

# MEDIDA DA SEÇÃO DE CHOQUE DO $J/\psi(1S)$ DECAINDO EM DI-MÚONS USANDO DADOS PÚBLICOS DO CMS.

Autores:

Miguel Lopes  
Isis Mota  
Lucas Johnny

Dalmo Dalto  
Pedro Henrique  
Lucas Kopke

Professores: Eliza Melo, Maurício Thiel e Sandro Fonseca

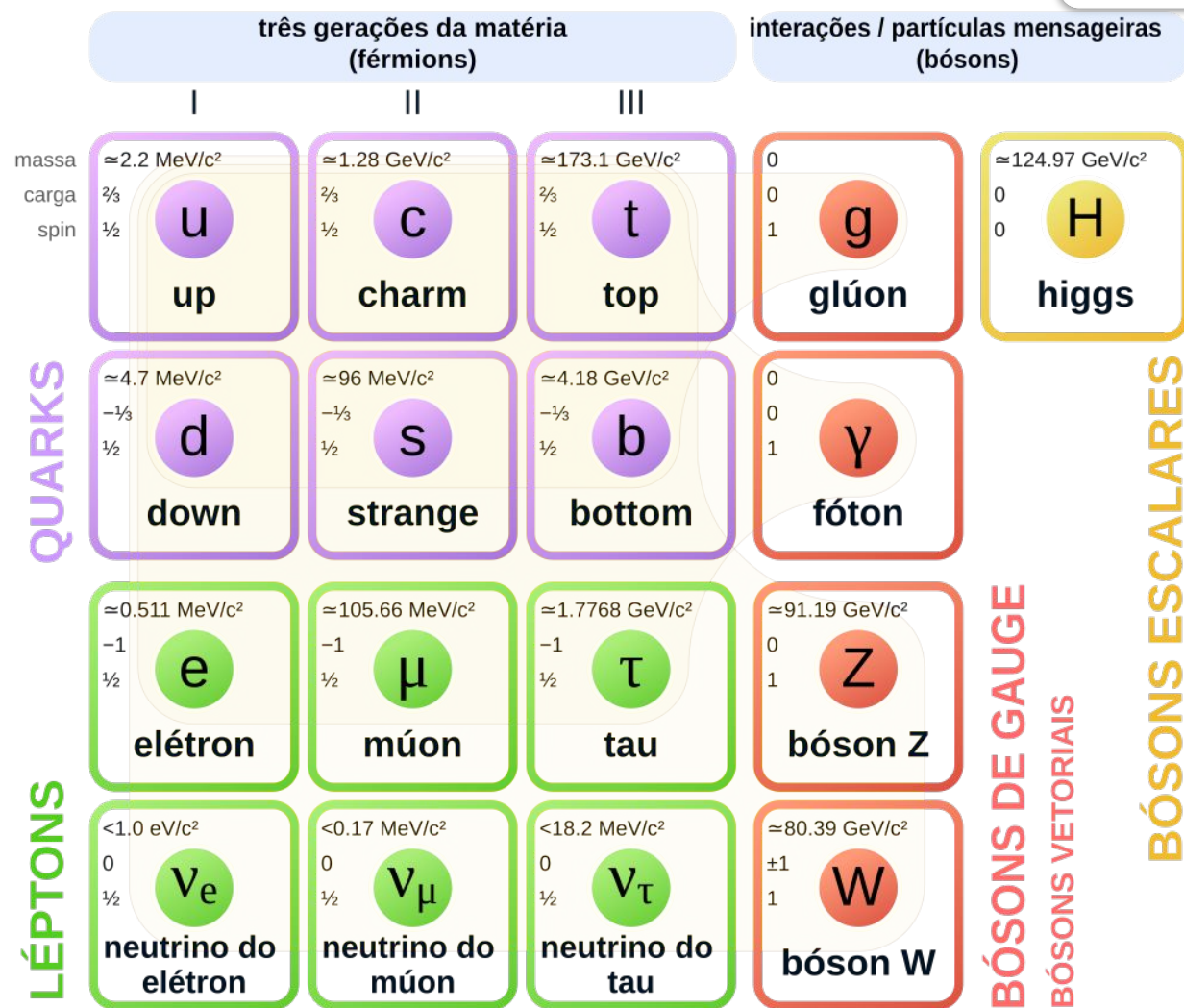


Dep. de Física – PPGF,  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Rio de Janeiro - RJ, Brazil



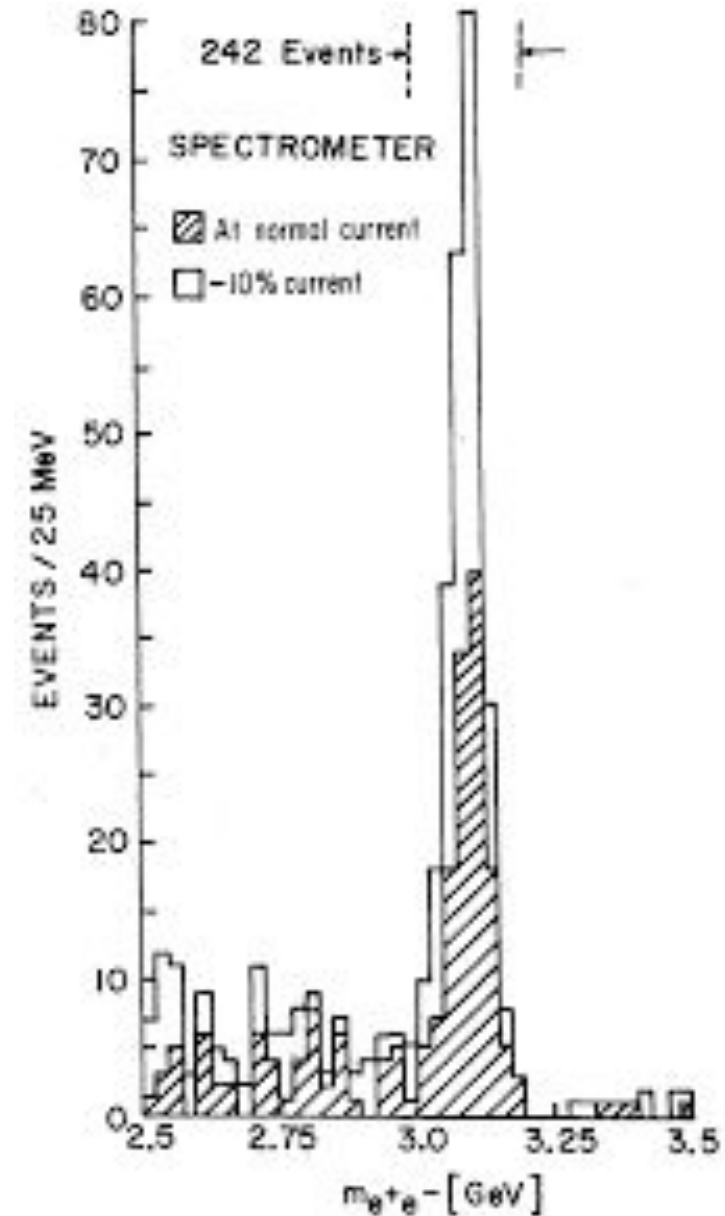
## 1) Modelo padrão

- O MP descreve a interação eletrofraca e forte como interações fundamentais.
- A interação das partículas com o campo de Higgs é responsável pela massa existente nas mesmas.
- O MP classifica outras partículas não fundamentais como bárions e mésons.



