

Lista de exercícios 8

Professores: Sandro Fonseca, Eliza Melo, Maurício Thiel e Diego Torres, Mapse Filho Name: Miguel Lopes

EXERCÍCIO 1.1

a tese de doutorado do Doc. Kevin Mota, foi calculada a seção de choque fiducial de um canal com ΥD^* . os valores obtidos foram:

Estado Υ	$\sigma_{\Upsilon}(pb)$	Incertidão Estatística (pb)	Incertidão Sistemática (pb)
$\Upsilon(1S)D^{*+}$	498	± 151	± 47
$\Upsilon(2S)D^{*+}$	247	± 75	± 32
$\Upsilon(3S)D^{*+}$	156	± 47	± 31

Tabela 1: Medidas das seções transversais fiduciais para cada estado Υ .

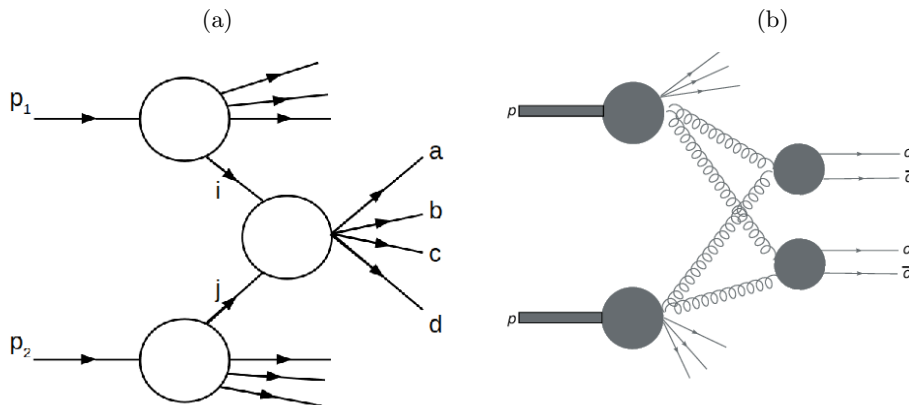
Referencia: AMARILO, Kevin Mota. Study of associated production of Υ and $D^{*\pm}$ in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the CMS detector at LHC and contributions for the maintenance, performance and upgrade of the RPC system. 2023. 167 f. Tese (Doutorado em Física) - Instituto de Física Armando Dias Tavares, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

EXERCÍCIO 1.2

Segundo o artigo "Measurement of the production cross-section of J/ψ and $\psi(2S)$ mesons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector"¹. a seção de choque do J/ψ é maior do que a seção de choque do $\psi(2S)$. Logo, espero que a seção de choque da produção associada do D^* com o $\psi(2S)$ seja menor que a do D^* com o J/ψ .

EXERCÍCIO 1.3

Figura 1: Espalhamento PSP e DSP



(a) Espalhamento PSP

(b) Espalhamento DSP.

De maneira simplificada, o espalhamento partônico simples é quando ocorre apenas uma interação entre as partículas que compõe dois hádrons que estão interagindo. Esse tipo de interação é chamada de SPS (*Simple*

¹doi: 10.1140/epjc/s10052-024-12439-9

Partonic Scattering). Para o caso de um espalhamento partônico duplo, ocorrem duas interações entre partons em um evento. Esse tipo de interação é chamada de DPS (*Double Partonic Scattering*).

EXERCÍCIO 1.4

Process	Total
$\sigma_{3J/\psi}^{\text{SPS}}$ (fb)	18
$\sigma_{3J/\psi}^{\text{DPS}}$ (fb)	202
$\sigma_{3J/\psi}^{\text{DPS}}$ (fb)	53
$\sigma_{3J/\psi}^{\text{tot}}$ (fb)	272

Tabela 2: Resultados da seção de choque aproximadas dos processos $\sigma_{3J/\psi}^{\text{SPS}}$, $\sigma_{3J/\psi}^{\text{DPS}}$ e $\sigma_{3J/\psi}^{\text{DPS}}$.

De acordo com o artigo "*Observation of simultaneous production of three J/ψ mesons in pp collisions*"² Os valores da tabela acima são as seções de choque para os espalhamentos simples, duplos e tripos da produção de 3 mesões j/ψ .

EXERCÍCIO 2.1

PDF da função Crystal Ball (CSB) geralmente é utilizada para fazer o ajuste em picos que não são simétricos, possuindo uma calda para algum de seus lados. O pico de ressonância do J/ψ geralmente possui uma calda no lado esquerdo, acredito que seja resultado das outras ressonâncias, geradas por partículas com as massas próximas da massa do J/ψ . Como a PDF Gaussiana descreve melhor distribuições simétricas, é preferível usar a CSB. A função CBS é expressa da seguinte maneira:

Para $x < \mu - \alpha\sigma$:

$$f(x; \alpha, n, \mu, \sigma) = N \left(\frac{n}{|\alpha|} \right)^n \exp \left(-\frac{|\alpha|^2}{2} \right) \left(\frac{n}{|\alpha|} - |\alpha| - \frac{x - \mu}{\sigma} \right)^{-n}$$

Para $x \geq \mu - \alpha\sigma$:

$$f(x; \alpha, n, \mu, \sigma) = N \exp \left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right)$$

Esta função possui 5 parâmetros, onde:

- α define o lado da calda. Se $\alpha > 0$, cauda para a esquerda. Se $\alpha < 0$, cauda para a direita.
- n define a intensidade com a qual a calda decai na distribuição.
- μ é a média da distribuição, onde ocorre o pico.
- σ desvio padrão da distribuição.
- N é os fator de normalização.

