decai para um par de fotões, $H \rightarrow \gamma \gamma$:

....



Decai para dois bosões Z, que subsequentemente decaem para pares de leptões do mesmo sabor, $H \rightarrow ZZ \rightarrow \ell^+ \ell^- \ell'^+ \ell'^-$:



EXERCÍCIO: Procurar decaimentos do bosão H em 2 fotões ($\gamma\gamma$) ou 4 leptões ($e^+e^-e^+e^-$, $e^+e^-\mu^+\mu^-$, $\mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$)

O bosão de Higgs tem uma massa de cerca de 125 GeV/c² e vai decair em várias outras partículas.

ENOVA FISICA?

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







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









- **Dois leptões de carga oposta** ($p_T >= 15 \text{GeV}$) $Z \rightarrow e^+e^-$ ou $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$
- **Dois fotões** $(p_T \ge 15 \text{GeV})$ Н→үү
- **Quatro leptões** $(p_T \ge 15 \text{GeV})$ $H \rightarrow ZZ \rightarrow \ell^+ \ell^- \ell'^+ \ell'^- (\ell, \ell' = e, \mu)$

Para além dos 2 ou 4 leptões podemos ter **jactos extra** nos acontecimentos de sinal.

> **NOTA:** Acontecimentos com 1, 3, 5 ou mais leptões/ fotões não são considerados sinal na nossa análise! São acontecimentos de fundo.

Topologia do Sinal



Topologia do sinal significa as características dos processos que estamos à procura ; *i.e.* processos com bosões Z e Higgs a decair para leptões.

EXERCÍCIO: Cada aluno analisará até **50 eventos** reais registados na experiência ATLAS.

- Identificar os electrões, muões e fotões em cada evento.
- Classificar cada evento numa de 5 categorias:



- **Fundo:** todos os acontecimentos que não tenham as características do sinal.
- Registar as partículas escolhidas na tabela de massas (invariantes).

DE SINAL

Objectivo da análise: medir as massas invariantes dos bosões Z e H



Na realidade existem muitos mais eventos de fundo do que de sinal, daí a dificuldade em fazer análise de dados. Mas também é o desafio que a torna interessante!





Registar as partículas escolhidas na tabela de massas (invariantes).

R3	R4
420	51
89.79	993.25
3.99	36.78

Vamos ter um espectro com várias . 1 partículas!

ANALSEDE

Objectivo da análise: medir as massas invariantes dos bosões Z e H



Na realidade existem muitos mais eventos de fundo do que de sinal, daí a dificuldade em fazer análise de dados. Mas também é o desafio que a torna interessante!

O exercício de análise de dados é feito com programa



http://atlas.physicsmasterclasses.org/pt/zpath_data.htm

- Instalar o Java Runtime Environment: <u>https://www.oracle.com/java/technologies/</u>
- Descarregar e descomprimir do programa Hypatia: <u>http://hypatia.phys.uoa.gr/Downloads/</u>
- Correr o programa Hypatia

Download da **amostra de acontecimentos** a analisar: <u>https://cernmasterclass.uio.no/datasets/</u>

Vamos dividir-vos em várias salas zoom e cada aluno tem uma amostra de dados atribuída!



Control Window — Janela de Controle (moldura verde)

Canvas Window — Tela (moldura azul)

Track Momentum Window — Janela de Momento dos Traços (moldura amarela)

Invariant Mass Window — Janela de Massa Invariante (moldura vermelha)



alysis tool for interactions in ATLAS - version 6.0 - Invariant Mass Window												
ams Preferences Help												
ne	ETMis [GeV]	Track	P[GeV]	+/-	Pt [GeV]	0	n	M(2I) [GeV]	M(4I) [GeV]			
9702.xml	9.339	Tracks 0	42.2	+	42.2	-3.101	0.002	85.929	(e		
		Tracks 1	50.5	-	37.0	0.030	0.827			e		

Control Window — Janela de Controle

(moldura verde) ferramentas de ajuste da vista do acontecimento e cortes de selecção de acontecimentos:

Ferramentas em Interaction and Window
 Control:
 Lupa — ampliar a imagem;

Mão — escolha de traços na imagem;

