

PESQUISA DE NOVA FÍSICA ASSOCIADA AO QUARK TOP USANDO DADOS DO ATLAS

LIP MINHO

ESTÁGIO DE VERÃO

ANA ALEXANDRA OLIVEIRA

LEANDRO ABREU

ORIENTADORES: PROF. NUNO CASTRO, EMANUEL GOUVEIA, TIAGO VALE





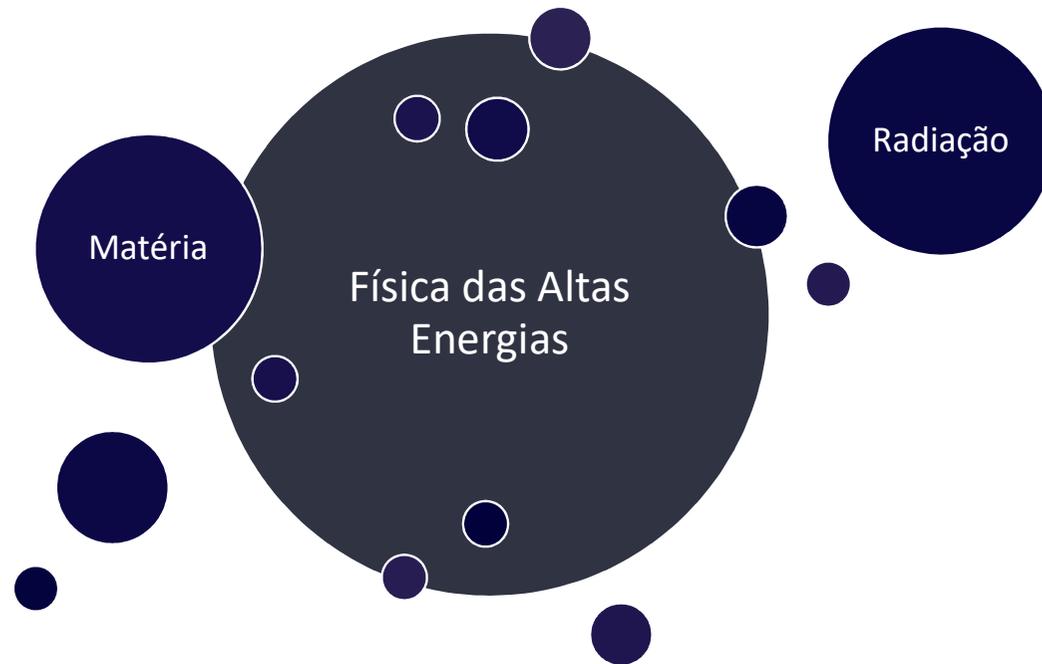
OBJETIVOS

- Análise de dados fornecidos pelo ATLAS Open Data;
- Identificar a produção de pares de quarks top;
- Aprender técnicas avançadas de análise de dados.



INTRODUÇÃO A FÍSICA DAS PARTICULAS

FÍSICA DAS PARTÍCULAS



FÍSICA DAS PARTÍCULAS

Física Atômica

- Å

Protões, Eletrões, Neutrões

- MeV

Quarks

- GeV

Bosões W, Z, H

- [GeV, TeV]

MODELO PADRÃO

Partículas elementares (fermiões):

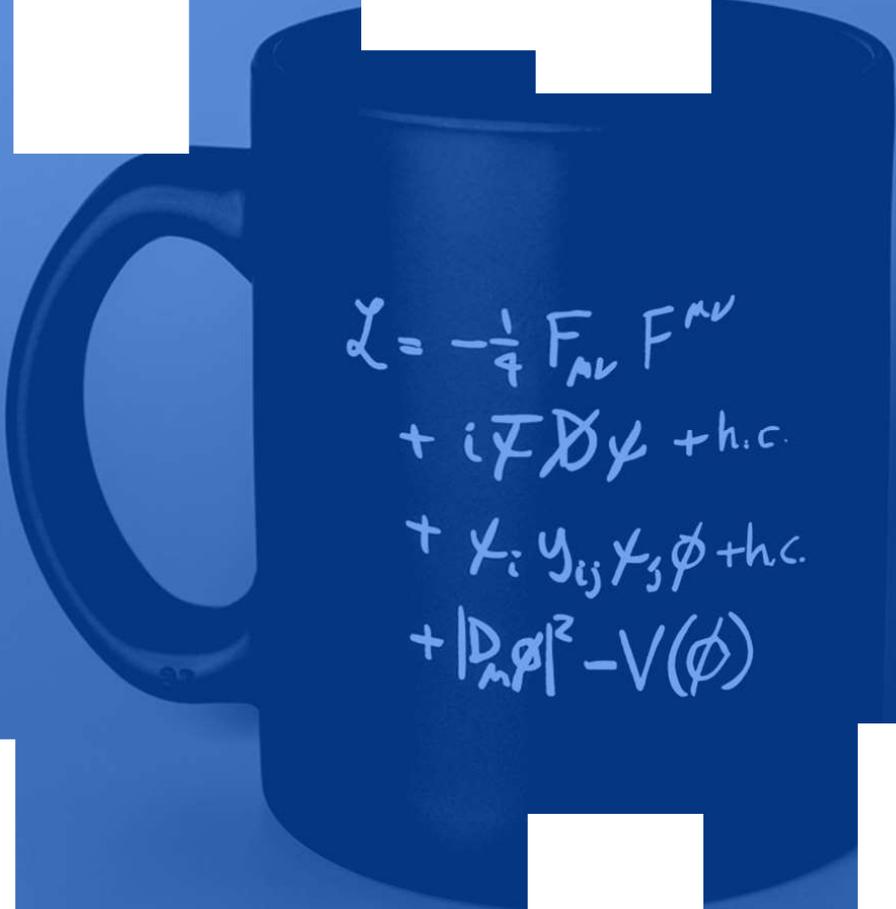
- Quarks
 - Up, Down, ...
- Leptões
 - Elétrão, Muão, Tau, ...

Quatro forças fundamentais:

- Eletromagnética
- Gravítica
- Forte
- Fraca

Mediadores:

- Bosões


$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i\bar{\psi} \not{D} \psi + \text{h.c.} \\ & + \chi_i Y_{ij} \chi_j \phi + \text{h.c.} \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$

DIAGRAMAS DE FEYNMAN

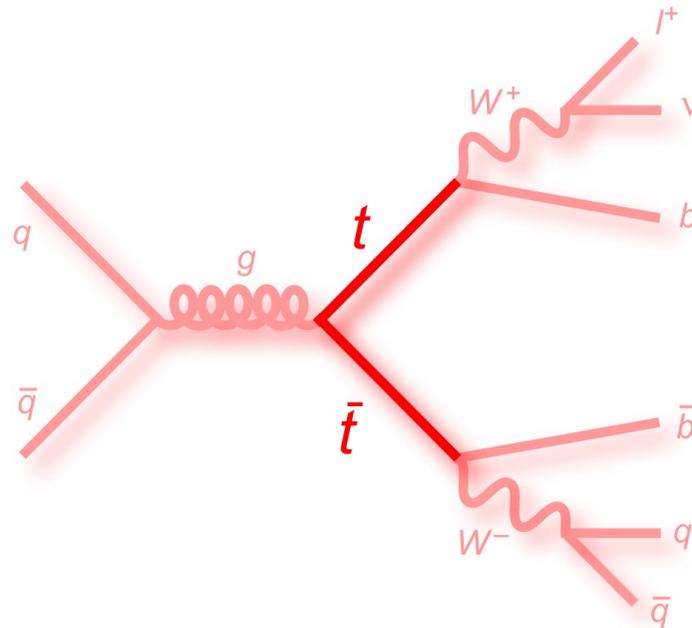
Representações que descrevem expressões matemáticas do comportamento de partículas.

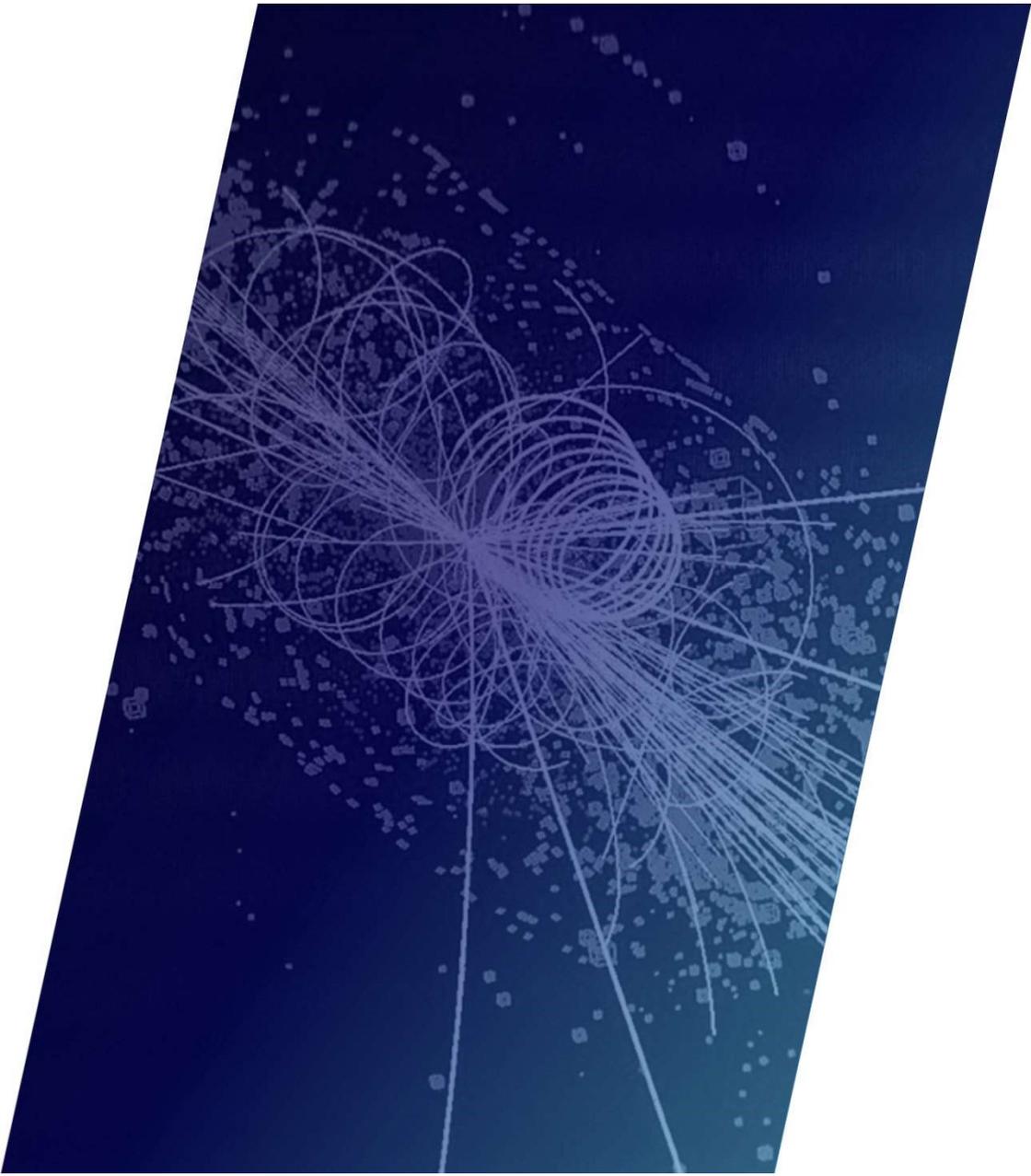
Interação entre partículas:

- Linhas

Termos matemáticos:

- Linhas
- Vértices





ANÁLISE DO BOSÃO W

INTRODUÇÃO

ANÁLISE DO DECAIMENTO

FAKES

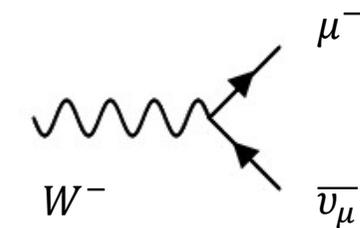
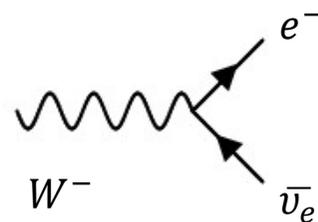
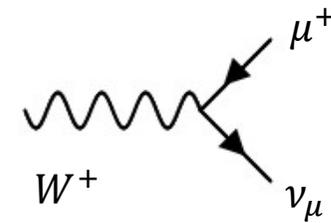
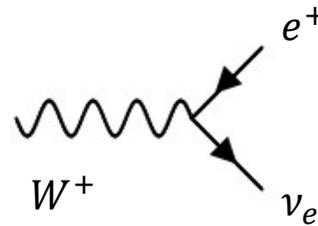
MÉTODO ABCD