## 2) Méson $J/\psi$

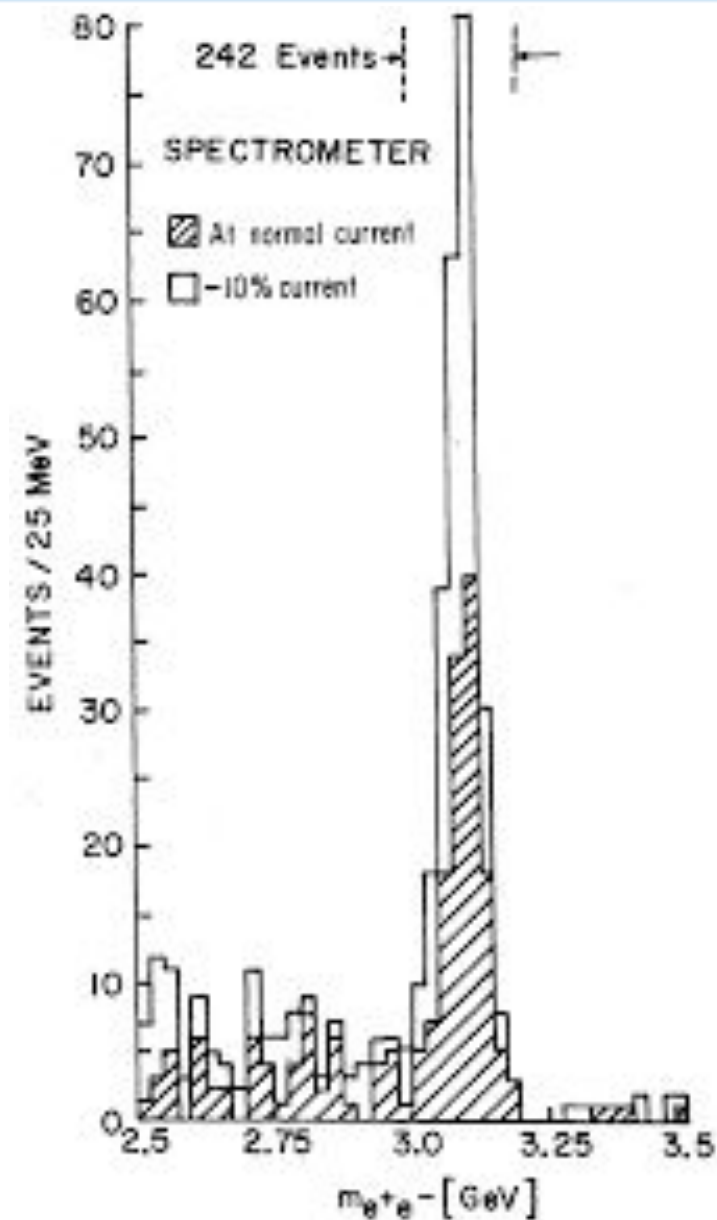
- O  $J/\psi$  foi descoberto em 1974 por Burton Richter (SLAC) e Samuel Ting (BNL).
- Massa de  $3096,900 \pm 0,006 \text{ MeV}/c^2$
- Corroborou para a consolidação do modelo de quarks e para a cromodinâmica quântica (QCD)



## 2) Méson $J/\psi$

- Decaimentos

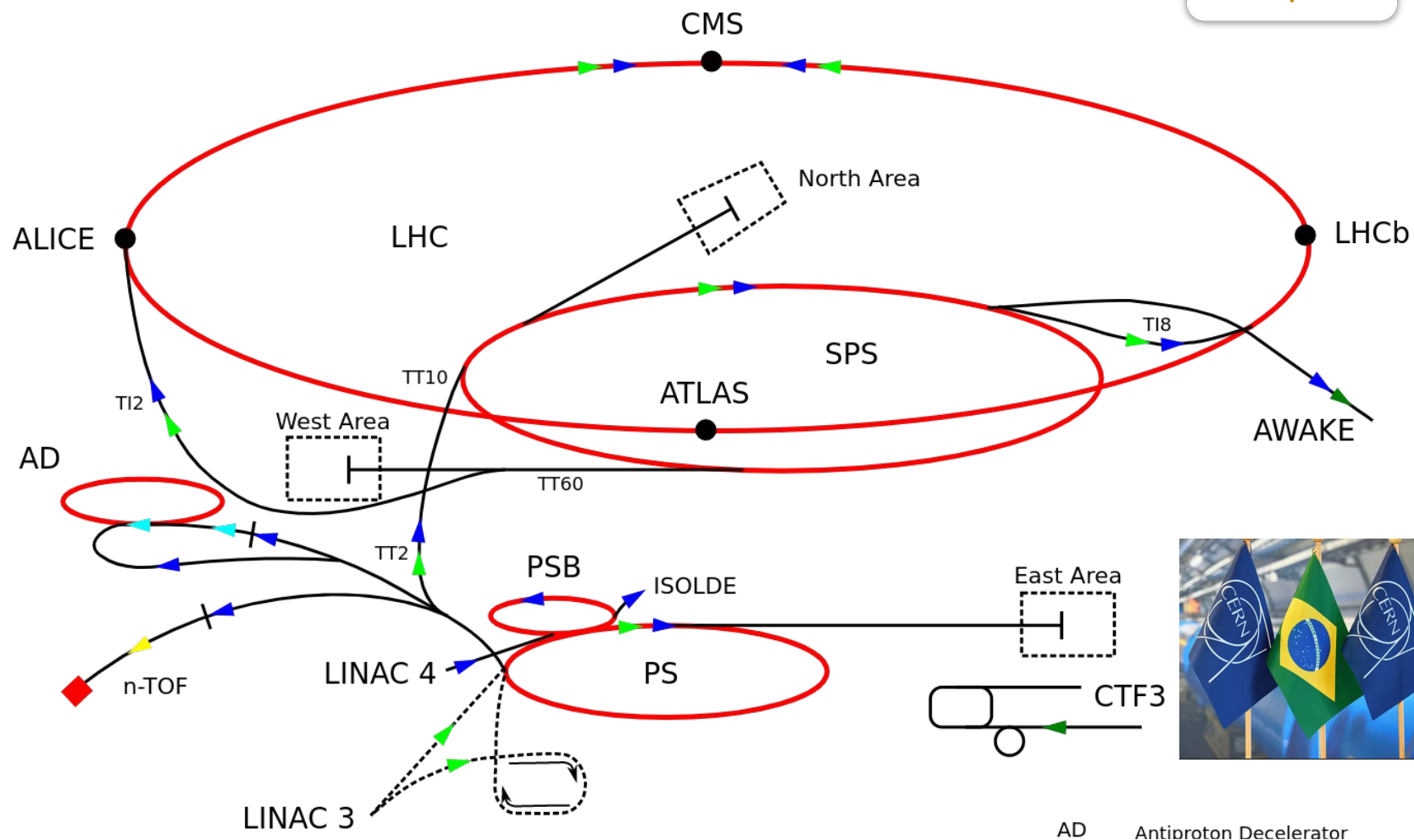
Canal	Taxa de decaimento (%)	Erro (%)
hádrons	87,7	0,5
$g g g$	64,1	1,0
$e^+ e^-$	5,971	0,032
$\mu^+ \mu^-$	5,961	0,033



## 1) CERN e LHC

- O CERN é um complexo de pesquisa que visa estudar as estruturas fundamentais do universo. Formado por 24 países membros com a recente chegada do Brasil.