Cortes de Selecção de Acontecimentos:
Parameter Control → Cuts → InDet: Pt>15 GeV
Number Pixel Hits ≥ 2



nalysis tool for interactions in ATLAS - version 6.0 - Invariant Mass Window												
ams Preferences Help												
ne	ETMis [GeV]	Track	P[GeV]	+/-	Pt [GeV]	0	n	M(2I) [GeV]	M(4I) [GeV]			
9702.xml	9.339	Tracks 0	42.2	+	42.2	-3.101	0.002	85.929	(е		
		Tracks 1	50.5	-	37.0	0.030	0.827			e		

- File: JiveXML_165632_12269702.xml Rur	it: 1:		A - Tracl	k Momer	ita Windov	N			
0-09-23 20:52:42 CEST run:165632 ev	12269702	HYPATI	A 🔷		\$		8	ы	
<u></u>			Previous	Event	Next Ev	ent Inse	rt Electron	Insert Muon	De
<u> </u>			ETMi	s: 9.265	GeV	ф: -1.000 r	ad Colle	ction: MET RefFi	nal
	10 ETH I CTI (CHAN)		Enaiker	p/pages/l	MasterClas	s/zpath/Els//j	JiveXML_16563	32_122697 💠 💠	⊙→
				Rec	onstruct	ed Tracks			
			Т	rack	+/	P[GeV	/] Pt[G	eV] ø	
	io 🔒		Tracks 0		+	42.22	42.22	-3.101	1.5
			Tracks 1		-	50.46	37.04	0.030	0.
			Tracks 13		+	1.66	1.44	1.725	1.0
	·•		Tracks 16		-	3.67	1.04	1.838	2.1
			Tracks 29			5.55	1.38	-2.121	0.3
				НҮРА	TIA - Co	ntrol Wind	low		
	Parameter (Control	Interaction and	d Windo	w Contro	l Outpu	t Display		
	Projection	Data	Cuts InDet	Calo	Muon	Det Obje	ects Geon	netry	
	InDet		Name				Va	lue	
	Calo					15.0.00	1		
	MuonDet				>	15.0 Gev	/		
	Objects	Pt2			<	700.0 Me	eV		
	ATLAS	<mark>⊮</mark> d0			<	2.5 mm			
		<mark>⊮</mark> z0			<	20.0 cm			
0 X (m) 10		🗌 d0 Lo	oose		<	2.0 cm			
		🗌 z0-z	Vtx		<	2.5 mm			
		Layer			>	0			
		V Numb	er Pixel Hits		> =	2			
		🗌 Numb	er SCT Hits		>=	: 7			
		🗌 Numb	er TRT Hits		> =	15			
		Sim.	Particle PDG-IE		<	40			
-20 0 Z (m)		🗌 Sim. P	article Barcode		=	: 0			
		Sim. P	article Type			charged	hadron		-
		SimVe	ertex		=	• 0			



Control Window — Janela de Controle

(moldura verde) ferramentas de ajuste da vista do acontecimento e cortes de selecção de acontecimentos:

Ferramentas em Interaction and Window **Control**:

Lupa — ampliar a imagem;

Mão — escolha de traços na imagem;

Cortes de Selecção de Acontecimentos: **Parameter Control** \rightarrow **Cuts** \rightarrow **InDet:** Pt>15 GeV Number Pixel Hits ≥ 2



Permite omitir partículas desinteressantes:

mostra apenas as partículas com momento transverso

acima de 15 GeV e com pelo menos duas interações no

-10

File View Histog

veXML 165632 1220

ATLAS

File Na

halysis tool for interactions in ATLAS - version 6.0 - Invariant Mass Window												
ims Preferences Help												
ne	ETMis [GeV]	Track	P[GeV]	+/-	Pt [GeV]	0	n	M(2I) [GeV]	M(4I) [GeV]			
9702.xml	9.339	Tracks 0	42.2	+	42.2	-3.101	0.002	85.929	6	е		
		Tracks 1	50.5	-	37.0	0.030	0.827		(e		



detector de pixeis da câmara de traços.