SECÇÃO EFICAZ

CONCLUSÃO

INTRODUÇÃO

- Altas estatísticas
- Decaimento:
 - $\frac{2}{3}$ - produção de pares q, \bar{q}
 - $\frac{1}{3}$ - produção de l ou \bar{l} e ν ou $\bar{\nu}$
- Amostras:
 - Acontecimentos de sinal (W)
 - Acontecimentos de fundo



PROCEDIMENTO E ANÁLISE DO DECAIMENTO DO BOSÃO W

- Análise sem cortes
 - Observação dos dados na sua totalidade
- Aplicação de cortes individuais
 - Relação entre sinal e fundo
 - Multiplicidade dos leptões
 - Massa transversa do candidato a bosão W
 - Energia transversa do momento em falta

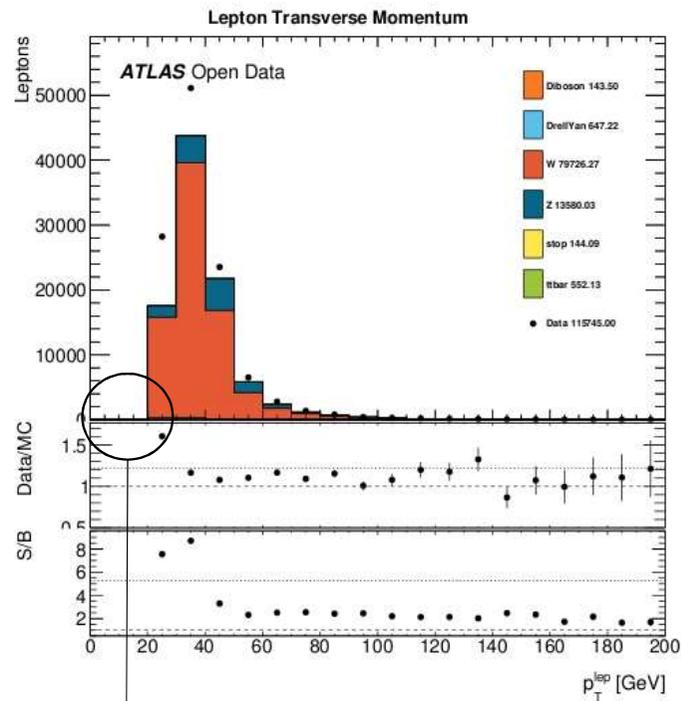
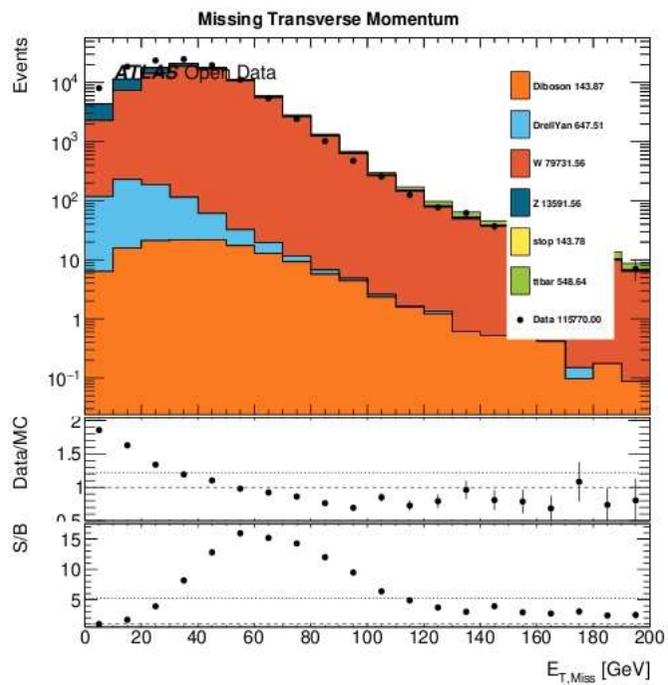


ANÁLISE SEM CORTES

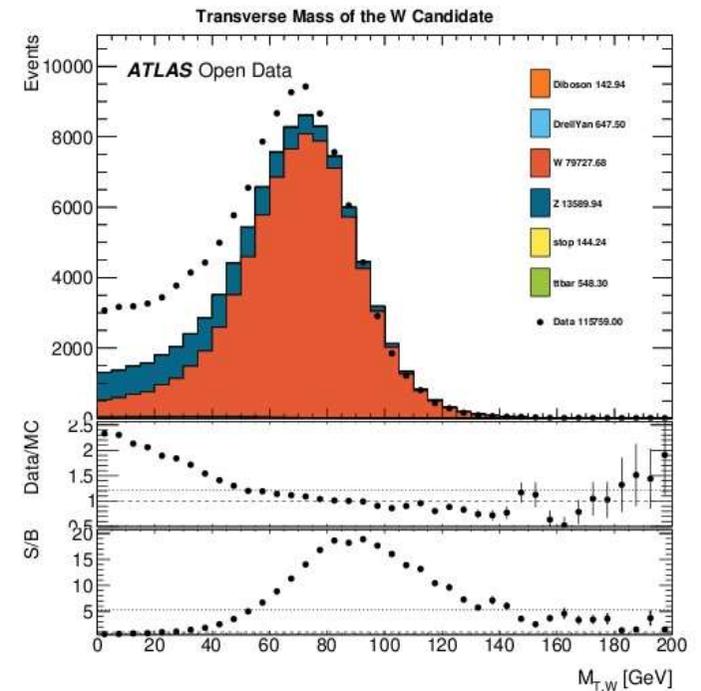
Distribuições observadas:

- Energia necessária para que o momento final seja zero
(Conservação do momento)
- Momento transversal do lépton
- Massa transversal do candidato a bóson W

ANÁLISE SEM CORTES



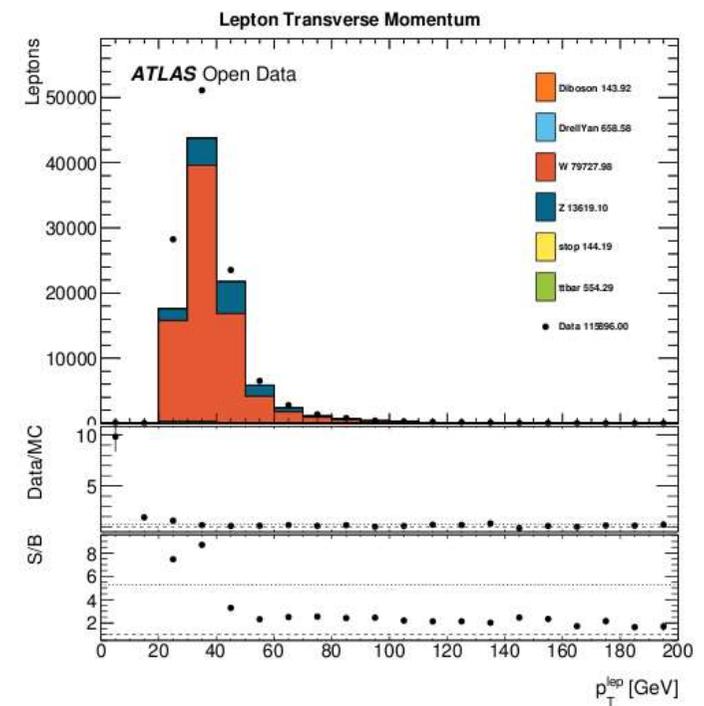
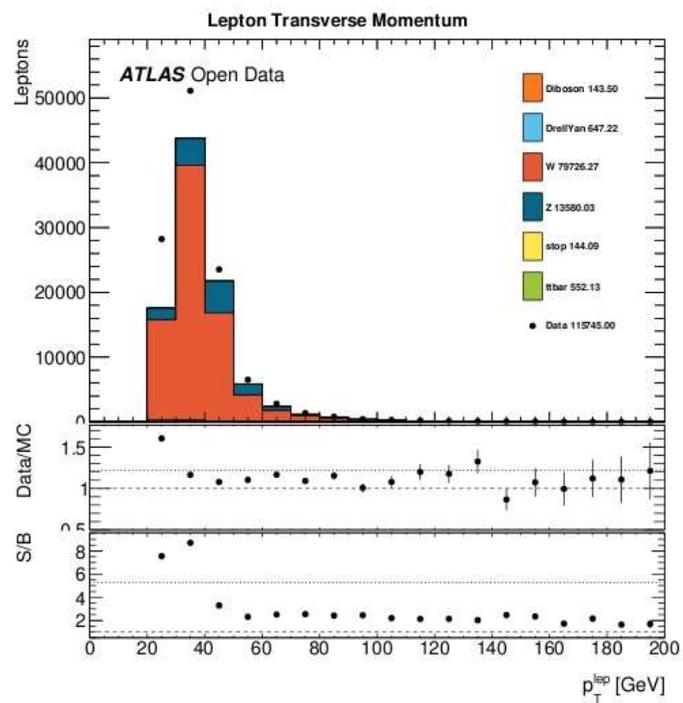
Corte não
identificado



ANÁLISE SEM CORTES

Momento transverso do leptão:

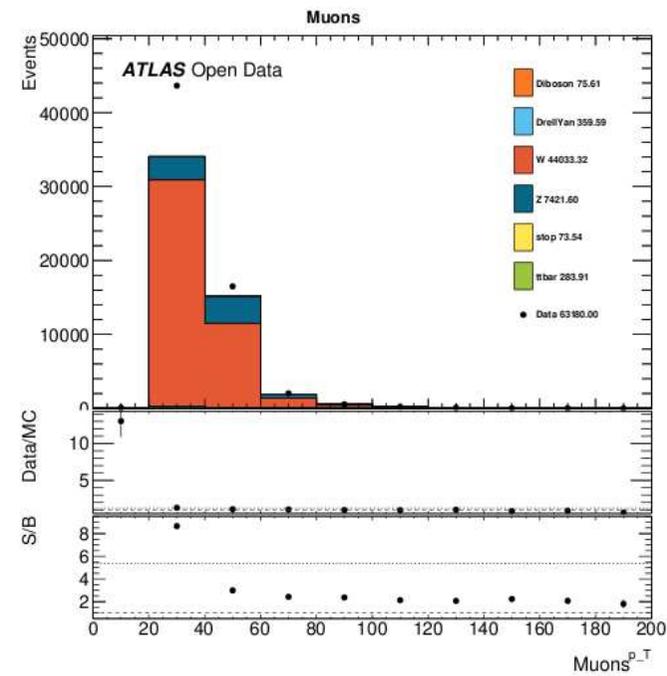
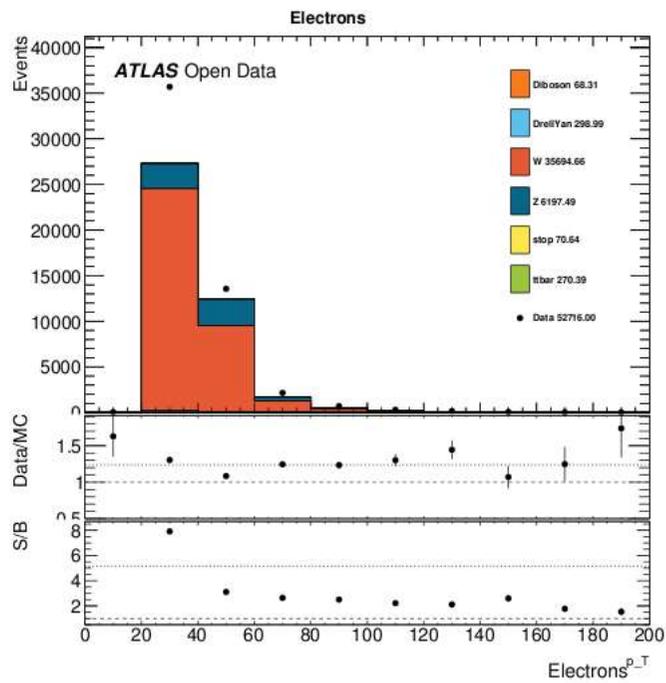
- Corte escondido
Existe um leptão com momento transverso superior a 25 GeV



ANÁLISE SEM CORTES

Momento transverso do leptão:

- Contribuição de elétrons e muões



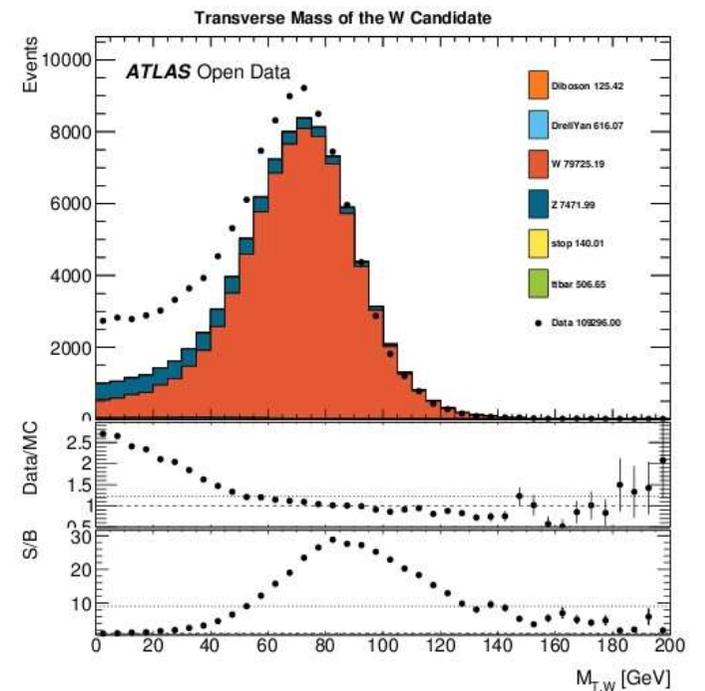
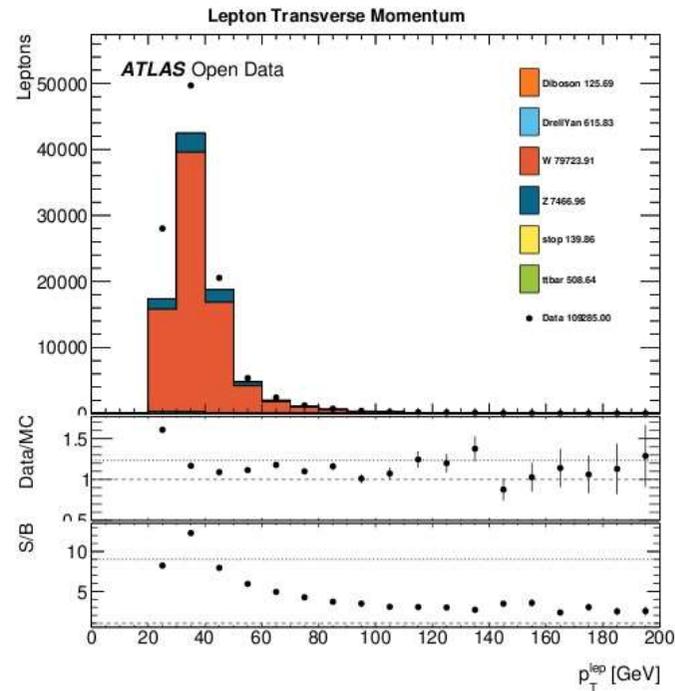
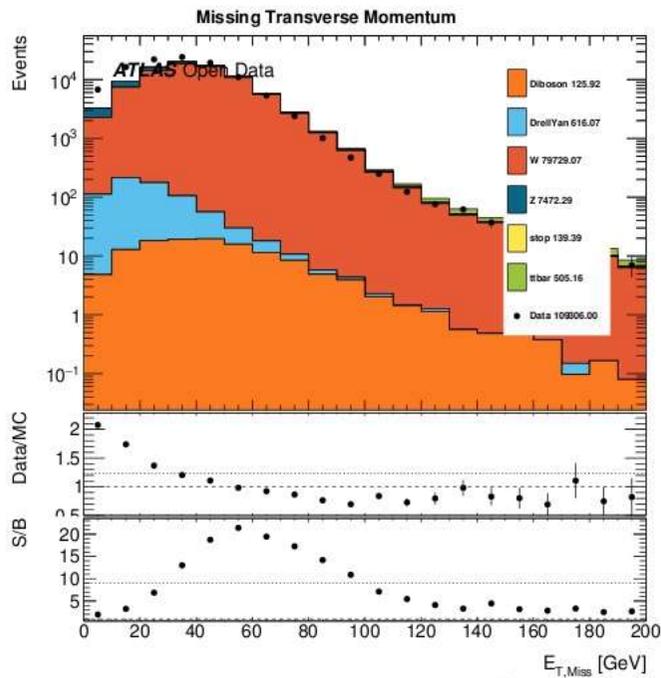
APLICAÇÃO DO CORTE NA MULTIPLICIDADE DE LEPTÃO

Apenas um leptão por acontecimento.

Distribuições observadas:

- Energia necessária para que o momento final seja zero
(Conservação do momento)
- Momento transversal do leptão
- Massa transversal do candidato a bóson W

APLICAÇÃO DO CORTE NA MULTIPLICIDADE DE LEPTÃO



APLICAÇÃO DO CORTE NA MASSA TRANSVERSA

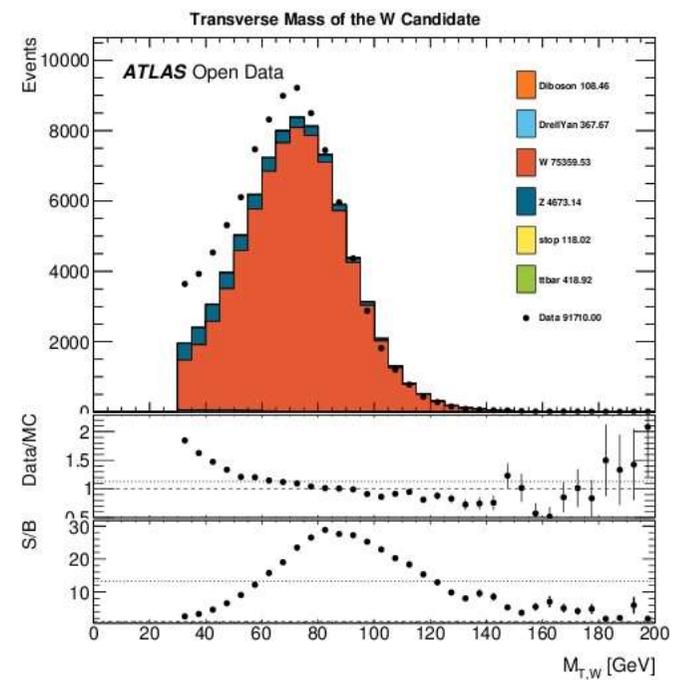
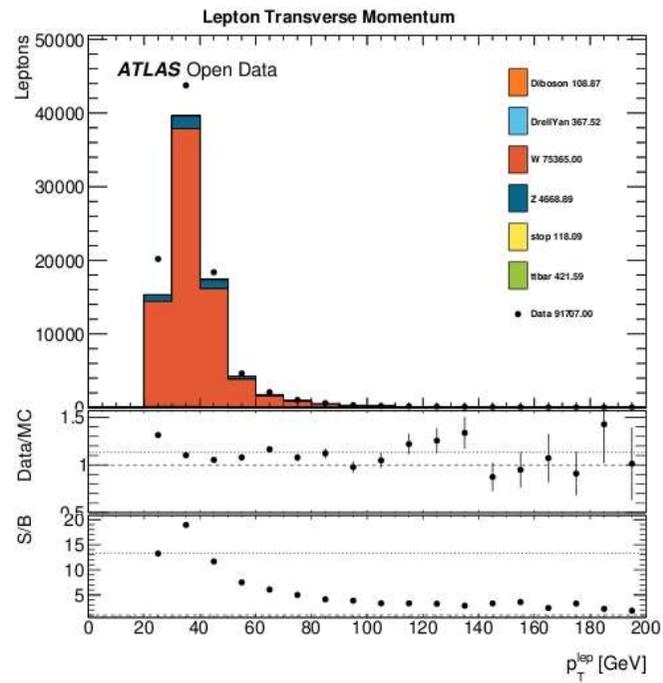
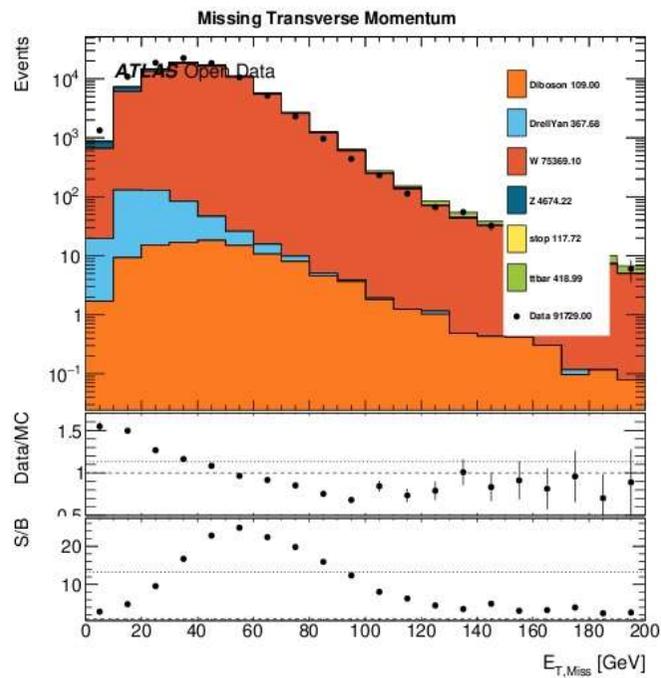
Apenas um leptão por acontecimento.

Massa transversa superior a 30 GeV.

Distribuições observadas:

- Energia necessária para que o momento final seja zero
(Conservação do momento)
- Momento transverso do leptão
- Massa transversa do candidato a bóson W

APLICAÇÃO DO CORTE NA MASSA TRANSVERSA



APLICAÇÃO DO CORTE NA ENERGIA DO MOMENTO EM FALTA

Apenas um leptão por acontecimento.

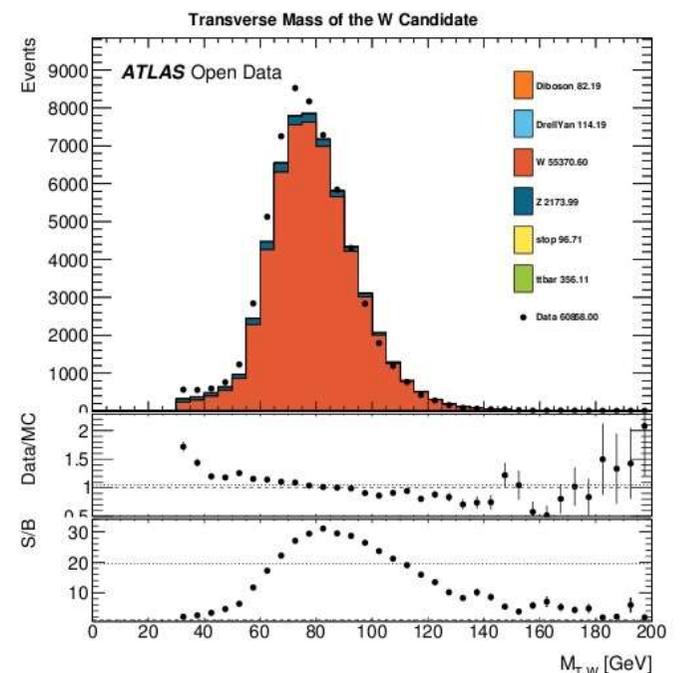
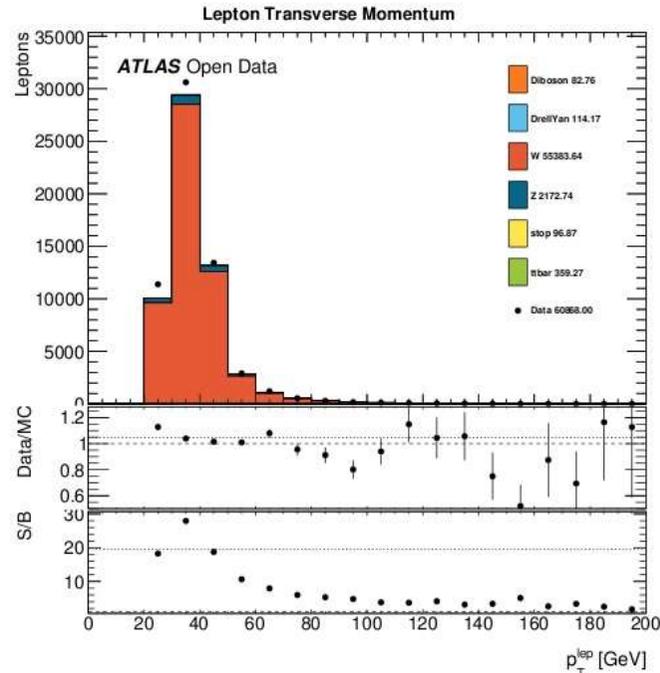
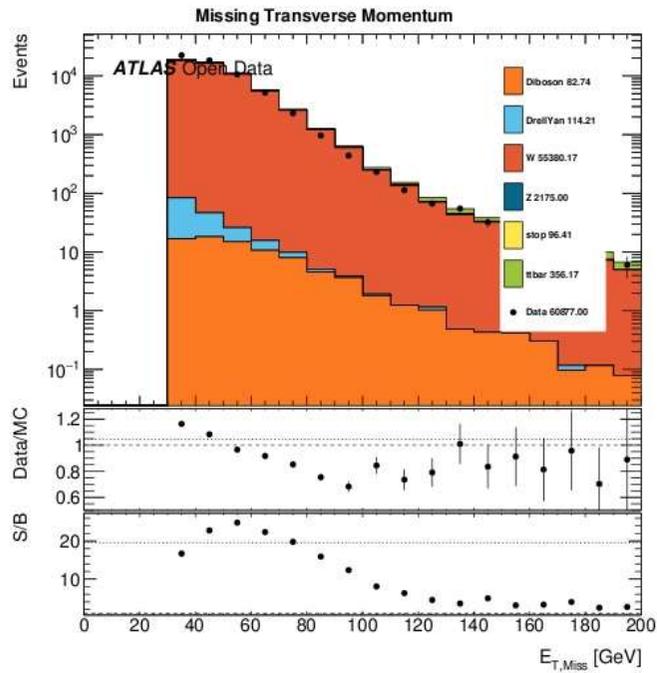
Massa transversa superior a 30 GeV.