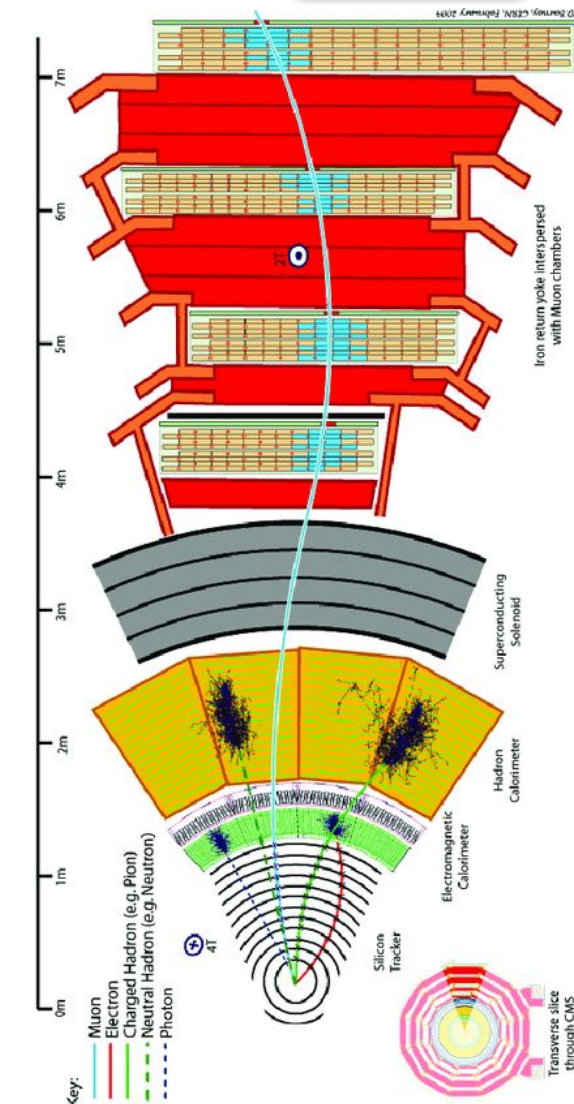
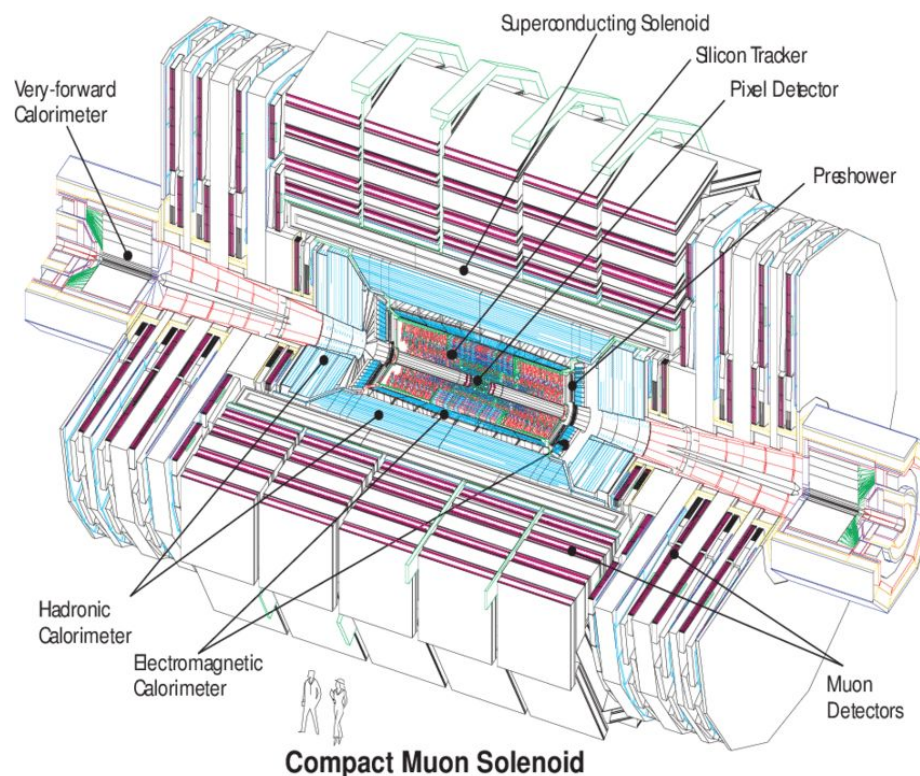
- O LHC (Large Hadron Collider) é o acelerador de partículas onde estão localizados quatro experimentos: LHCb, ALICE, ATLAS e CMS.





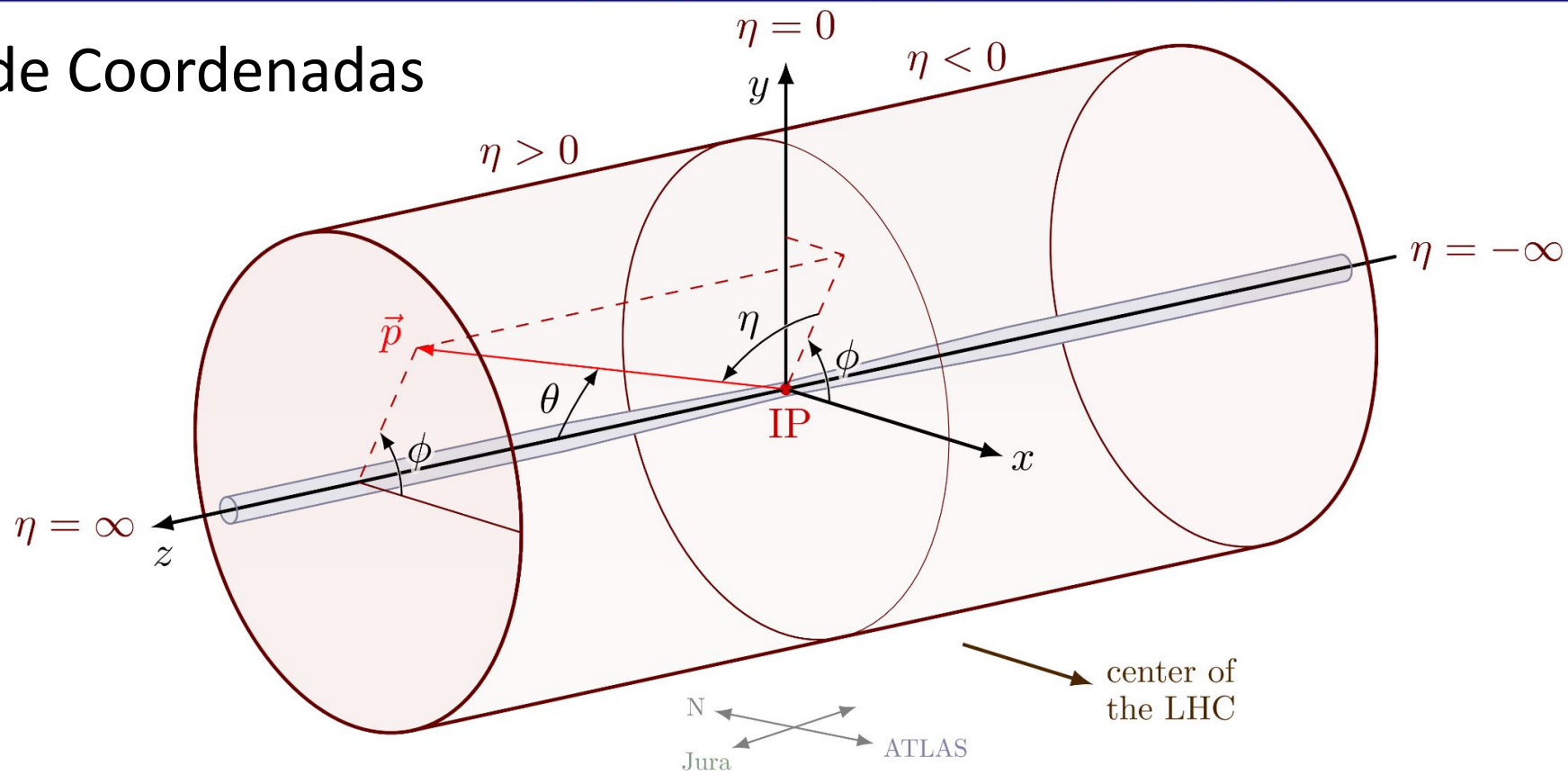
## 1) CMS

- O CMS é projetado para estudar uma ampla área na física de altas energias, Modelo Padrão, matéria escura, etc.
- É composto por muitos subsistemas, entre os principais estão o sistema de trajetografia, os calorímetros e a câmara de múons. Estando todos envoltos por um forte campo magnético.