Canvas Window — Tela (moldura azul) visualização do detector ATLAS com o acontecimento:

- Projecção X-Y perpendicular ao feixe de partículas (figura em cima); nesta vista apenas são mostradas as partículas detectadas na região central do ATLAS.
- Projecção longitudinal (figura em baixo);
- Distribuição da energia medida no detector (histograma amarelo)



nalysis tool f	or interactions	in ATLAS -	version 6.0	- Invariant M	ass Wi	ndow						00	
ams Prefere	ences Help												
ne 9702 vml	ETMis [GeV]	Tracke 0	Track	P [GeV]	+/-	Pt [GeV]	0	0.0	n	M(2I) [GeV]	M(4I) [GeV]	e/u	
2792.AIII	2.332	Tracks 1		50.5	-	37.0	0.030	0.0	327	53.323		e	
ow - File: I	iveXML 1656	32 1226	9702.xml R	tun: 16563	2 Eve	nt: 1:000							
									. 11/1				
010-09-23	3 20:52:42	CEST ru	n:165632	ev:12269	9702	HYPATI		amente	a window				
			6(t Nex	vt Ever	at Incort	Electron In	pa sert Muon	A Delete Tra	ck
			~ ~ ~	- 00 67/01 021 100	en.		265 GeV	a:	-1.000 rad	Collection	: MET RefFin:	Delete Ira	CK
	~						es/Maste	erClass/	zpath/Els//liv	eXML 165632 12	2697 👍 🖒	o⇒ on o	£3c
							ic spinase	.1 616 2 3/1	epaciticity/jiv			0.000	1.02
15		15		- 20			leconst	ructed	Tracks				
								+/-	P[GeV]	Pt [GeV]	0	θ	\square
			M	-40				+	42.22	42.22	0.030	0.824	
	_		\`\					+	1.66	1.44	1.725	1.057	
7		1	11	20				-	3.67	1.04	1.838	2.855	
			1 1					-	2.16	1.38	-2.121	0.728	
	$\sim M \sim M$	1 1	111									01780	
	<u></u>]			-ro									
	. Y //												
			74	-10									
			//										
		122	/./										
W		11	/	744	77	\mathcal{A}							
		41	·	<u></u>	<u> </u>								
N.C.		2/			++	+++							
		1		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·									
				°. X+	+++	+++++	ontrol	Windo	w			00	
				- '. \ <u>\</u>	111	<u>++++</u>	ntrol	Intera	ction and	Window Contro	L Output P	lisplay	
						\rightarrow		Cute	InDat (ala MuanDa	h Obieste	Coomotine	_
		X (m)	10	,	0 30	120 270	30 Data	cuts	InDet (alo MuonDe	t Objects	Geometry	4
	-							Name			Value		
	- H						tus						
							nDet						
	L						alo						
							luonDet	t					
		17					bjects						
	- A - A		1 1										
			I										
			-										
	100			- II									
-20			7 (n	1 20									

Track Momentum Window — Janela de

Momento dos Traços (moldura

amarela) disponibiliza toda a informação sobre os traços e os objectos de física no detector:

Escolher a **amostra de dados** correcta;



nalysis tool for interactions in ATLAS - version 6.0 - Invariant Mass Window												
ams Preferences Help												
ne	ETMis [GeV]	Track	P[GeV]	+/-	Pt [GeV]	0	n	M(2I) [GeV]	M(4I) [GeV]			
9702.xml	9.339	Tracks 0	42.2	+	42.2	-3.101	0.002	85.929	(а		
		Tracks 1	50.5	-	37.0	0.030	0.827			e		

Track Momentum Window — Janela de Momento dos Traços (moldura **amarela)** disponibiliza toda a informação sobre os traços e os objectos de física no detector:

Se for um **acontecimento de sinal**, classificar os traços/objectos de física em electrão, muão ou fotão e assim preencher a **tabela de massas**;

Se for um acontecimento de fundo, não classificar nenhum objecto;

Passar para o acontecimento seguinte.



nalysis tool for interactions in ATLAS - version 6.0 - Invariant Mass Window												
ams Preferences Help												
ne	ETMis [GeV]	Track	P[GeV]	+/-	Pt [GeV]	0	n	M(2I) [GeV]	M(4I) [GeV]			
9702.xml	9.339	Tracks 0	42.2	+	42.2	-3.101	0.002	85.929	(e		
		Tracks 1	50.5	-	37.0	0.030	0.827			e		



Neste exercício **acontecimentos de sinal** são pares de fotões, pares de electrão-positrão ou de muão-antimuão: $\gamma\gamma$ ou e^+e^- ou $\mu^+\mu^-$ ou $e^+e^-e^+e^-$ ou $e^+e^-\mu^+\mu^-$ ou $\mu^+\mu^+\mu^-\mu^-$





Invariant Mass Window — Janela de

Massa Invariante (moldura vermelha)

mostra a massa das partículas que seleccionar-mos nos eventos de sinal:

- Se o evento tiver um par e^+e^- ou $\mu^+\mu$, classificar os traços, e ver a massa invariante do par **M(2)** na tabela;
- Se o evento tiver um par **yy**, selecionar primeiro **Physics Objects** e classificar ambos os objectos em **fotões**.