Energia transversa superior a 30 GeV.

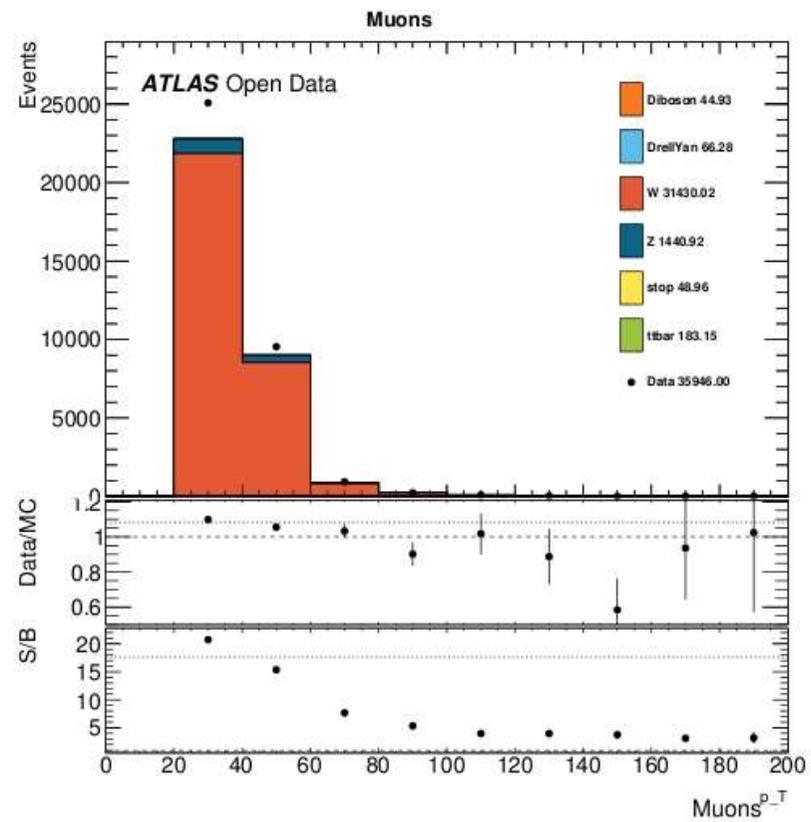
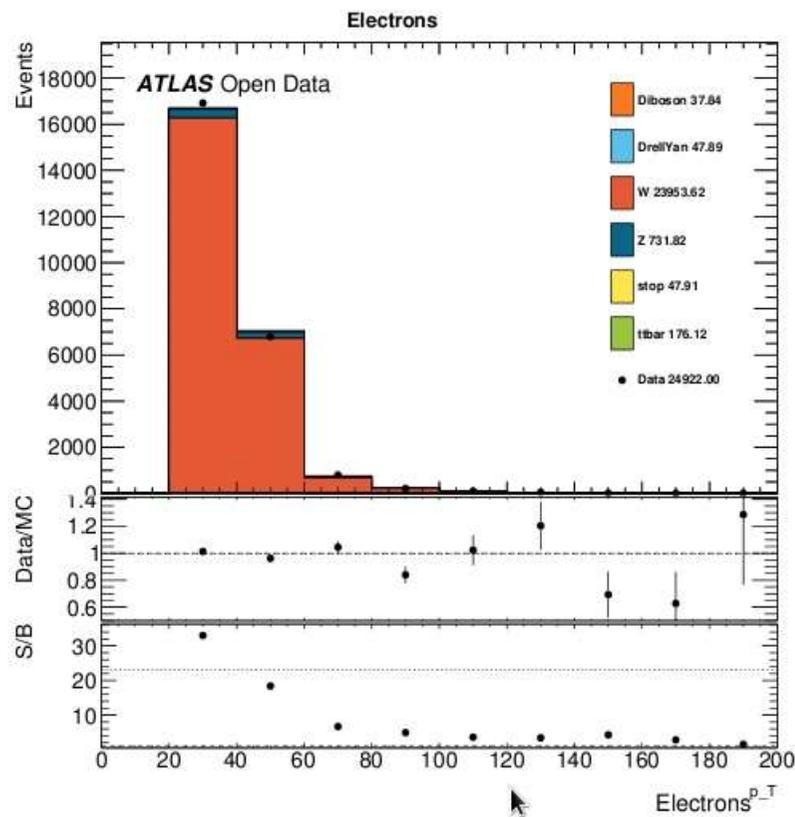
Distribuições observadas:

- Energia necessária para que o momento final seja zero
(Conservação do momento)
- Momento transverso do leptão
- Massa transversa do candidato a bóson W

APLICAÇÃO DO CORTE NA ENERGIA DO MOMENTO EM FALTA



LEPTÃO. CONTRIBUIÇÃO DE ELETRÕES E MUÕES



CARGA DO LEPTÃO

Número de bósons carregados positivamente > Número de bósons carregados negativamente

- $\#W^+ > \#W^-$

Seja C o valor de carga:

- $C(W^+) = 1$
- $C(W^-) = -1$

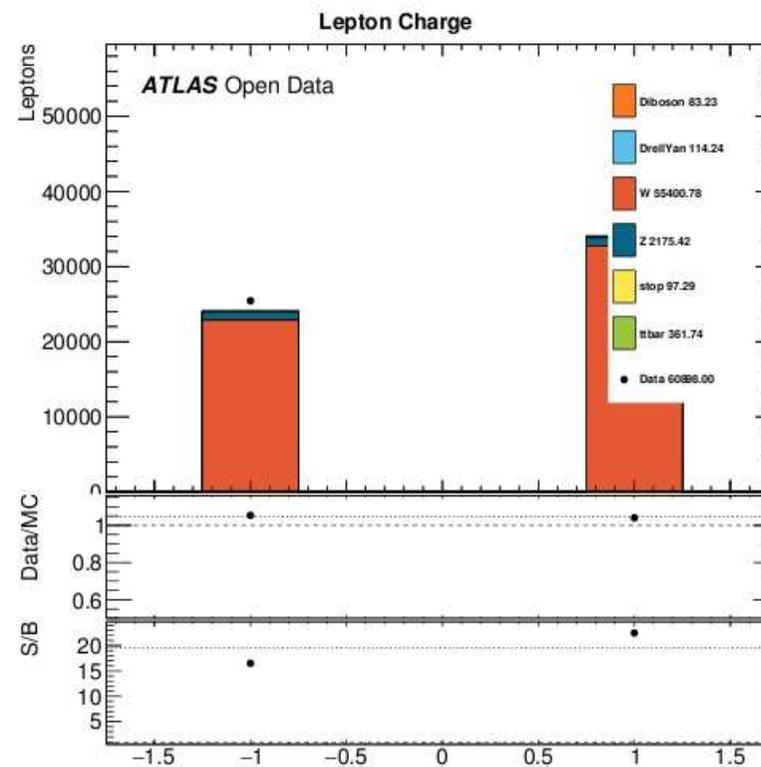
Combinação de quarks para o próton (p):

- $p = uud$

Combinação de quarks para os bósons:

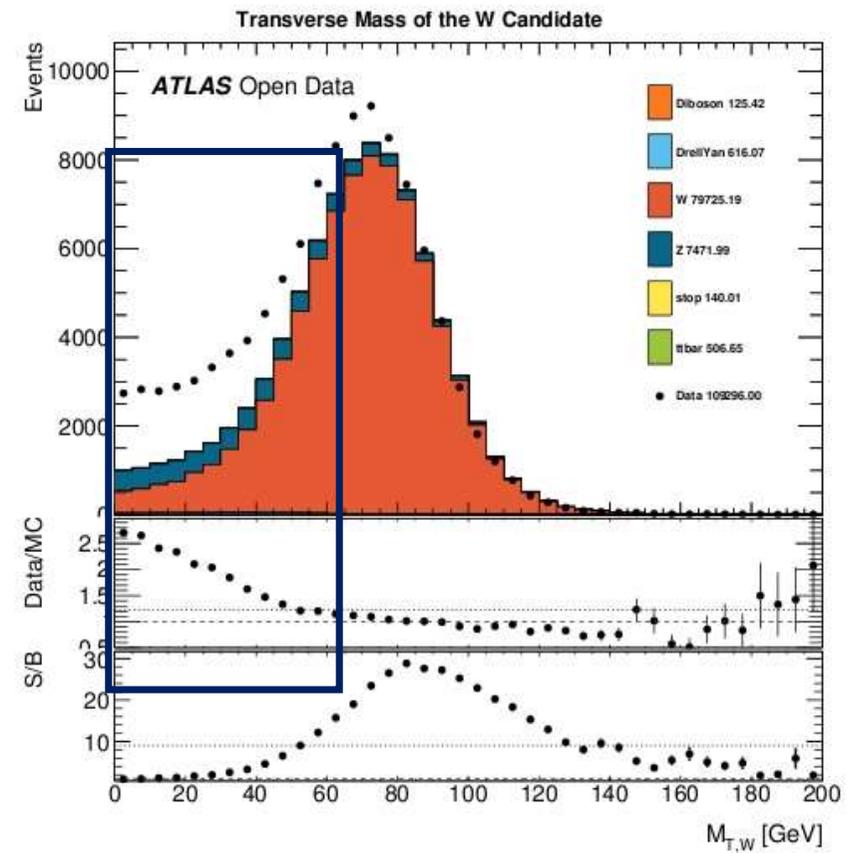
- $W^+ \rightarrow u\bar{d}$
- $W^- \rightarrow d\bar{u}$

$$P(u) > P(\bar{u}) \wedge P(u) > P(d) \leftrightarrow P(W^+) > P(W^-)$$



FAKES

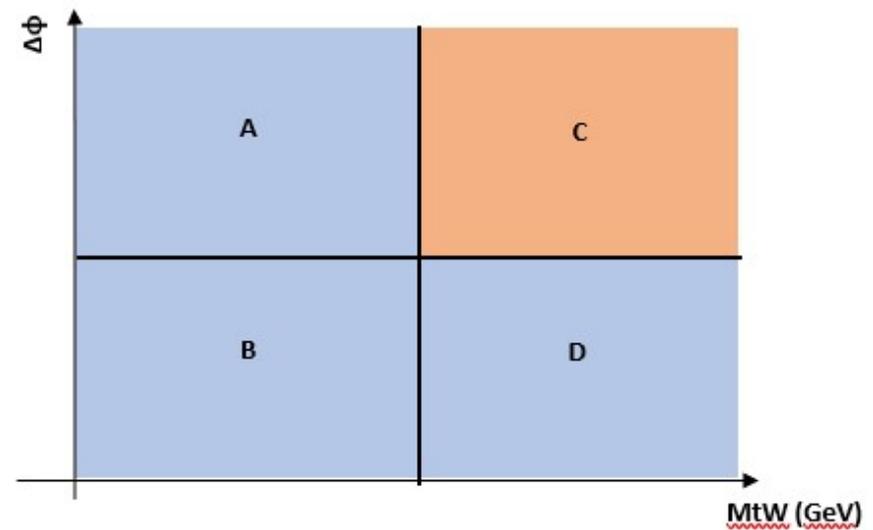
- Jatos mal identificados
- Fundo em falta que não é previsto pelos dados Monte Carlo
- Medição das fontes deste fundo diretamente a partir dos dados.