Grandeza	Equação
Pseudorapidez ( $\eta$ )	$\eta = -\ln[\tan(\frac{\theta}{2})]$
Ângulo azimutal ( $\phi$ )	$\phi = \arcsin(\frac{p_y}{p_T})$
Momentum Transverso ( $p_T$ )	$p_T^2 = p_x^2 + p_y^2$

## 1) Sistema de Coordenadas

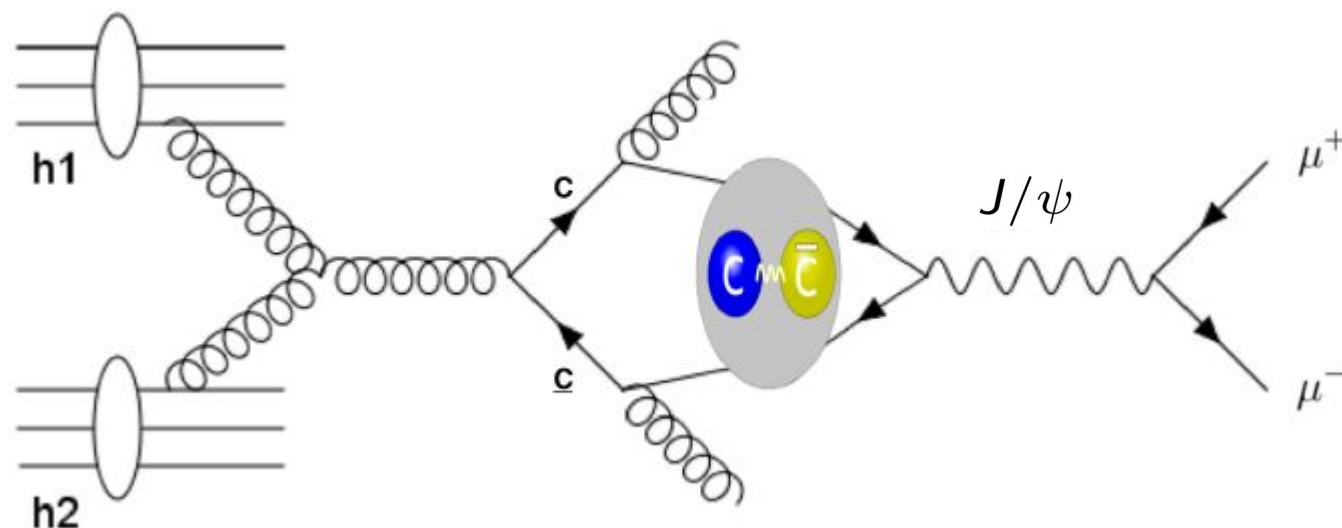


## 1) Seção de Choque

- Estudar o cálculo da seção de choque e a importância dessa variável para a física de altas energias. O canal escolhido para esse estudo foi  $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ .

- Os eventos utilizados neste estudo foram disponibilizados no material de proposta para o projeto. Para análise de todos os eventos usou-se o ROOT.

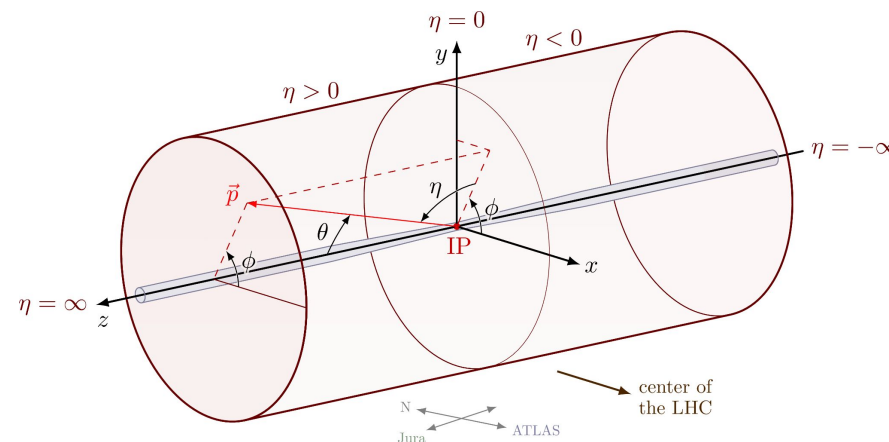
$$\sigma_{J/\psi \rightarrow \mu\mu} = \frac{N_{J/\psi} - B}{A \cdot \epsilon \cdot BR_{(J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-)} \cdot \mathcal{L}_{Int}}$$





A aceitação é definida como um quociente que relaciona o número de eventos gerados, denotado pela letra  $N$ , e o número de eventos que poderiam passar pelo detector, denominado por  $N_{pass}$ .

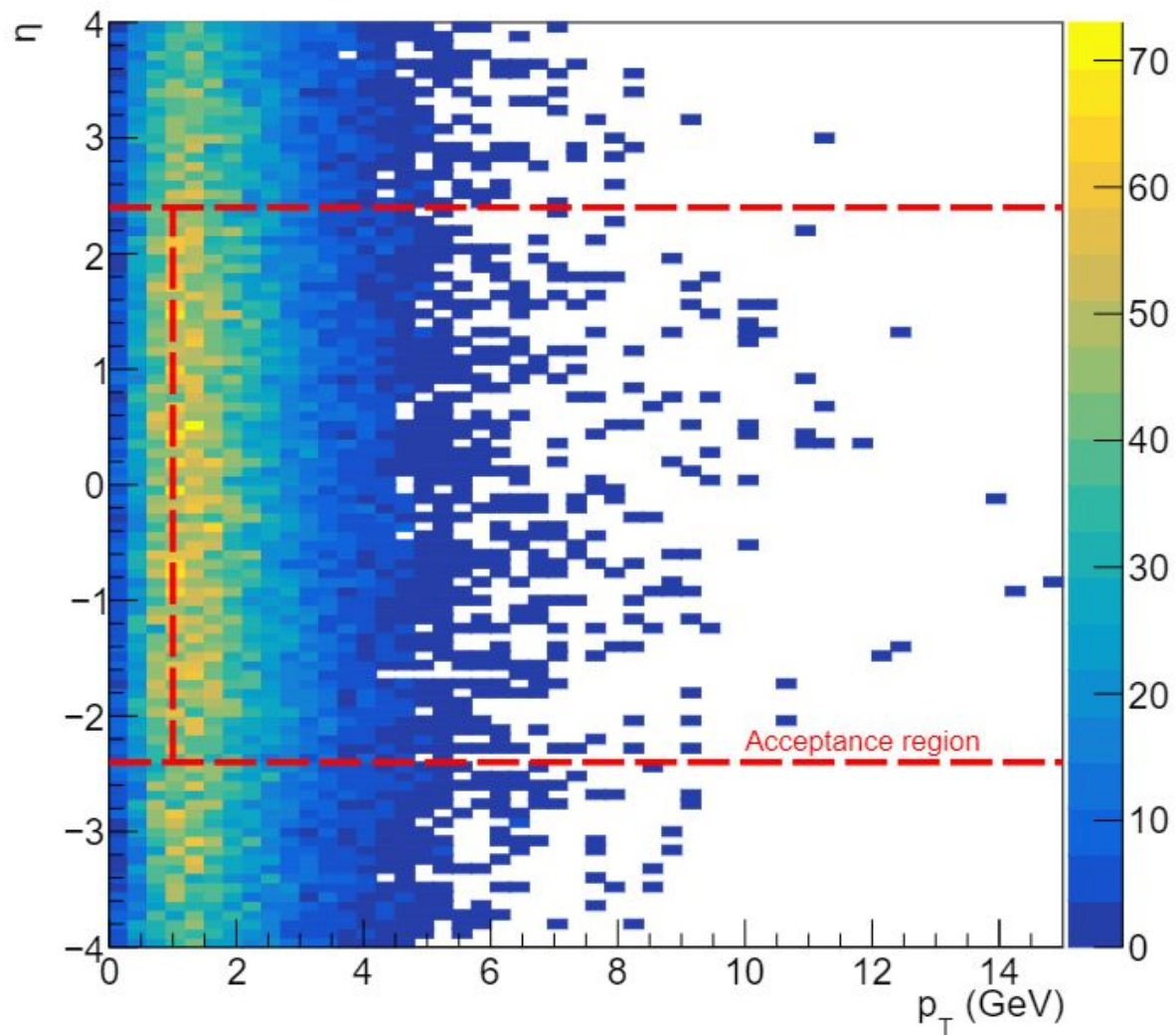
$$A = \frac{N_{pass}}{N}$$



A aceitação está relacionada a geometria do detector e possui algumas limitações em termos das variáveis cinemáticas:

Faixas consideradas:  $p_t > 1 \text{ GeV}$   $|\eta| < 2,4$

$p_T \times \eta$  de cada muon



Geração utilizando PYTHIA8:

Eventos gerados: **100.000**

Eventos de  $J/\Psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ : **23.027**

Eventos seleccionados: **5300**

A limitação em vermelho apresenta a faixa de pseudorapidez considerada.

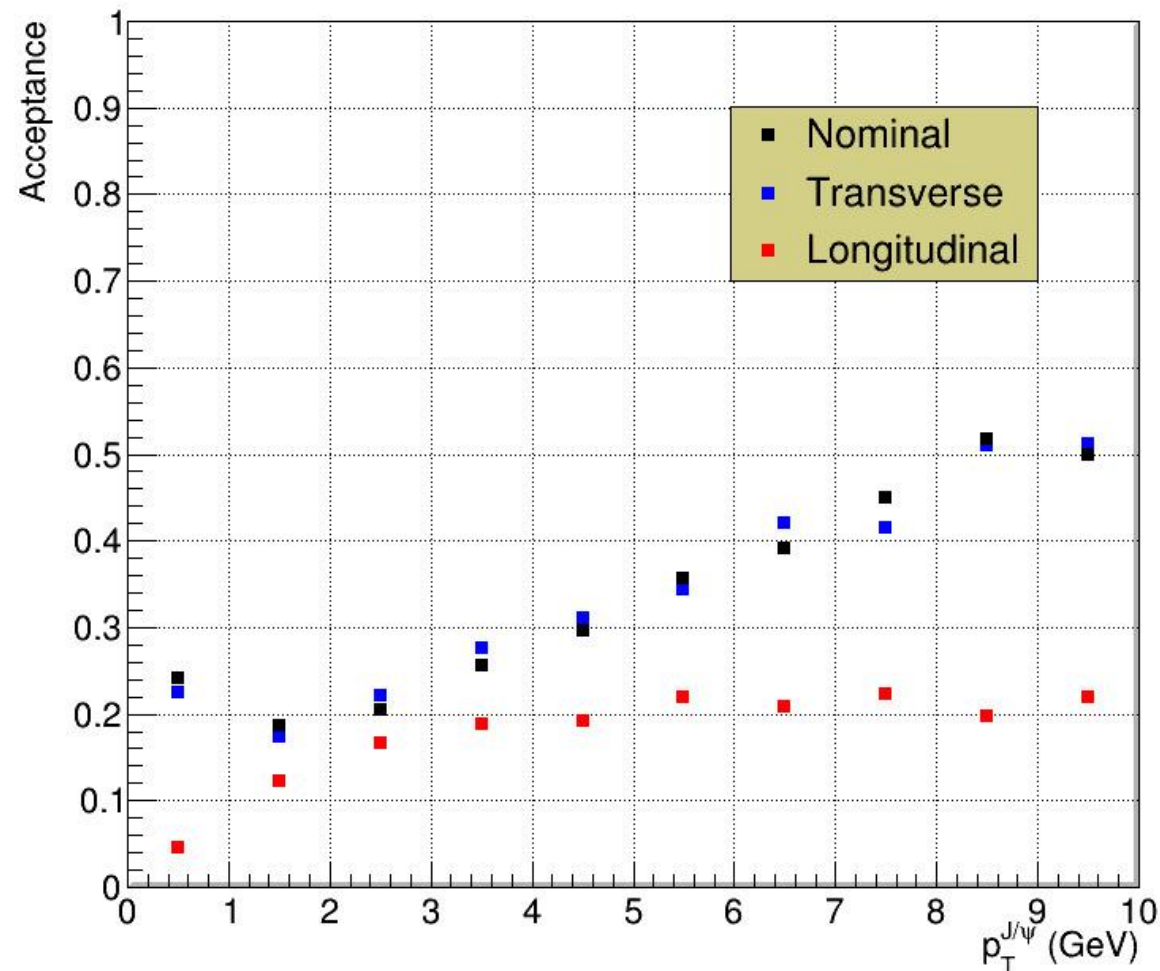
# Aceitação

A polarização está relacionada à direção preferencial de decaimento de algumas partículas. Para o estado espectroscópico  $J/\psi$  podemos considerar os extremos:

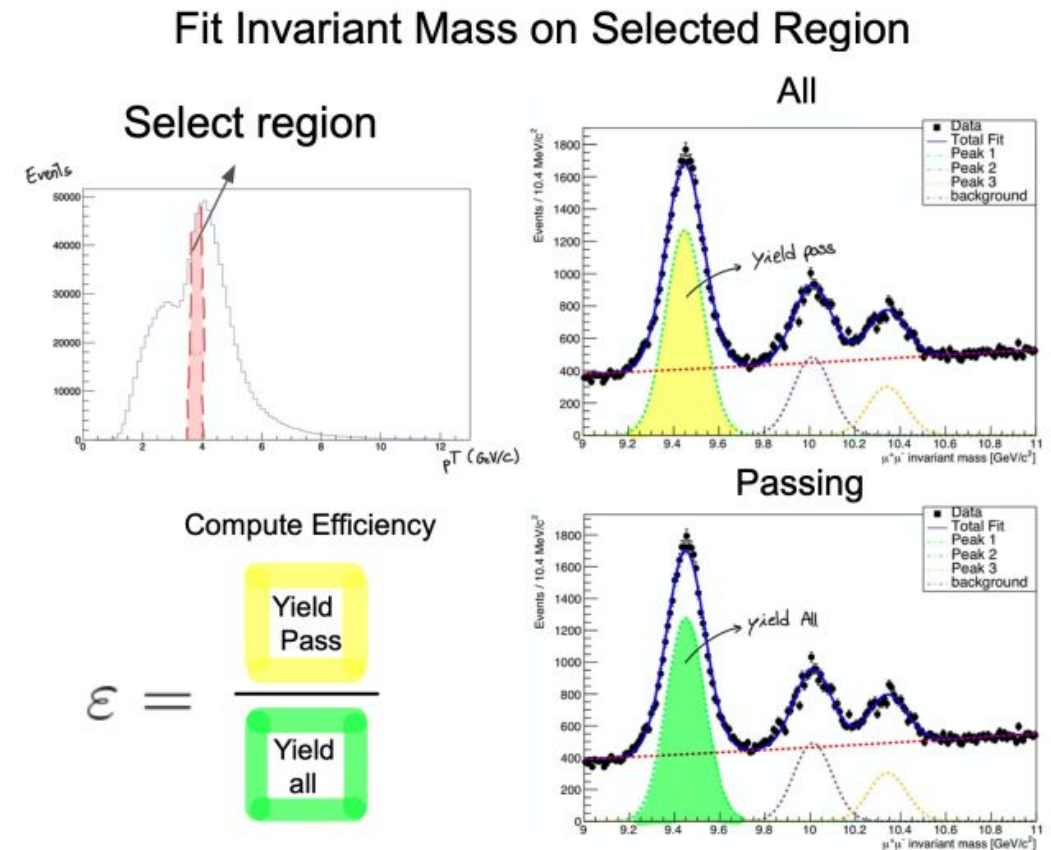
- **Transversal:** direção paralela/antiparalela entre os momentos dos múons em relação ao momento de  $J/\psi$  (+1);
- **Longitudinal:** direção perpendicular ao momento de  $J/\psi$  (-1);
- Polarização nula (0).