Se o evento tiver 4ℓ , introduzir primeiro os dois traços do 1.º par e depois os dois traços do 2.º par. Ver a massa invariante na tabela M(eeee) ou M(eemm) ou M(mmmm).



ol fe	for interactions in ATLAS - version 6.0 - Invariant Mass Window													
ere	nces Help													
	ETMis [GeV]	Track	P[GeV]	+/-	Pt [GeV]	0	n		M(2I) [GeV]	M(4l) [GeV]				
	9.339	Tracks 0	42.2	+	42.2	-3.101	0.002		85.929		е			
		Tracks 1	50.5	-	37.0	0.030	0.827				e			



Neste exercício **acontecimentos de sinal** são pares de fotões, pares de electrão-positrão ou de muão-antimuão: $\gamma\gamma$ ou e^+e^- ou $\mu^+\mu^-$ ou $e^+e^-e^+e^-$ ou $e^+e^-\mu^+\mu^-$ ou $\mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$



IDENTIFICAÇÃO DE PARTÍCULAS





O electrão, e⁻ (ou positrão, e⁺) deixa um traço (a azul turquesa) no detector interior electromagnético (regiões amarelas no

Não produz sinal no calorímetro hadrónico,













IDENTIFICAÇÃO DE FOTÕES

O **fotão** deixa toda a sua **energia** no **calorímetro electromagnético**.

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

Contudo, os fotões podem converter-se num par e⁺e⁻, identificando-se como dois traços juntos (e dependo dos cortes no momento pode ser que apenas um seja visível); a massa do par deve ser nula.















• • •	HYPATIA - Track Momenta Window											
Eil 🔷		0	μ	μγ								
Previous Event	Next Event	Electron	Muon	Photo	n D	e						
ETMis: 9.0	068 GeV 🛛 🥵	9: -1.856 r	ad Co.		. MET	2_						
/Users/samor/Desktop/Hypatia_7/events/groupS/event003.xml												
Tracks	P	hysics Obje	cts									
Track		P [GeV]	Pt [Ge	eV]								
Object 0	70.6	7	52.95		2.701							
	10.0	-										
Object 1	54.9	5	51.51		-0.415	>						







IDENTIFICAÇÃO DE MUÕES

Para além dos neutrinos, só os **muões** conseguem atravessar todo o detector.

São detectados nas câmaras de muões (a azul na figura), deixam um traço (azul) ao longo de todo o seu percurso, pequenos depósitos de energia nos calorímetros (caixas amarelas) e **activam as câmaras** de muões (planos vermelhos ou azuis turquesa junto das câmaras atravessadas pela partícula).

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









IDENTIFICAÇÃO DE MUÕES

Para além dos neutrinos, só os **muões** conseguem atravessar todo o detector.

São detectados nas **câmaras de muões** (a

EXERCÍCIO: Quando encontrar **pares de muão-antimuão** selecciona um traço de cada vez e adiciona-os à tabela de massas:

	HYPATIA - Track Momenta Window											
	Ę	>	8	μ		Y	X			\Leftrightarrow		
	Next	Event	Electron	Muo	on	Photon	Delete T	rack	Re	set Ca		
0.	.308 Ge	€V	y: 1.424 r	·		lection:	MET_RefFi	nal				
/D	Desktop/Hypatia_7/events/groupS/event001.xml _ ↓ ♪ ○→ ○1											
		Ph	ysics Obje	cts								
		P [Ge\	/]	Pt	[GeV]	φ		6				
		-	126.09	4	9.99		-1.251		2.734	4		
		+	86.47	3	8.05		2.079		2.686			



JACTOS

IDENTIFICAÇÃO DE JACTOS

Os **jactos** são conjuntos de várias partículas carregadas que deixam vários **traços** na câmara interior, alguma energia no calorímetro electromagnético, mas a maioria da sua **energia** é depositada no **calorímetro hadrónico** (detector de cor salmão na figura).