ESTIMATIVA DE FAKES USANDO O MÉTODO ABCD

3 Variáveis sem correlação estatística.

- 1ª Variável
 - 1 Região com muitos fakes
 - 1 Região com poucos fakes
- 2ª Variável
 - 2 Regiões com forma “homogénea”
- 3ª Variável
 - Região rica em sinal



$$C = \frac{D (data - bkg)}{B (data - bkg)} \times A (data - bkg)$$



VARIÁVEIS UTILIZADAS

Massa transversa do candidato a bóson W:

- Região B e D (poucos e muitos fakes)

$\Delta\phi$ (diferença de ângulos entre o lépton e a energia transversa do momento em falta):

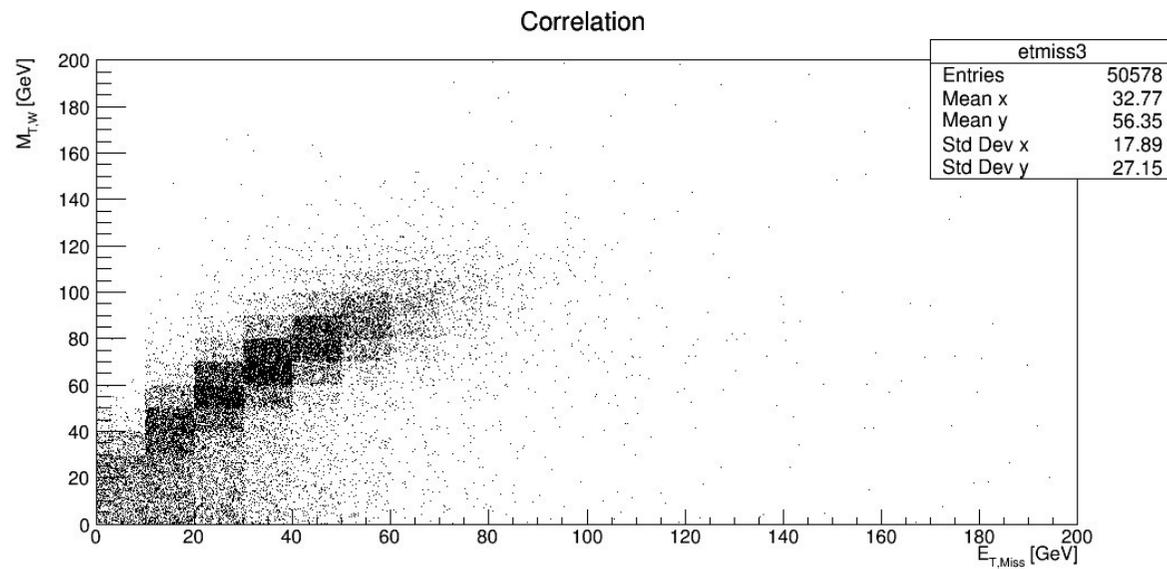
- Região A (obtenção da forma do sinal)

Energia transversa do momento em falta:

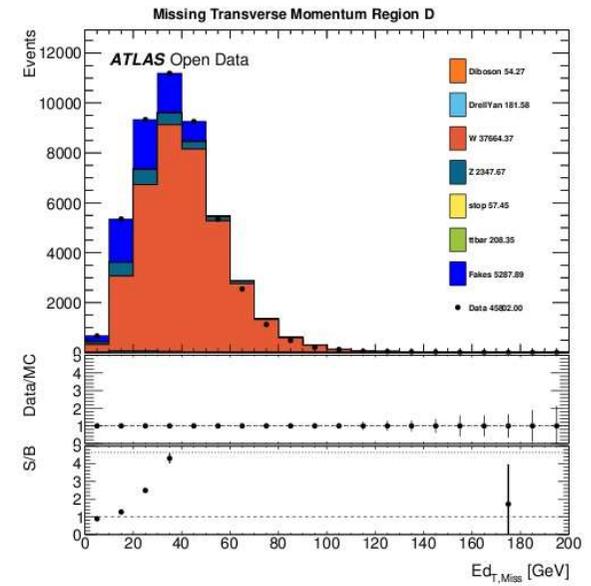
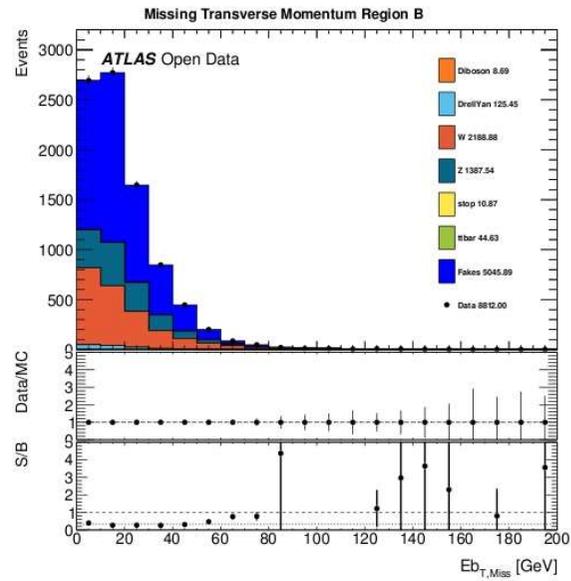
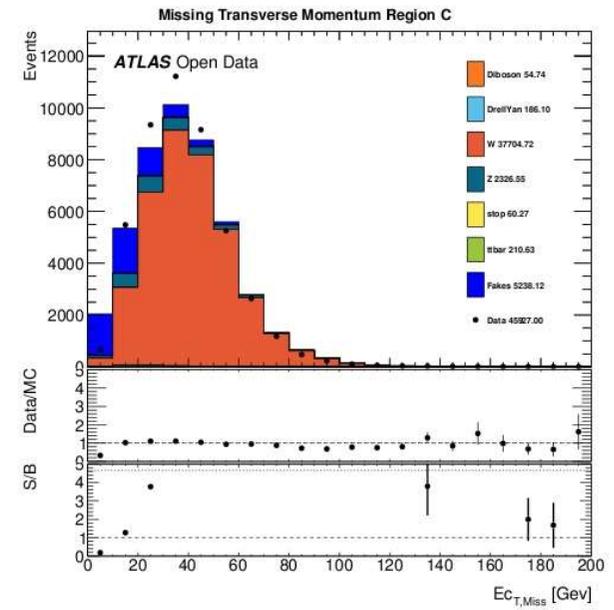
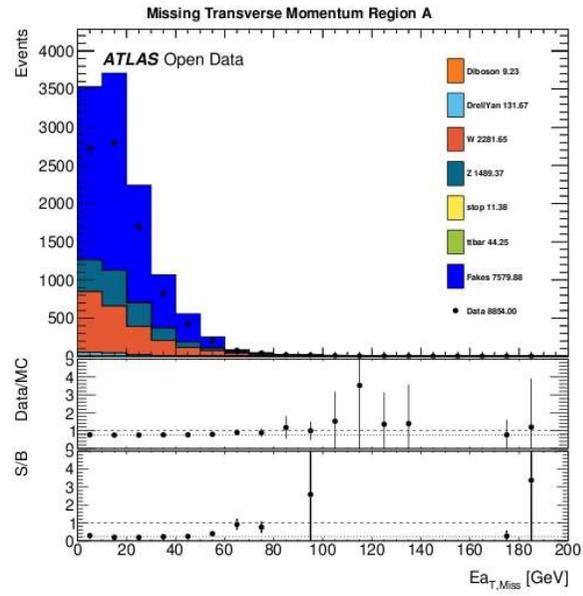
- Região C (rica em sinal)

FATORES DE CORRELAÇÃO

Distribuições	$\Delta\phi$	Massa Transversa
Energia transversa do momento em falta	0,004	0,680
Massa Transversa	0,003	-



RESULTADO



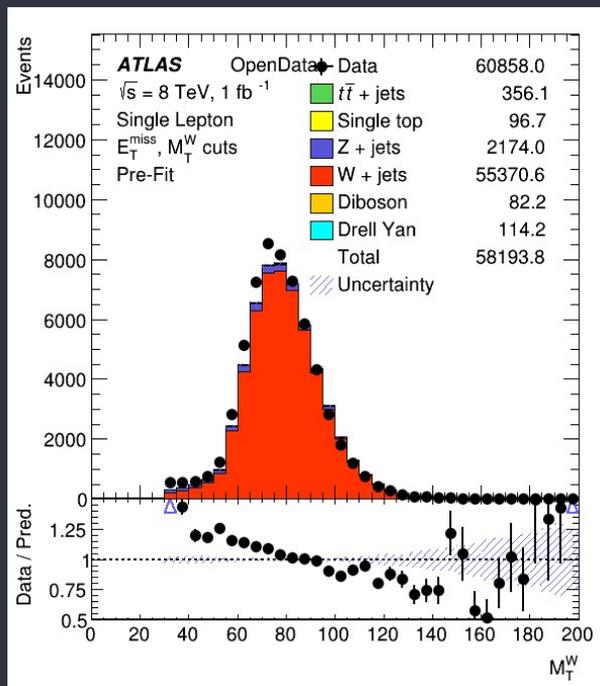


FIT

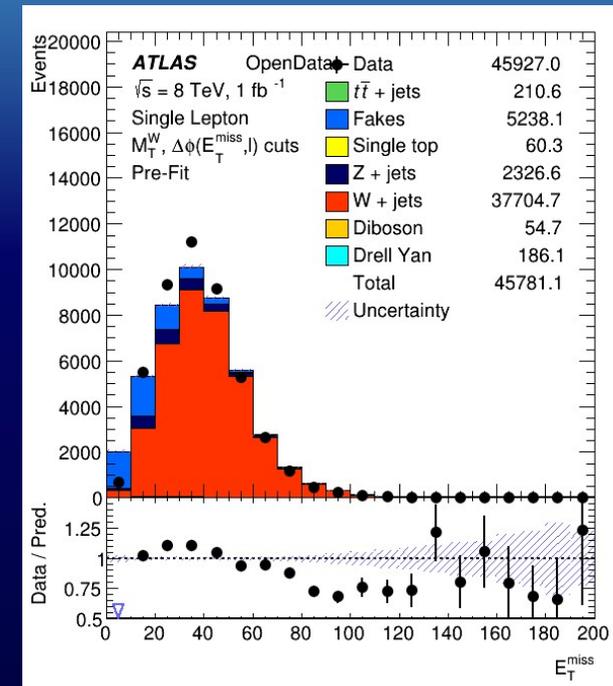
- Comparação de duas análises:
 - Sem estimativa de fakes
 - Com estimativa de fakes
 - Interpretação dos histogramas obtidos antes e após o FIT;
 - Fator de normalização e secção eficaz;