Table 1: Valores de aceitação para diferentes estados de polarização do  $J/\psi$ .

$\alpha$ (Polarização)	Aceptância
0 (Nominal)	0,230165
+1 (Transversal)	0,236852
-1 (Longitudinal)	0,128284

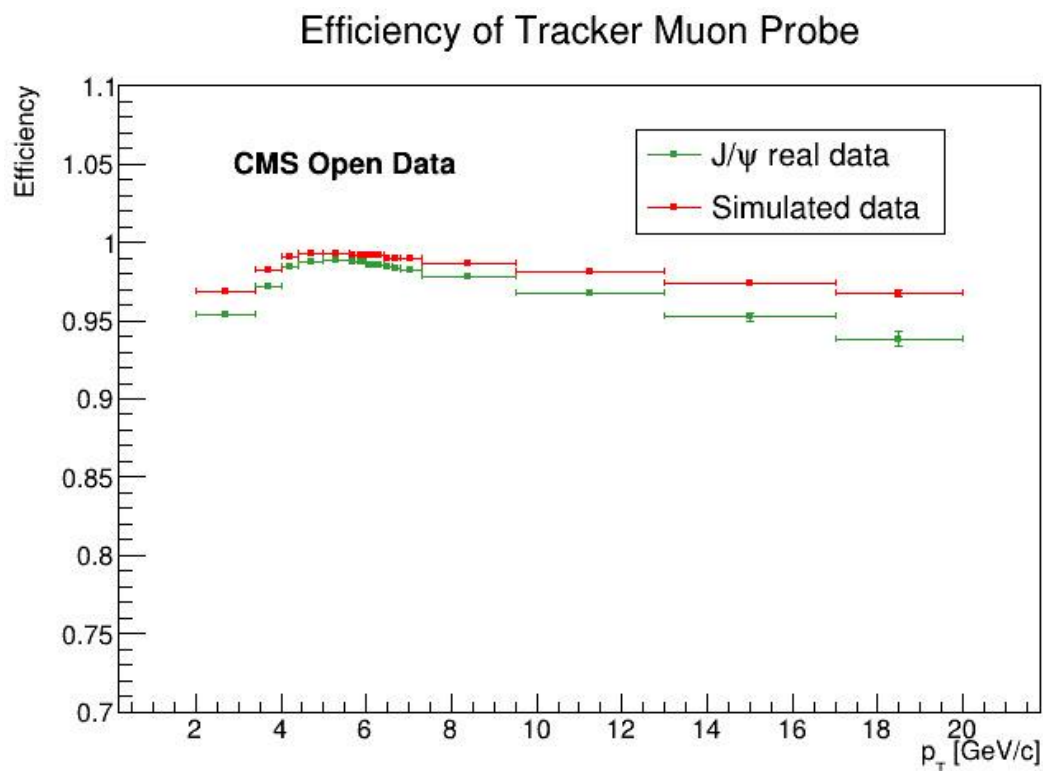


- Este método é utilizado para medir a eficiência de detecção de partículas em eventos que contém léptons.
- Neste caso, os múons resultantes do decaimento devem passar por alguns critérios de seleção. Os múons que passam pelos critérios passa a ser chamado de **Tag** enquanto o número total de múons é chamado de **Probe**.





- Comparação da eficiência em bins de  $p_T$  entre dados experimentais e simulados em Monte Carlo.
- Número de  $J/\Psi$  em bins de  $p_T$  para cálculo da seção de choque.