Não produzem sinal nas câmaras de muões.

Estas partículas podem acompanhar os pares de fotões, electrão-positrão e/ou muão-antimuão que estamos à procura.



Logo que terminem a análise dos 50 eventos está feito! Se não conseguirem classificar todos os acontecimentos não há problema!

No final, guardar os resultados do histograma da massa para um ficheiro de texto:

Na Janela Invariant Mass Window File \rightarrow Export Invariant Masses

ATENÇÃO: Confirmem onde estão a salvar o ficheiro! Sugestão: Desktop ou Secretária



HYbrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window

GeV]	φ	η	M(2) [GeV]	M(eee	ee) [GeV]	M(eemm)	[GeV]	M(mmmm)) [GeV]	
	2.701	0.797	106.911							g
	-0.415	0.363								g
	File	\$	\$	8	h	٧		X		4
	· ····	Previous Event	Next Event	Electron	Muon	Photon	Dele	ete Track	Res	et
		ETMis: 9.0)68 GeV φ :	-1.856 r	ad Co	ollection:	MET_Re	efFinal		
		/Users/samor/De	sktop/Hypatia_7	/events/gr	oupS.zip/e	vent003.xn	nl	\$₽	⊙→	С
		Tracks	Phys	ics Object	s					
		Track	Р	[GeV]	Pt [C	GeV]	¢	b		(
	Object	t 0	70.67		52.95	2.	701		0.847	
	Objec	t 1	54.95		51.51	-(0.415		1.215	



Logo que terminem a análise dos 50 eventos está feito! Se não conseguirem classificar todos os acontecimentos não há problema!

No final, guardar os resultados do histograma da massa para um ficheiro de texto:

Na Janela Invariant Mass Window File \rightarrow Export Invariant Masses

Submeter os resultados no OPIoT: <u>https://cernmasterclass.uio.no/OPIoT/index.php</u> nome de utilizador: "ippog"

senha: "imc"



ATENÇÃO: Seleccionem a data de hoje, Coimbra, e o número e letra da amostra de dados que vos foi atribuída para análise

ATENÇÃO: Confirmem onde estão a salvar o ficheiro! Sugestão: **Desktop ou Secretária**



Logo que terminem a análise dos 50 eventos está feito! Se não conseguirem classificar todos os acontecimentos não há problema!

No final, guardar os resultados do histograma da massa para um ficheiro de texto:





ATENÇÃO: Seleccionem a data de hoje, Coimbra, e o número e letra da amostra de dados que vos foi atribuída para análise

NOTA: Não sair do Hypatia enquanto não tiverem carregado o ficheiro dos resultados correctamente no OPIoT.

					_	
OPloT -	MasterClas] 🕂					
\leftarrow \rightarrow	Ə 💁 🕥 htt	:p://cernmaste	erclass. uio.no /C)PloT/studentPa	age. 🚖 🔀 🔻 Pesquisar com	G
OPI	oT – Mas	terClas	s – Stu	ident pa	age	
Start S	tudent Moderator	Tutor Ad	ministrator	Frida	ay, March 28th 2014 - 17:03:28 CET	
Stude	nt Tasks					
ase se	elect items from the d	rop-down boxes	s to submit your	results!		
Year 💌	Month 🗾 Day 🗾 Ir	stitution 🗾 G	roup number <mark>-</mark>	Group letter	-	
<	1					T
	0				•	



Depois de carregado o ficheiro no OPloT, escolher o plot "II+gg+4I overview" e analisar os vossos resultados!

O que são os picos na distribuição de massa?

reconstruídas com todos os acontecimentos analisados em Coimbra!



Vamos fazer uma ligação com os nossos colegas no CERN e discutir os resultados da vossa análise!