EXERCÍCIO 2.2

A função PDF Johnson é extremamente flexível. Possuindo quatro parâmetros, a função pode ter variados formatos, sendo muito útil para descrever variadas distribuições.

A equação da função de probabilidade é:

$$f(x; a, b, c, d) = \frac{c}{d\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{x-a}{b}\right)^2}} e^{-\frac{1}{2} \left(c + d \ln \left(1 + \left(\frac{x-a}{b} \right)^2 \right) \right)}$$

onde:

²Doi: 10.22323/1.414.0842

- a é o parâmetro de localização.
- b é o parâmetro de escala da função.
- c e d são o parâmetro que definem a forma.

Exemplos de possíveis configurações da PDF Johnson:

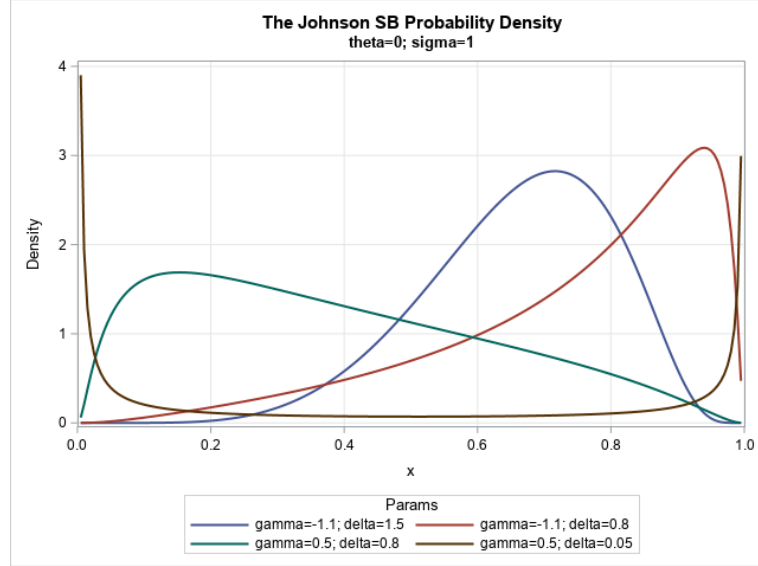
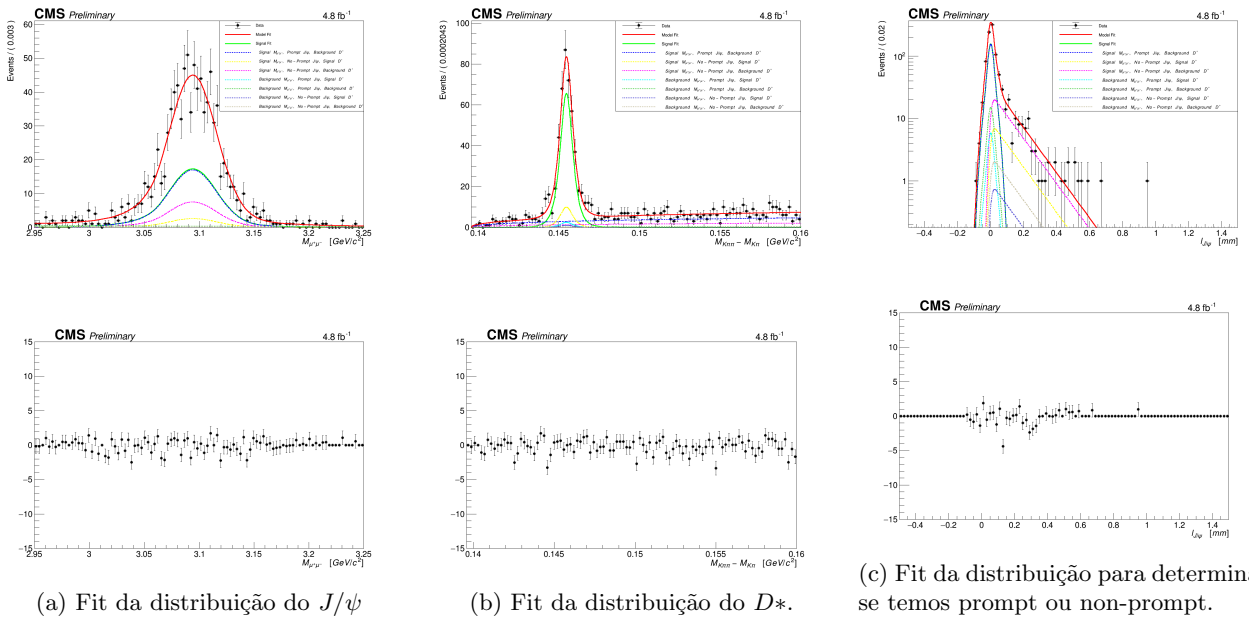


Figura 2: Diferentes configurações da PDF Johnson

EXERCÍCIO 2.3

Utilizando os códigos disponibilizados durante a aula, realizei os plots, com o ajuste no pico de massa do D^* , J/ψ e a distribuição para determinar se temos J/ψ prompt ou non-prompt.