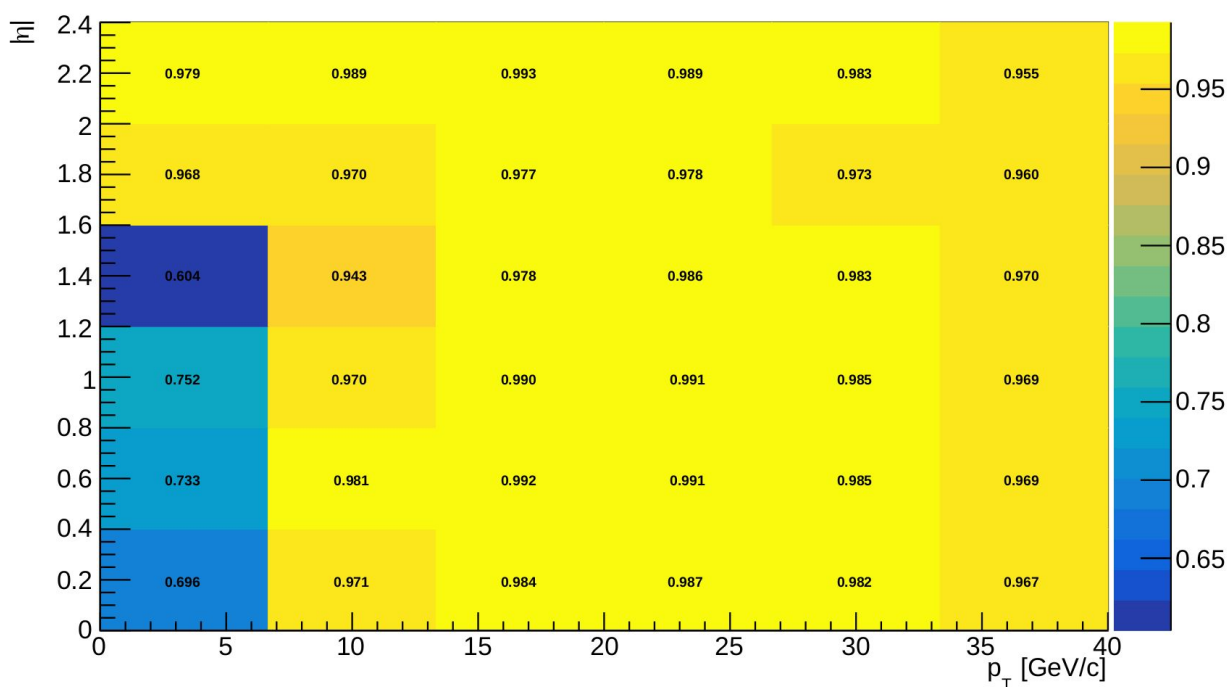


Os critérios de seleção adotados foram:  $p_T > 1$  GeV e  $|\eta| < 2,4$

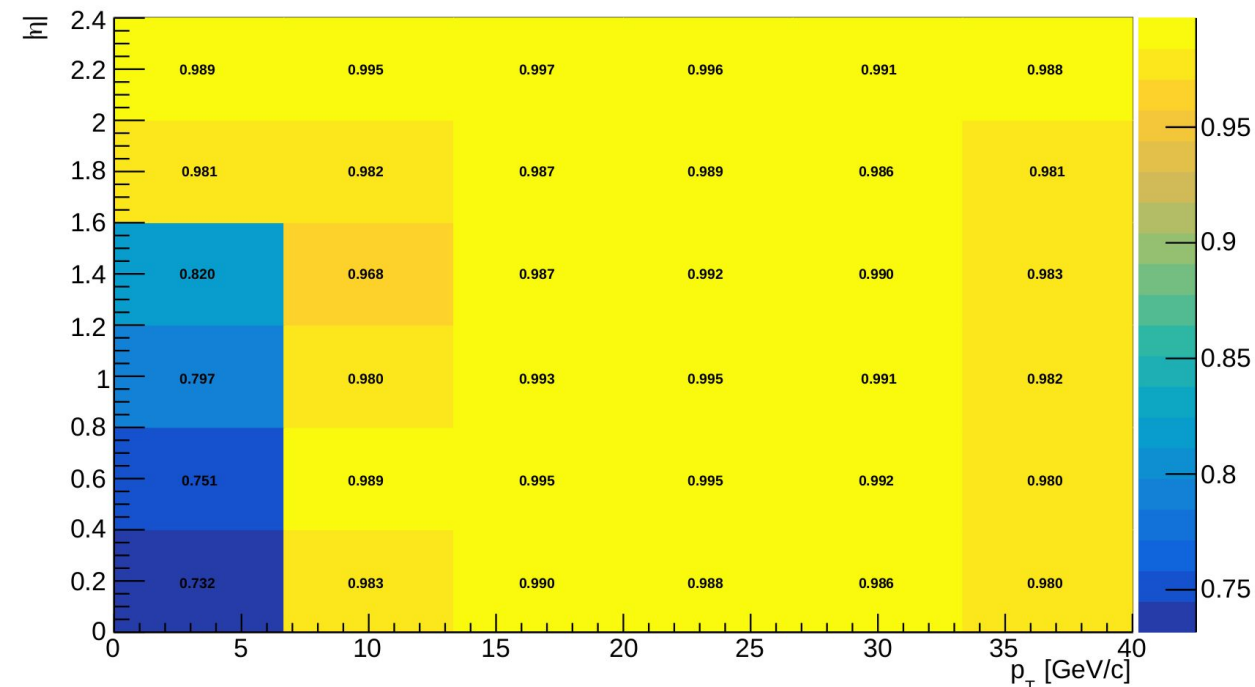
O valor médio da eficiência em  $p_T$  dos eventos reais foi:  $\epsilon = 0,985 \pm 0,008$

- Eficiência de intervalos de pseudo-rapidez em função de intervalos de  $p_T$ .

Efficiency for trackerMuon (MC)



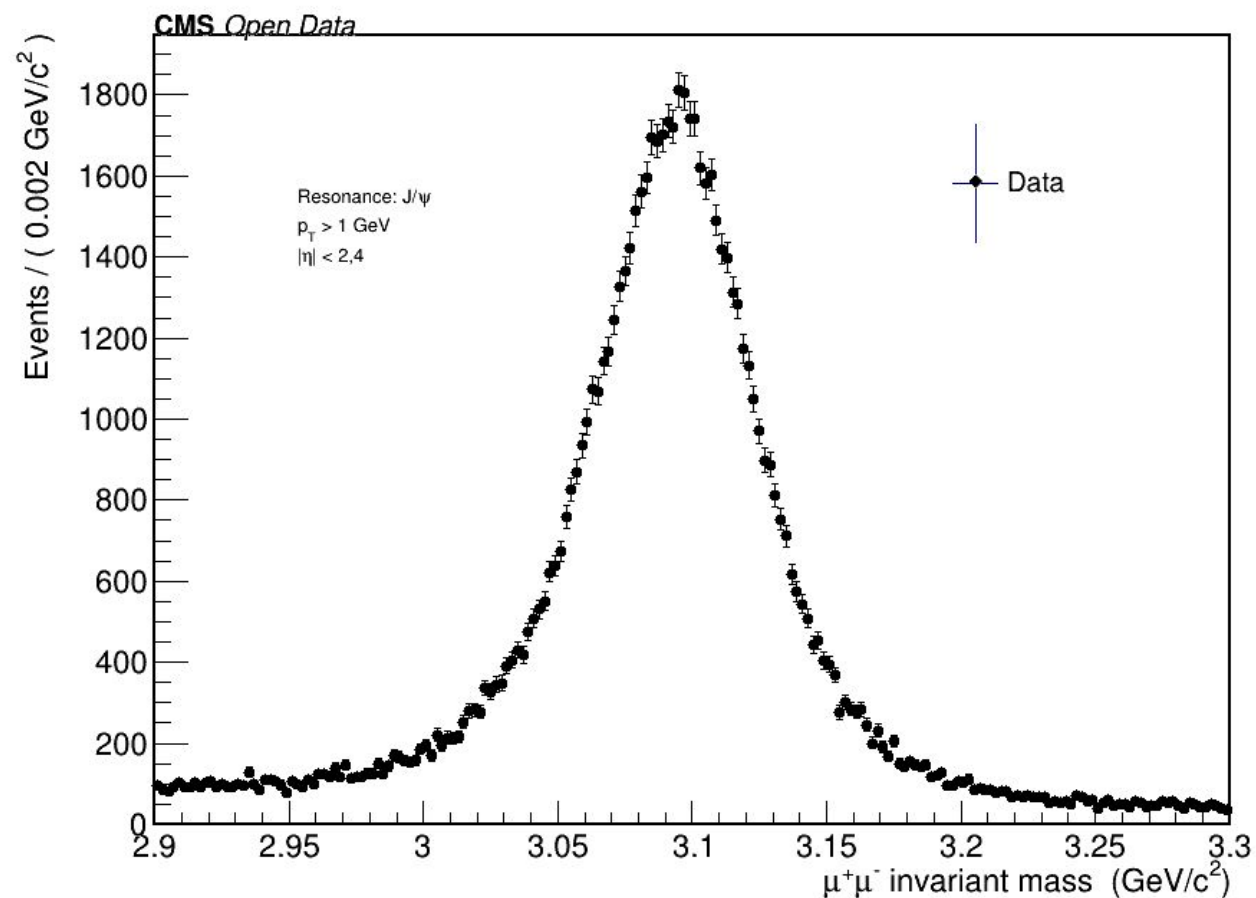
Efficiency for trackerMuon (Data)



- Tabela de eficiências para intervalo de pseudo-rapidez ( $\eta$ ) e  $p_T$ .

Pseudo-rapidez	$0,0 < p_T < 6,6$	$6,6 < p_T < 13,3$	$13,3 < p_T < 20,0$	$20,0 < p_T < 26,6$	$26,6 < p_T < 33,3$	$33,3 < p_T < 40,0$
$0,0 < \eta < 0,4$	0,989	0,995	0,997	0,996	0,991	0,988
$0,4 < \eta < 0,8$	0,981	0,982	0,987	0,989	0,986	0,981
$0,8 < \eta < 1,2$	0,820	0,968	0,987	0,992	0,990	0,983
$1,2 < \eta < 1,6$	0,797	0,980	0,993	0,995	0,991	0,982
$1,6 < \eta < 2,0$	0,751	0,989	0,995	0,995	0,992	0,980
$2,0 < \eta < 2,4$	0,732	0,983	0,990	0,988	0,986	0,980

- A partir da seleção de eventos obtemos o número de mésons  $J/\psi$  presentes no conjunto de dados.
- Cortes realizados para construir o pico de ressonância do  $J/\psi$ :
  - $p_T \geq 1 \text{ GeV}$
  - $|\eta| \leq 2,4$