No final faremos um sumário juntos e **interpretaremos o histograma das massas**



RECAPIULANDO

- Cada aluno analisará 50 eventos reais de ATLAS numa amostra identificada por um número e por uma letra;
- Verificar os valores dos cortes para omitir as partículas desinteressantes: **Parameter Control** \rightarrow **Cuts** \rightarrow **InDet: Pt>15 GeV**; Number Pixel Hits ≥ 2
- Estudar cada acontecimento e classificá-lo em sinal ou fundo de acordo com os critérios de selecção: Sinal:

 $Z \rightarrow e^+e^-$ (=2 electrões com carga oposta e pT≥15 GeV) $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$ (=2 muões com carga oposta e pT \gtrsim 15 GeV) H→γγ (=2 fotões com pT≥15 GeV)

Fundo — eventos que não pertencem a nenhuma das categorias anteriores



- $H \rightarrow ZZ \rightarrow \ell^+ \ell^- \ell'^+ \ell''$ (=2 pares de leptão-antileptão (pares de e ou μ); pT \geq 15 GeV)

RECAPITULANDO

- uma letra;
- Verificar os valores dos cortes para omitir as partículas desinteressantes: **Parameter Control** \rightarrow **Cuts** \rightarrow **InDet: Pt>15 GeV**; Number Pixel Hits ≥ 2
- Sinal:

Z→e+e- (=2 electrões com carga oposta e pT≥15 GeV) $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$ (=2 muões com carga oposta e pT≥15 GeV) H→γγ (=2 fotões com pT≳15 GeV) H→ZZ→ $\ell^+\ell^-\ell'^+\ell'^-$ (=2 pares de leptão-antileptão (pares de e ou μ); pT≥15 GeV)

Fundo — eventos que não pertencem a nenhuma das categorias anteriores



Cada aluno analisará 50 eventos reais de ATLAS numa amostra identificada por um número e por

Estudar cada acontecimento e classificá-lo em sinal ou fundo de acordo com os critérios de selecção:

ESTES ACONTECIMENTOS DEVEM SER ADICIONADOS À TABELA DE MASSAS!



RECAPITULANDO

- Cada aluno analisará 50 eventos reais de ATLAS numa amostra identificada por um número e por uma letra;
- Verificar os valores dos cortes para omitir as partículas desinteressantes: **Parameter Control** \rightarrow **Cuts** \rightarrow **InDet: Pt>15 GeV**; Number Pixel Hits ≥ 2
- Estudar cada acontecimento e classificá-lo em sinal ou fundo de acordo com os critérios de selecção: Sinal:

Z→e⁺e⁻ (=2 electrões com carga oposta e pT≥15 GeV) $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$ (=2 muões com carga oposta e pT≥15 GeV) H→γγ (=2 fotões com pT≥15 GeV) $H \rightarrow ZZ \rightarrow \ell^+ \ell^- \ell'^+ \ell'^-$ (=2 pares de leptão-antileptão (pares de

Fundo — eventos que não pertencem a nenhuma das categorias anteriores







DETECTOR ATLAS





> Apagar eventos da tabela de massas:

HYbrid Pupils' Analysis Tool for Interactions in ATLAS - version 7.4 - Invariant Mass Window											
File View Histograms Preferences	Help										
File Name	ETMis [GeV]	Track	P [GeV]	+/-	Pt [GeV]	φ	η	M(2) [GeV]	M(eeee) [GeV]	M(eemm) [GeV]	M(mmmm) [GeV]
event001.xml	40.308	Tracks 2	126.1	-	50.0	-1.251	-1.576	86.982			r
		Tracks 131	86.5	+	38.1	2.079	-1.462				r
event002.xml	23.867	Tracks 5	96.9	–	49.9	-1.588	1.282				E

1. Seleccionar o evento em questão;

2. Seleccionar a partícula na janela Track Momenta Window e carregar em **Delete Track**.

	HYPATIA - Track Momenta Window												
File	4	\$	8	μ	V	X		\Leftrightarrow					
Pre	evious Event	Next Event	Electron	Muon	Photon	Delete Track	Rese	et C					
	EIMIS. 23.0	o/ Gev	ψ: 1.012 rad	001	lection.								
Us /Us	ers/samor/Desk	ctop/Hypatia_	7/events/grou	pS.zip/ev	ent002.xm		⊙→	ot					
	Fracks	Phy	sics Objects										
	Trock	+/-	P [GeV]	P	t [GeV]	φ		θ					
Tracks 5			96.91	49.93		-1.588	0.541						
Tracks 22		+	81.40	40.97		1.553	0.527						
Tracks 78	3	+	29.64	24.42		3.118	0.968						
		I											





Ampliar a Imagem:

Na janela Control Window, selecionar Interactions and Window Control: escolher a lupa;





Na janela *Canvas Window*, clicar na vista onde pretende fazer zoom e **pressionar o rato + arrastar**;

Para **regressar** à selecção de traços escolha a ferramenta **mão**.