A baixo estão os histogramas:



EXERCÍCIO 2.4

A distribuição que se enquadra como sinal é representada pela cor verde! Todas as demais, com exceção da vermelha (Soma de todas as funções), possuem o BKG de alguma partícula.

EXERCÍCIO 2.5

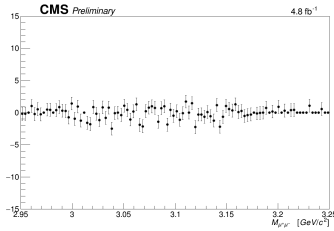
distribuição do D^* contribui mais para o fundo. Fazendo uma análise qualitativa, é possível reparar que nas partes mais ao extremo do plot da massa do J/ψ existe muito menos eventos em comparação ao histograma com a massa do D^* . Um dos motivos para isso acontecer é o fato do CMS detectar com maior qualidade múons do que jatos.

EXERCÍCIO 2.6

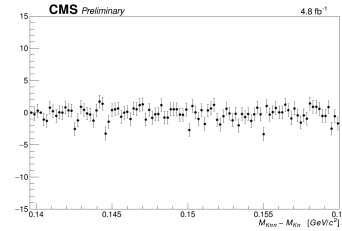
Quando mais próximo do 0 for o valor de $\chi^2/n.d.f$, pode-se dizer que melhor o fit está representando os dados. Os valores encontrados de $\chi^2/n.d.f$ foram:

- J/ψ massa: 0,95274
- D^* massa: 1,00424
- J/ψ_{dl} : 1,18933

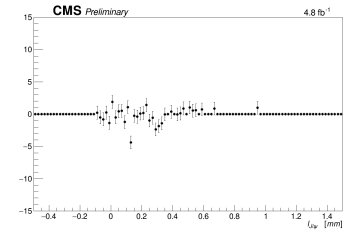
Isso implica que os fits estão descrevendo bem os dados, logo, esperamos pulls com pouca distância entre os pontos e o eixo. É possível observar nos pulls a baixo que realmente temos essa proximidade.



(a) Pull da distribuição do $J/\psi.s$



(b) Pull da distribuição do D^*



(c) Pull da distribuição J/ψ prompt, non-prompt.

EXERCÍCIO 2.7

É possível ver no arquivo "RunB_HLT_Dimuon25_vtx0p05_sigma_eff_3Dfit_pdf_params.csv" as massas das partículas.

Partícula	Massa	Erro
J/ψ	3,09425	0,00089
D^*	0,1454649	0.0000256

Tabela 3: Massas encontradas pelos ajustes.

EXERCÍCIO 2.8

Segundo o PDG a massa do $J/\psi \approx 3,096900 \pm 0.000006$ GeV. Pelo cálculo de compatibilidade temos $|3,09425 - 3,096900| \leq 2 \cdot 0,0008900202$ Como: $0,87475 > 2 \cdot 0,0008900202$ O resultado é incompatível. Não encontrei a D^* no PDG.

EXERCÍCIO 2.9

Ao executar o código como comando "python3 fit3D_JpsiDstar.py -y" foi possível gerar um arquivo que indica os valores solicitados para esta questão, os valores estão na tabela 4.

EXERCÍCIO 2.11

Componente	Valor	Erro	Porcentagem
N. Total Eventos	951	± 0	-
N. Sinal	344,7	$\pm 18,57$	$\approx 36,25\%$
N. Fundo	606,3	$\pm 24,62$	$\approx 63,75\%$
N. Fundo	51,85	$\pm 7,20$	$\approx 5,45\%$

Tabela 4: Número de eventos, candidatos de sinal e candidatos a fundo.

São as funções dos histogramas representadas pelas cores abaixo. Com a exceção da linha azul e verde.

.....	<i>Signal $M_{\mu^+\mu^-}$, No – Prompt J/ψ, Signal D^*</i>
.....	<i>Signal $M_{\mu^+\mu^-}$, No – Prompt J/ψ, Background D^*</i>
.....	<i>Background $M_{\mu^+\mu^-}$, Prompt J/ψ, Signal D^*</i>
.....	<i>Background $M_{\mu^+\mu^-}$, Prompt J/ψ, Background D^*</i>
.....	<i>Background $M_{\mu^+\mu^-}$, No – Prompt J/ψ, Signal D^*</i>
.....	<i>Background $M_{\mu^+\mu^-}$, No – Prompt J/ψ, Background D^*</i>