ANTES DO FIT

Sem estimativa de fakes

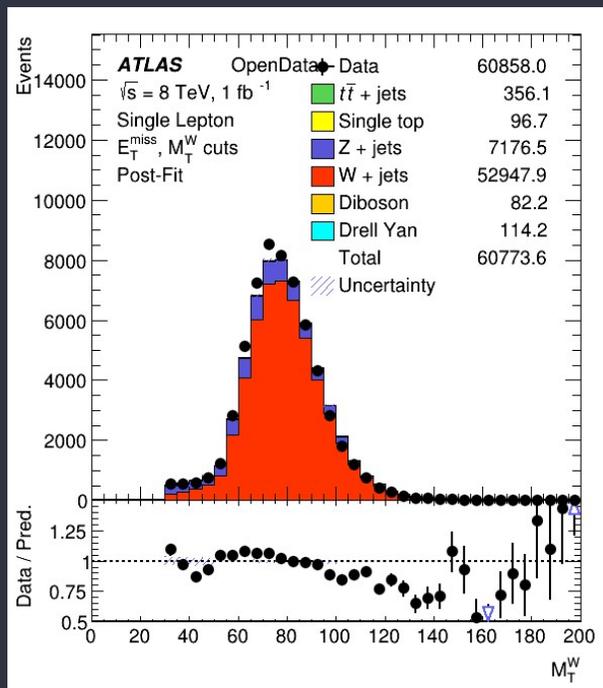


Com estimativa de fakes

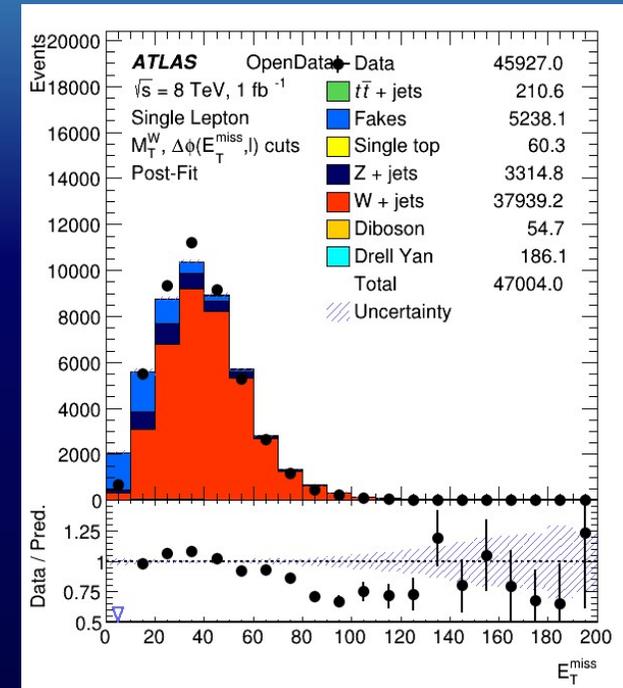


APÓS O FIT

Sem estimativa de fakes

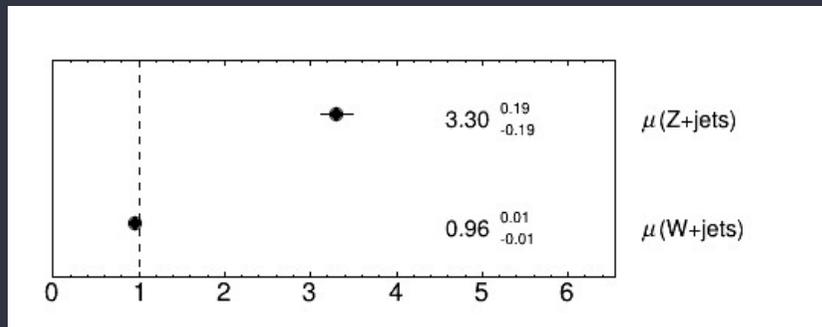


Com estimativa de fakes

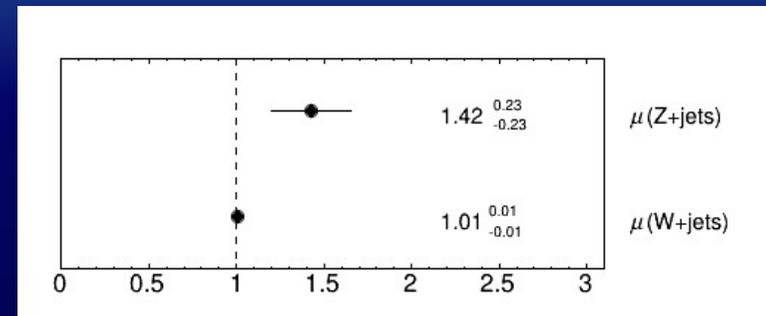


NORMALIZAÇÃO

Sem estimativa de fakes



Com estimativa de fakes



SECÇÃO EFICAZ

Descreve a probabilidade das partículas interagirem sobre certas condições:

- Número de partículas num feixe;
- Ângulo cujas partículas colidem num alvo;
 - De que é que o alvo é feito?

Descreve propriedades fundamentais das partículas.

Descreve o que acontece quando uma partícula colide com o núcleo.

SECÇÃO EFICAZ

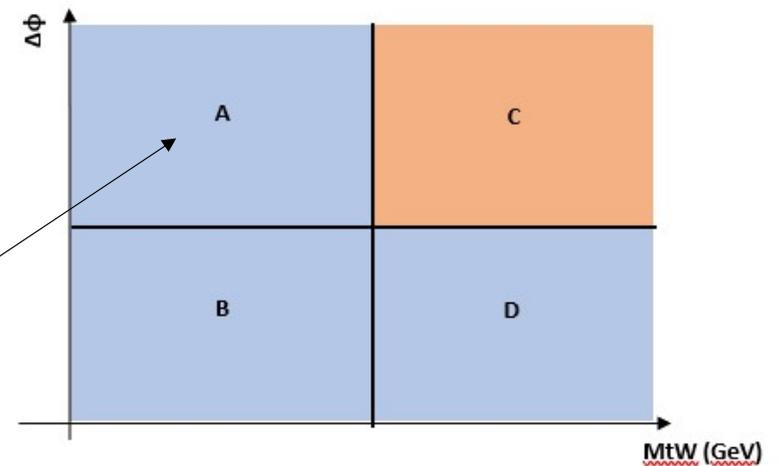
$$\sigma_{\text{medida}} = \mu \cdot \sigma_{\text{esperada}}$$

$$\sigma_{\text{esperada}} = \frac{N}{L\varepsilon}$$

- N – Número de eventos
- L – Luminosidade
- ε – Eficiência

$$\mu \cong 1 \Rightarrow \sigma_{\text{medida}} \cong \sigma_{\text{esperada}}$$

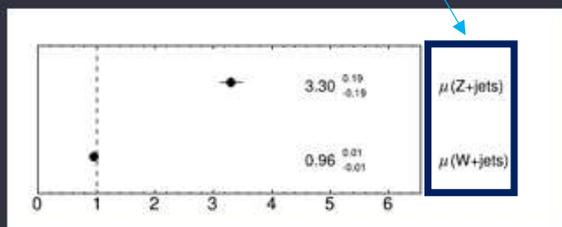
- Nota:
Importância da forma escolhida no método ABCD



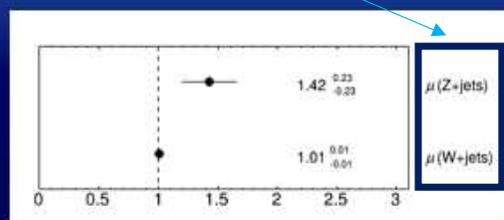
SECÇÃO EFICAZ

$$\sigma_{\text{medida}} = \mu \cdot \sigma_{\text{esperada}}$$

Sem estimativa de fakes



Com estimativa de fakes



μ (Z + jets):

- S/fakes > C/fakes

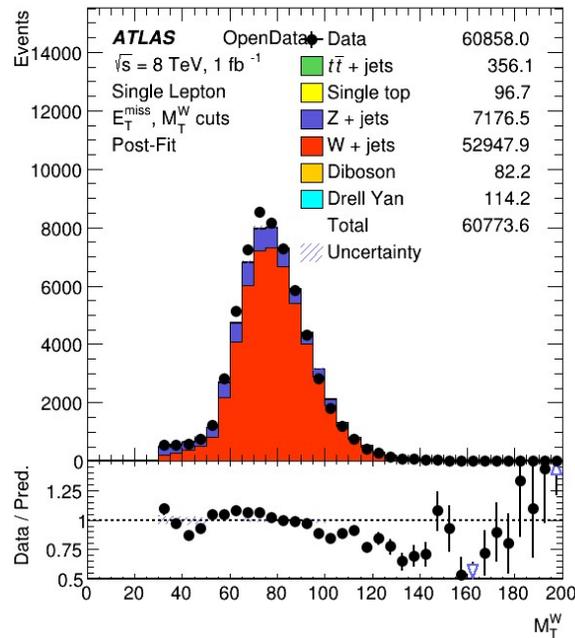
μ (W + jets):

- S/fakes < C/fakes
- Com fakes $\cong 1$

SECÇÃO EFICAZ

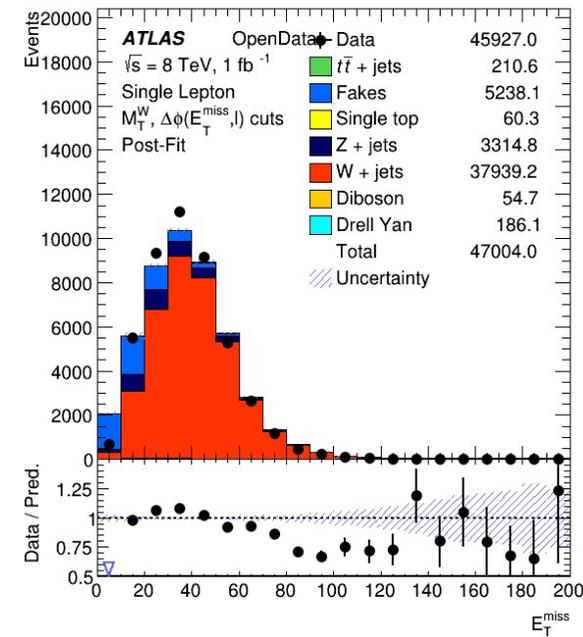
Sem estimativa de fakes:

- Diferença entre dados e estimativa MC associada ao sinal de fundo (Z)



Com estimativa de fakes:

- Diferença entre dados e estimativa MC justificada através dos fakes.



MÉTODO ABCD COM NOVAS VARIÁVEIS

1. Massa transversa do candidato a bóson W:

- Região B e D (poucos e muitos fakes)

$\Delta\phi$ (diferença de ângulos entre o lépton e a energia transversa do momento em falta):

- Região A (obtenção da forma do sinal)

Momento transverso do jato

- Região C (rica em sinal)

2. Massa transversa do candidato a bóson W:

- Região B e D (poucos e muitos fakes)

$\Delta\phi$ (diferença de ângulos entre o lépton e a energia transversa do momento em falta):

- Região A (obtenção da forma do sinal)

Momento transverso do lépton

- Região C (rica em sinal)

FATORES DE CORRELAÇÃO

Distribuições	$\Delta\phi$	Massa Transversa
Momento transverso do jato	-0,012	-0,058
Massa Transversa	-0,003	-

Distribuições	$\Delta\phi$	Massa Transversa
Momento transverso do leptão	-0,010	-0,236
Massa Transversa	-0,006	-

CONCLUSÃO

Análise do decaimento do bóson W

- Apenas um lépton por acontecimento;
- Massa transversa superior a 30 GeV;
- Energia transversa superior a 30 GeV.

Método ABCD

- Correlação forte entre a massa transversa e a energia transversa;
- Estimativa de fakes → Melhor ajuste do FIT → Fator de normalização menor.

Método ABCD com novas variáveis

- Fatores de correlação mais baixos utilizando a variável do momento transversal do jato
- FIT jato:
 - 1 entrada por acontecimento



OBRIGADA!

P e r g u n t a s ?