Erro na tabela de massas: INCOMPATIBLE / INCOMPATÍVEL

\bigcirc	\bigcirc					HYbrid Pupils' A	nalysis Too	l for
File	View	Histograms	Preferences	Help				
		File Name		ETMis [GeV]		Track	P [GeV	/]
event0	01.xm	าไ		40.308	Tracks 2		126.1	
					Tracks 131		86.5	
event0	02.xm	าไ		23.867	Tracks 22		81.4	
					Tracks 78		29.6	

1º Verificar **a carga** dos traços adicionados: para virem de um Z neutro têm de ser de cargas opostas!

TÊM CARGAS IGUAIS?

Apagar as partículas desse evento (**Delete Track**) e adicionar apenas pares de partícula-antipartícula.





Erro na tabela de massas: INCOMPATIBLE / INCOMPATÍVEL

			HYbrid Pupils' A	Analysis Tool fo	r Interac	ctions in	ATLAS -	version 7.4	- Invariant N	lass Wi	ndow				
File View Histograms Preferences	Help														
File Name	ETMis [GeV]		Track	P [GeV]	+/-	Pt	[GeV]	φ	η	M(2) [GeV]	M(eeee) [GeV]	M(eemm) [(eV] M(mmm	m) [GeV] e/
event002.xml	23.867	Tracks 5		96.9	-	49.9		-1.588	1.282	90.46	7				e
	0.000	Tracks 22		81.4	+	41.0		1.553	1.309	100.0	11				e
event003.xml	9.068	Object 0		70.7		52.9		2.701	0.797	106.9	11				g
event004.xml	45.059	Tracks 5		128.4	+	25.9		-1.395	2.283	90.03	5				m
		Tracks 217		43.4	-	38.6		1.913	0.497		-				
event005.xml	13.908	Tracks 23		103.1	_	99.6		-2.067	0.262	Incom	patible	<u>na dina dina dina dina di</u> na dina dina dina dina dina dina dina di			m
		Tracks 312		20.1	+	18.2		1.664	-0.445	antana ana amin'ny fisiana amin'ny fisiana amin'ny fisiana amin'ny fisiana amin'ny fisiana amin'ny fisiana amin					e
2º Verificar os para virem de	2º Verificar o sabor das partículas adicionadas: para virem de um Z neutro têm de ser do								vent Nex s: 13.908 of or/Desktop/	xt Event Gev 'Hypatia	Electron φ: 1.590 1 7/events/gr	Muon cad Col: coupS.zip/eve	Photon C Lection: ME1 nt005.xml	X elete Track RefFinal	⇔ Reset Ca
mesmo tipo!							[[-	Tracks		Ph	ysics Object	S			Δ
							Track	c 23	<u> </u>	+/-	103 7	/] FL 99.64		Ψ	1 312
ΤÊΜ CΛΟΟΕ		NITEC	つ				Track	<u>s 54</u>		_	26.78	26.77		50	1.601
I EIVI JADUKES	DIFER	:INIE3	•				Track	s 312		+	20.06	18.23	1.6	64	2.001
	Track	racks 420		+	24.7	23.28	-2	.135	1.280						
Apagar as part	iculas de	everse est	/ento (D	elete Tr	ack	() e									
adicionar apen	as pares	de pa	rtícula-a	antipartí	cula	A,									

i apenas pares de particula antiparticula, *i.e.* gg, e⁺e⁻ ou µ⁺µ⁻.





O que são os círculos magenta no detector interior ?

São os vários vértices onde ocorreram colisões.

No LHC quando ocorrem colisões protão-protão, o que na realidade interage são os quarks e gluões no interior dos protões. Para além disso não aceleramos apenas um protão mas sim um feixe com muitos protões, pelo que ocorrem imensas colisões simultâneas!

colisões, resultando em vários vértices de colisão.



O detector ATLAS tem sensibilidade para distinguir o local exacto onde ocorrem as várias