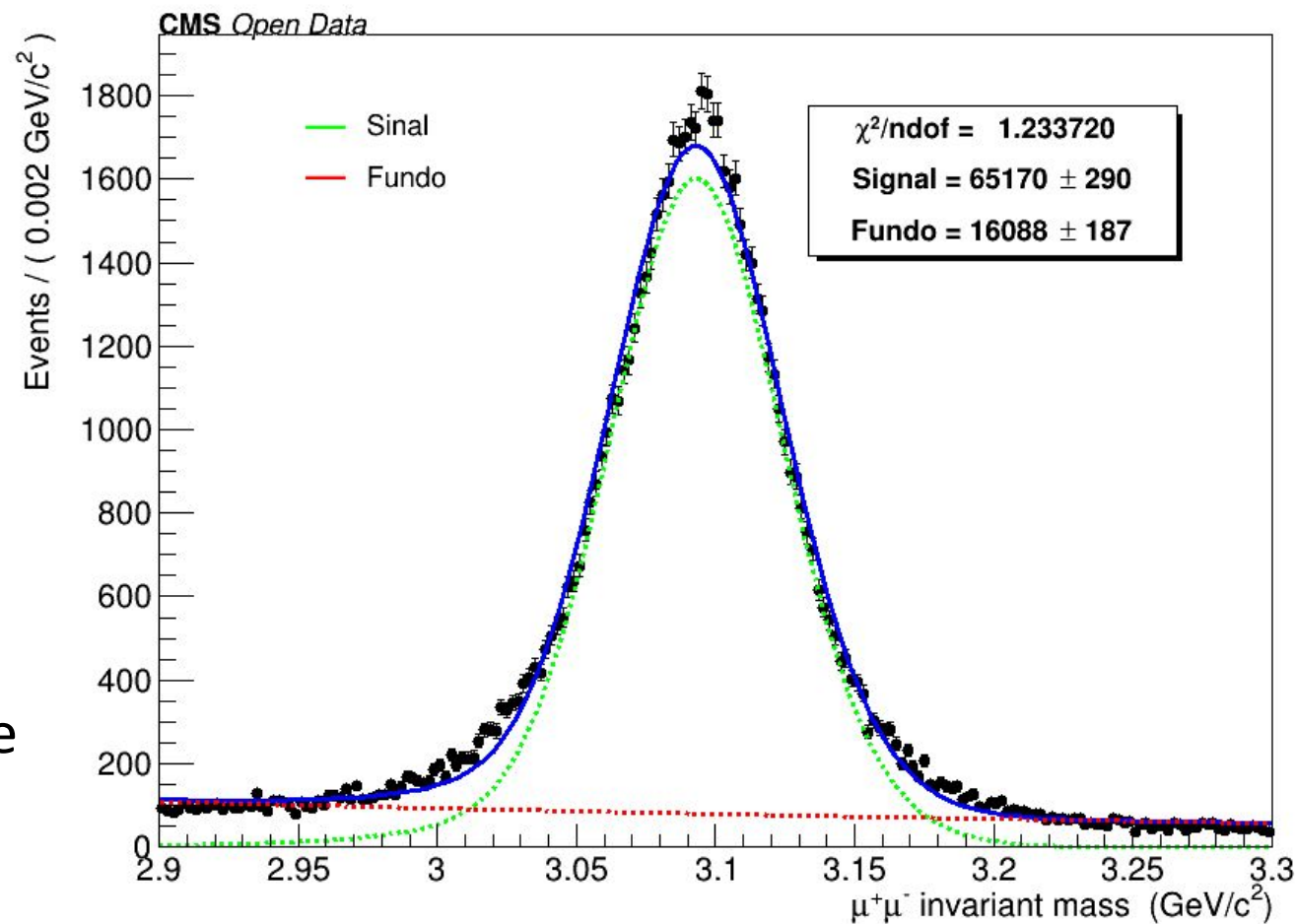
- O ajuste foi realizado com a soma de uma função *Gaussiana* e uma função *Crystall Ball*.

$$Gauss = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$Crystal\ Ball = \begin{cases} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right) & \text{se } \frac{x-\bar{x}}{\sigma} > -\alpha \\ A\left(B - \frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^{-n} & \text{se } \frac{x-\bar{x}}{\sigma} \leq -\alpha \end{cases}$$

$$f_{exp} = e^{\lambda m}$$

- Cortes realizados para construir o pico de ressonância do  $J/\psi$ :
  - $p_T \geq 1 \text{ GeV}$
  - $|\eta| \leq 2,4$



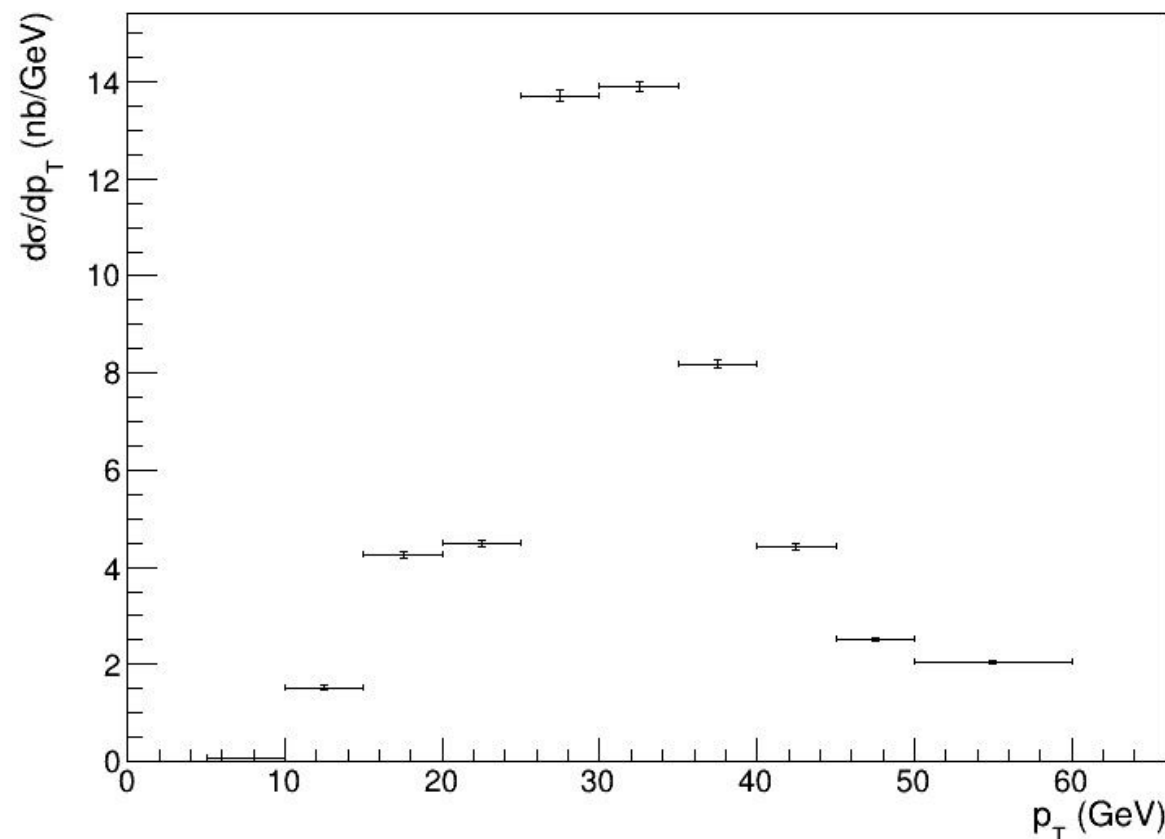
## Resultado final

$$\sigma_{J/\psi \rightarrow \mu\mu} = \frac{N_{J/\psi} - B}{A \cdot \epsilon \cdot BR_{(J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-)} \cdot \mathcal{L}_{Int}}$$

Utilizando dados públicos do experimento CMS calculamos a seção de choque do canal mencionado como sendo 281,89 nb. Esse resultado se aproxima de um artigo do CMS que foi utilizado como referência, no artigo a seção de choque deste canal foi de  $289,1 \pm 16,7(\text{stat}) \pm 60,1(\text{syst})$  nb.

$$\sigma_{J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-} \times Br(J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-) = 287,30 \text{ nb}$$

$$\frac{d\sigma}{dp_T} \times Br(J/\psi \rightarrow \mu\mu) = \frac{N_{\text{fit}}(p_T)}{L \cdot \epsilon \cdot A \cdot \Delta p_T}$$



# Obrigado!

---

## Agradecimentos



Reserva

Intervalo de $p_T$ (GeV)	Yield
0-5	0,024
5-10	171,979
10-15	1938,11
15-20	5037,12
20-25	5614,34
25-30	16258,9
30-35	16469,7
35-40	9622,07
40-45	5313,94
45-50	2889,34
50+	4779,56