TEOREMA CPT

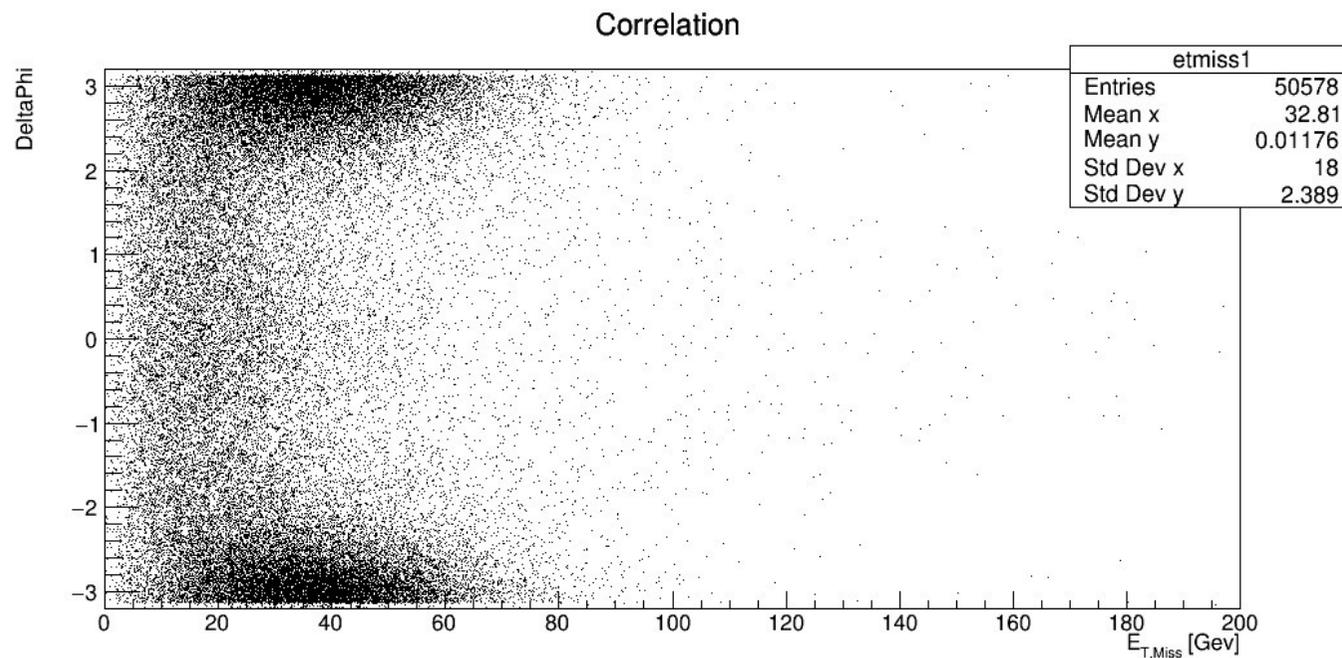
MQ + RG = CPT

- C – carga; P – paridade; T - tempo

Implicações

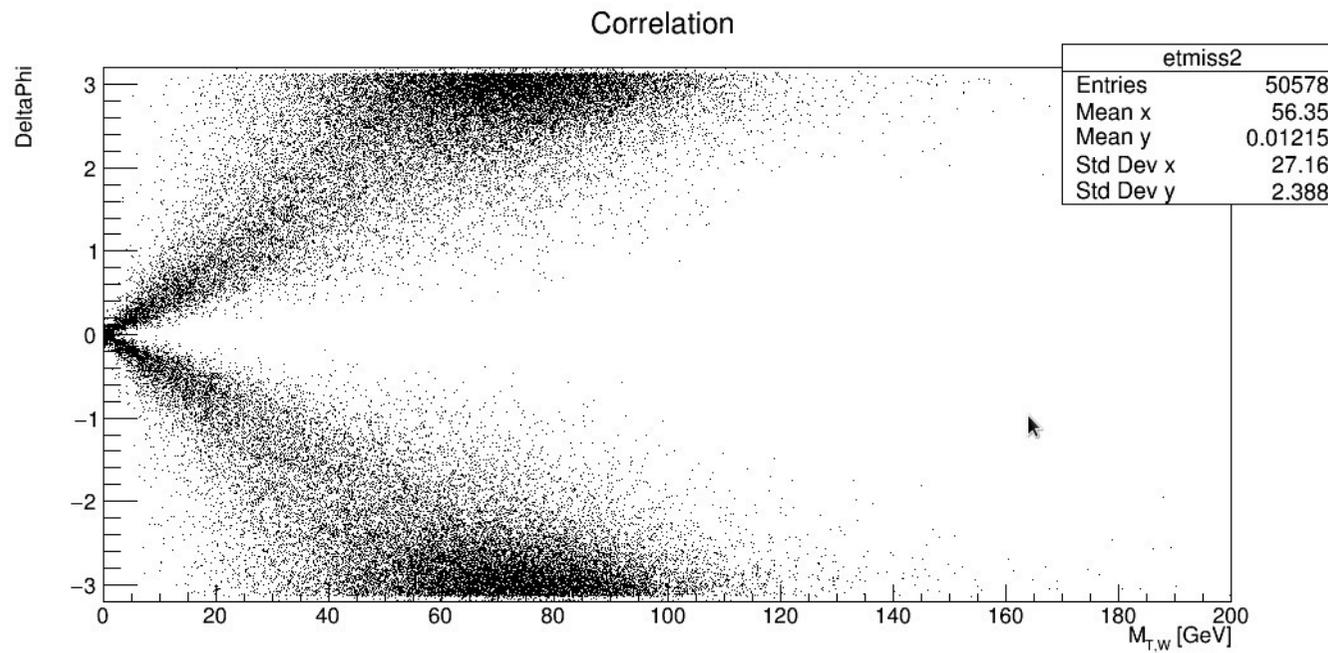
- Partícula / Antipartícula

FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS



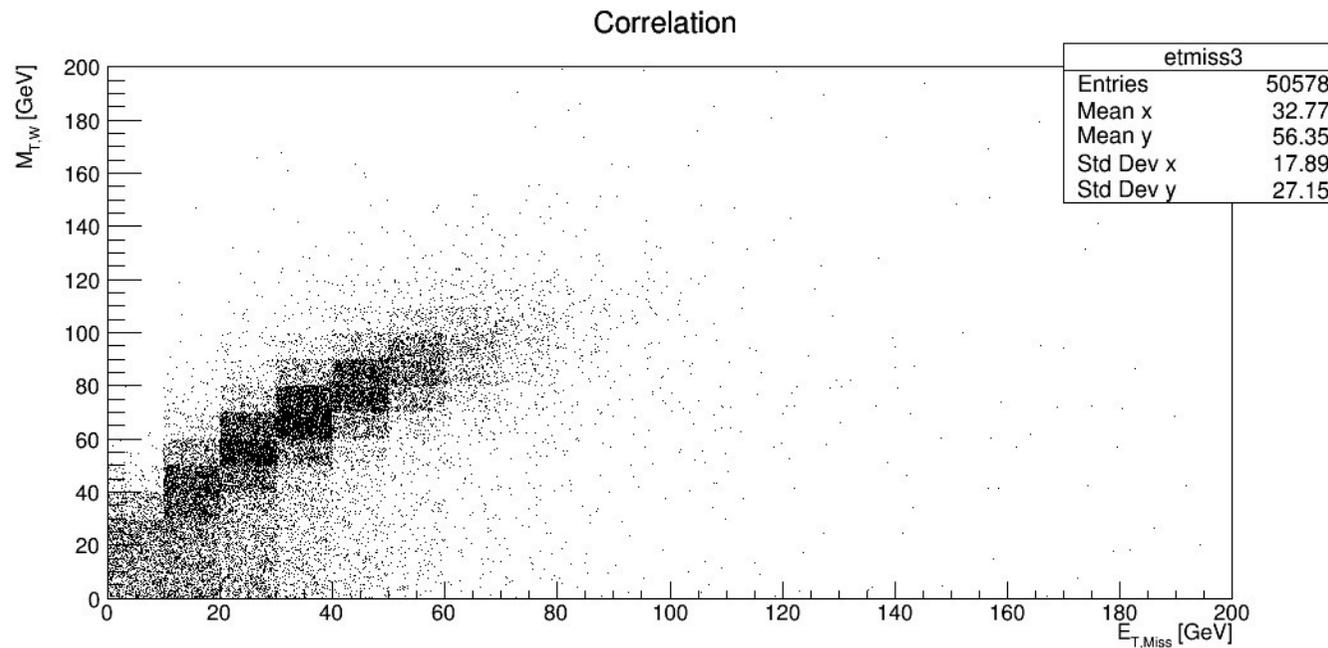
0.004

FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS



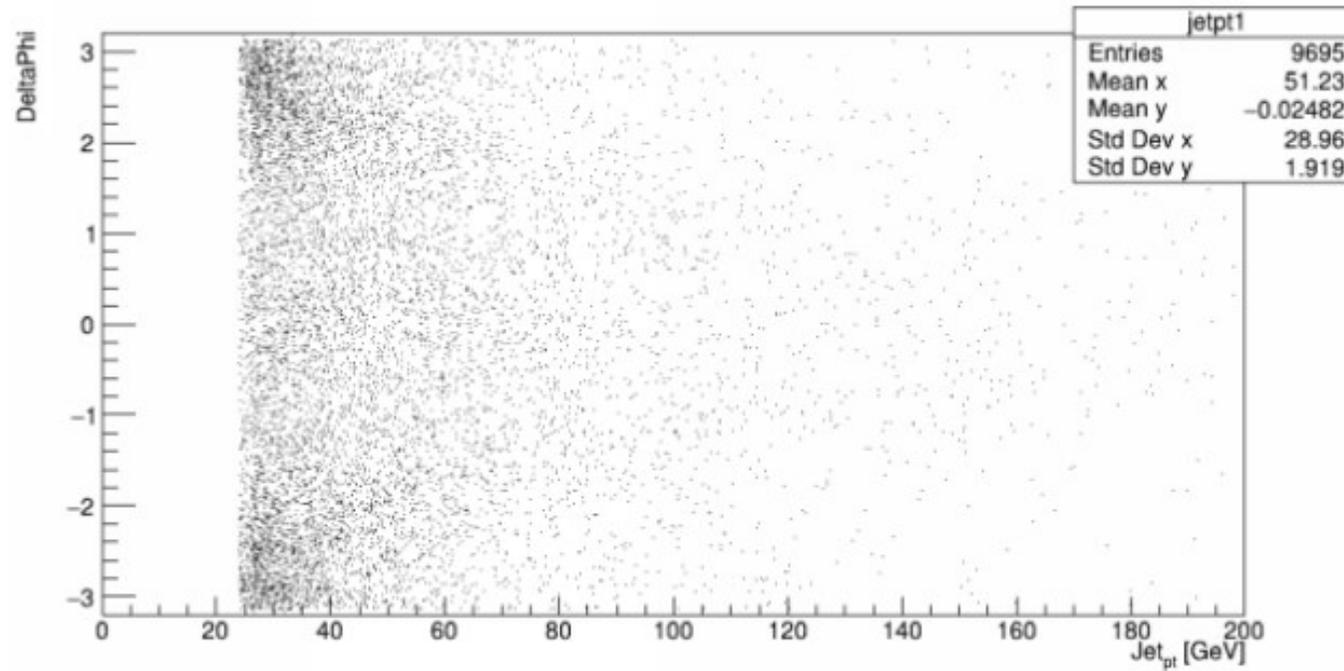
0.003

FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS



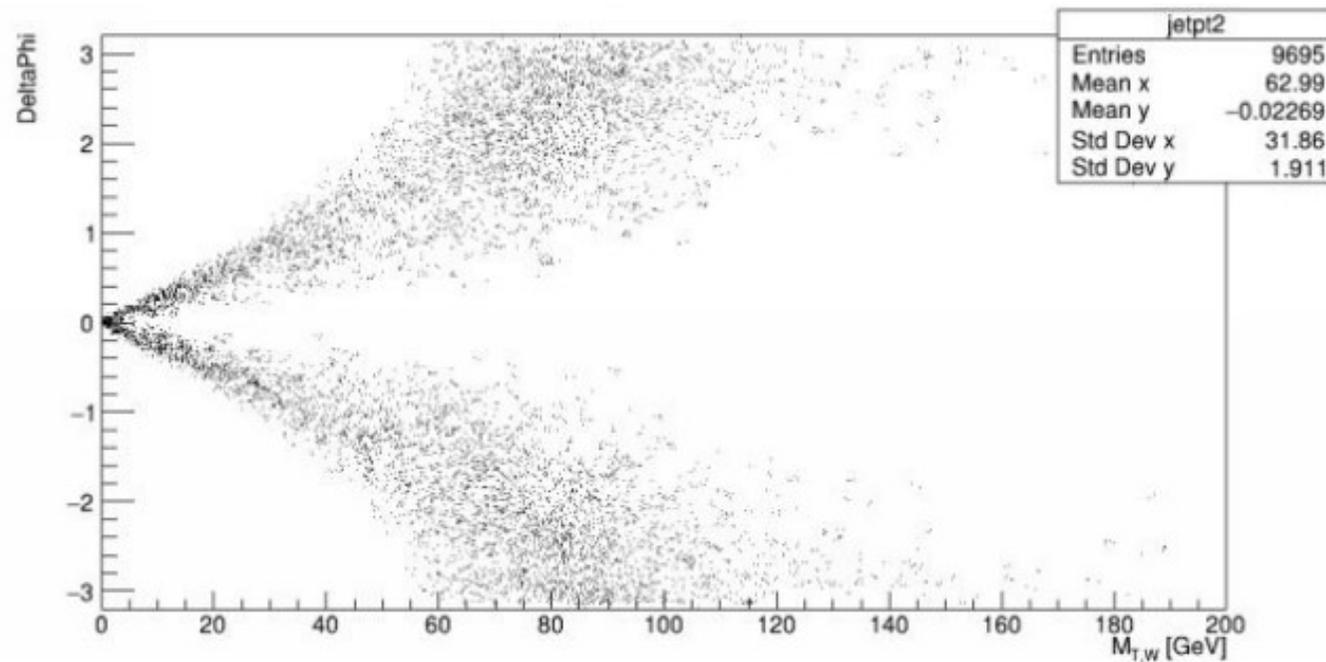
0.680

FATOR DE CORRELAÇÃO (MOMENTO TRANSVERSO DO JATO)



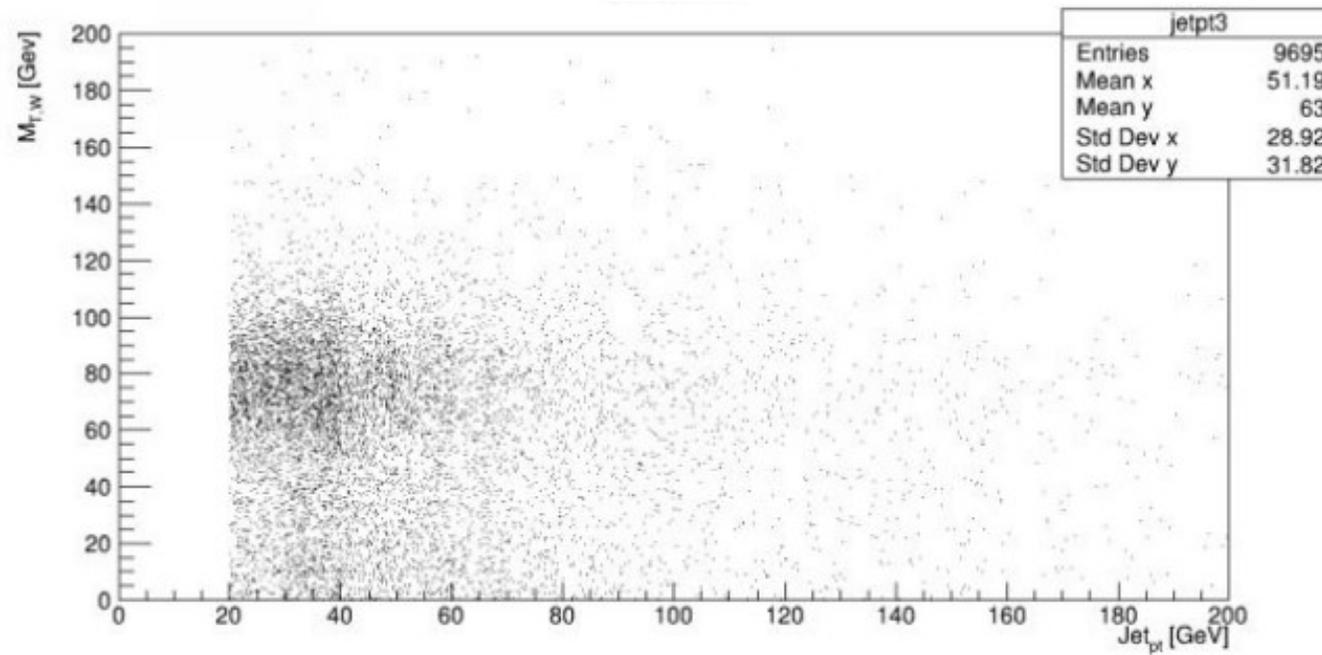
-0.012

FATOR DE CORRELAÇÃO (MOMENTO TRANSVERSO DO JATO)



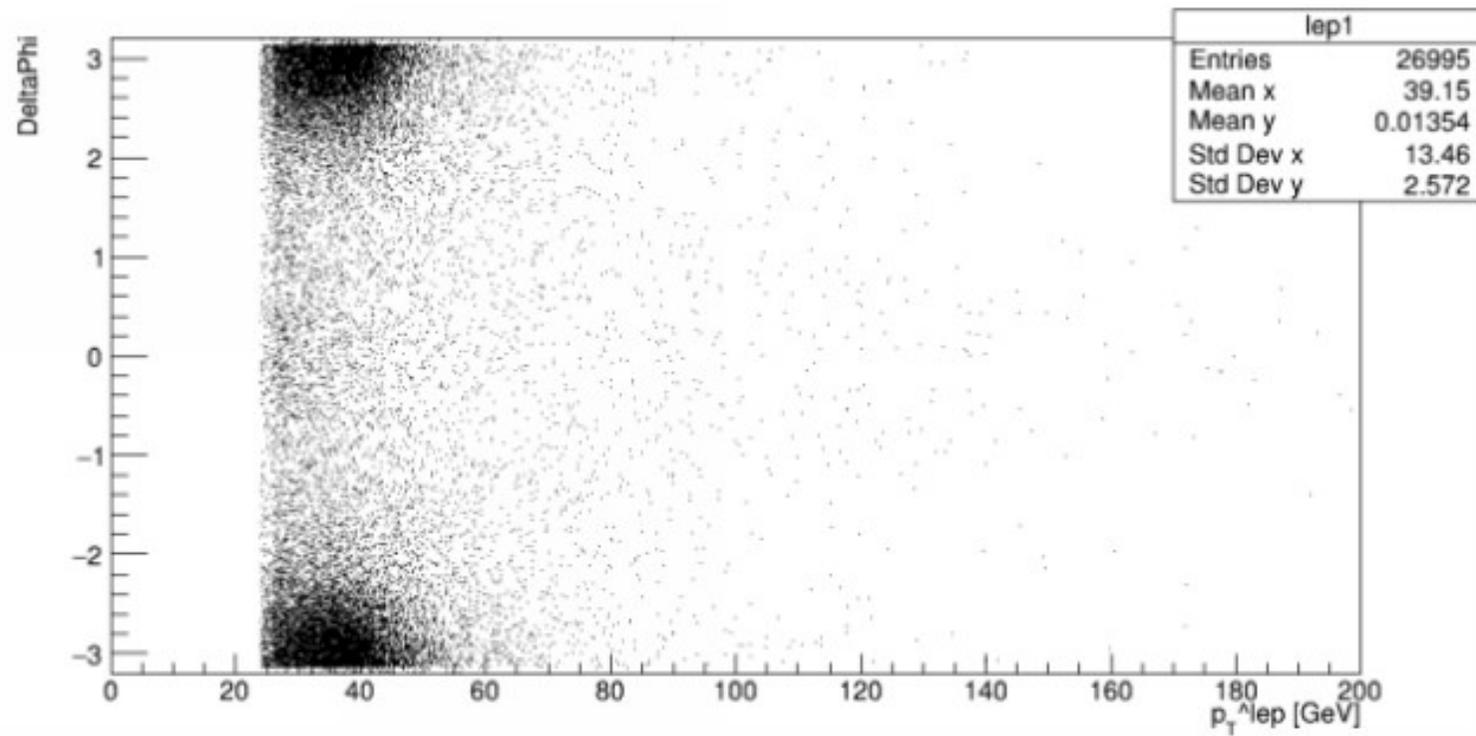
-0.003

FATOR DE CORRELAÇÃO (MOMENTO TRANSVERSO DO JATO)



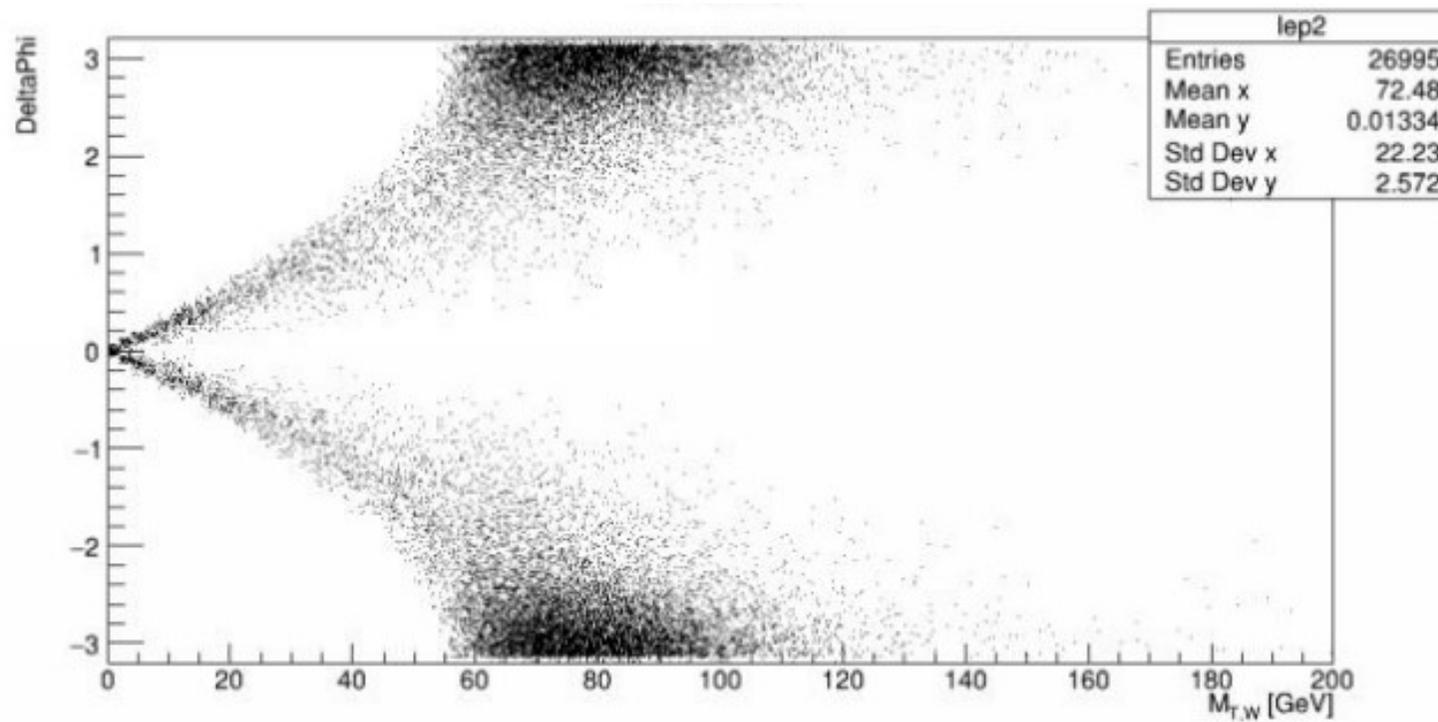
-0.058

FATOR DE CORRELAÇÃO (MOMENTO TRANSVERSO DO LEPTÃO)



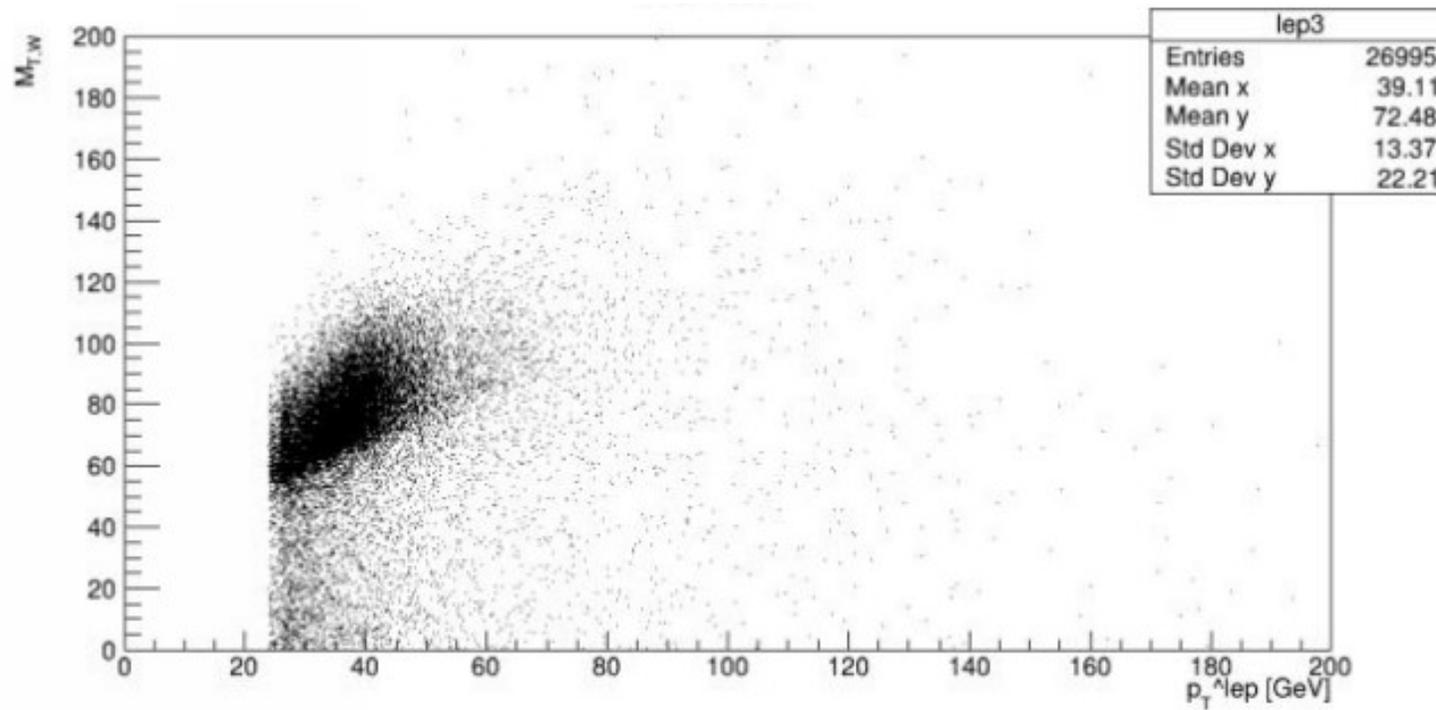
-0.010

FATOR DE CORRELAÇÃO (MOMENTO TRANSVERSO DO LEPTÃO)



0.006

FATOR DE CORRELAÇÃO (MOMENTO TRANSVERSO DO LEPTÃO)



0.236