

## DISTRIBUIÇÕES CINEMÁTICAS PARA O BÓSON DE HIGGS

ALDAIR CELESTINO OLIVEIRA JÚNIOR<sup>1</sup>;  
GUSTAVO GIL DA SILVEIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas– [aldaircelestino@gmail.com](mailto:aldaircelestino@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – [gustavo.silveira@ufrgs.br](mailto:gustavo.silveira@ufrgs.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Os bósons são partículas elementares de spin inteiro, como o fóton, glúon, bóson Z, bóson W, e o bóson de Higgs, que ficou mais conhecido devido a atenção que foi dada pela mídia. Trataremos nesse texto especificamente do bóson de Higgs, que tem esse nome devido a proposta de Peter Higgs em 1964, o qual propunha elucidar como as partículas fundamentais adquirem suas massas. Apesar de proposto há mais de 50 anos, apenas pode ser descoberto até poucos anos atrás devido a limitações tecnológicas. Com a ativação do LHC (Large Hadron Collider) em 2009, tivemos como acelerar partículas com energia suficiente para gerar esse bóson e, em julho de 2012, foi encontrada uma partícula com massa entre 125 e 127 GeV verificado pelos detectores ATLAS e CMS. Havia suspeitas de que essa partícula seria o bóson de Higgs, mas apenas em março de 2013 foi confirmado que essa partícula apresentava as características daquele bóson. Assim, obtendo-se o seu pico de massa em torno de 125 GeV e outras medidas adicionais demonstraram que de fato se tratava do bóson de Higgs.

Neste trabalho, nos dedicamos ao estudo da distribuição das partículas na produção exclusiva do bóson de Higgs, realizando simulações computacionais utilizando algoritmos e funções conhecidas que descreve a cinemática das partículas. Este estudo permitirá compreender como se diferenciam as distribuições cinemáticas do produto do decaimento do bóson de Higgs entre processos exclusivos e outros tipos de processos que produzem o mesmo decaimento.

### 2. METODOLOGIA

As colisões binárias representam uma visão simplificada do processo de produção do bóson de Higgs. Parte deste estudo também abrangeu a classificação das partículas elementares e as forças da natureza que conhecemos. O estudo também se dedicou a trabalhar com as funções voltadas para a emissão dos fótons que iriam produzir o bóson de Higgs no processo de interação entre fótons, sendo empregadas para a interação elástica, onde os prótons se mantêm intactos após a interação. Devido a complexidade dos cálculos, nos detemos em estudar as distribuições em algumas variáveis para compreender a diferença entre os processos. Para tal, comparamos este processo com outros processos distintos, como o processo Drell-Yan, e que produz o mesmo decaimento do bóson.

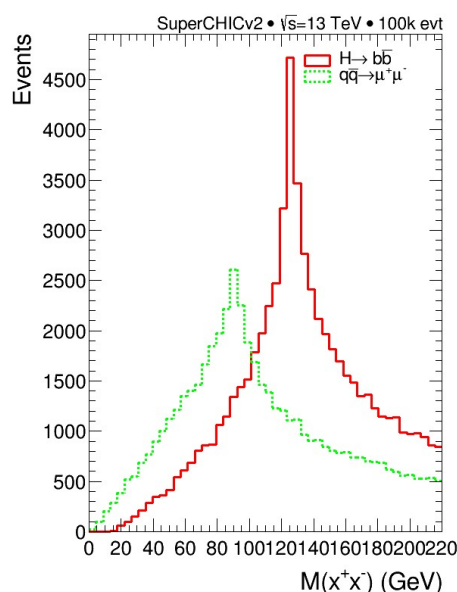
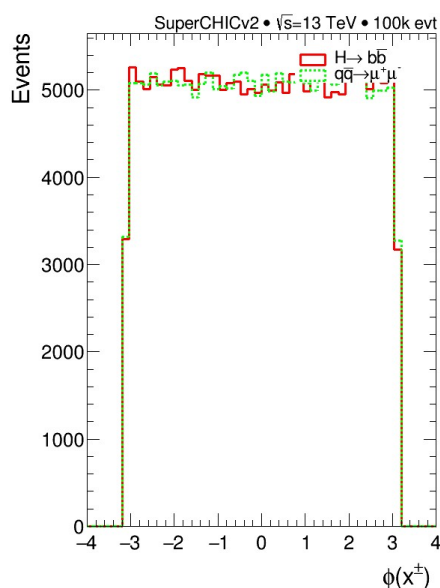
Realizamos simulações das colisões utilizando o gerador de eventos SuperCHIC v2.0. Após as simulações, um código computacional foi usado para ler os eventos gerados e produzir os gráficos das distribuições cinemática ligadas ao decaimento do bóson de Higgs em quarks *bottom*. Esse programa computacional nos permitiu adequar os gráficos para a área de ressonância do

bóson e também, em sua última versão, foi possível aplicar cortes afim limpar ruídos e outros eventos que ocorrem próximos ao pico de ressonância.

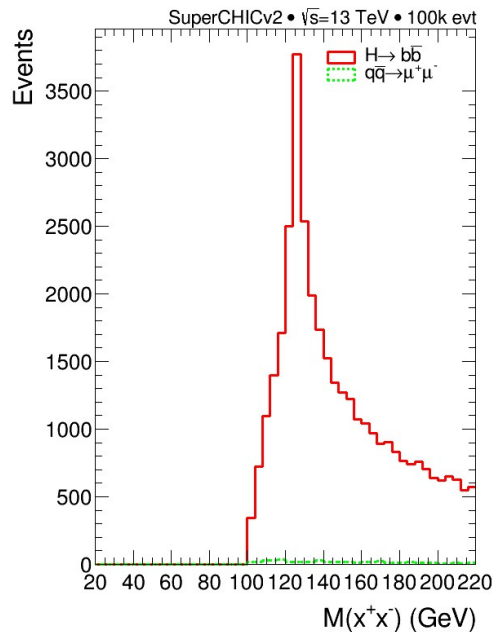
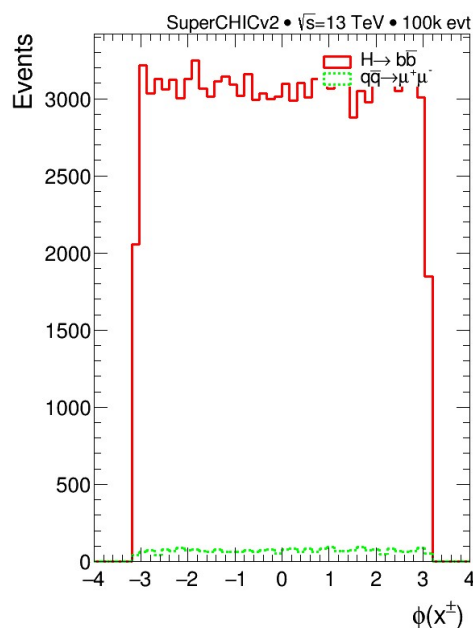
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Numa primeira etapa, o gerador de evento foi utilizado para estudar a quantidade conhecida como seção de choque, que avalia a probabilidade de cada tipo de processo ocorrer no acelerador. Como resultado, um gráfico contendo os processos estudados no grupo foi produzido, verificando a diferença entre eles com o crescimento da energia. Com menor probabilidade de ocorrer, observei que a curva da produção do bóson de Higgs é a mais baixa dentre as estudadas. Isso ocorre pela interação particular necessária para a produção do bóson de Higgs e pela sua alta massa.

Em uma avaliação preliminar, estudamos a existência das chamadas ressonâncias, que mostram a produção de uma partícula com massa específica. Também avaliamos as distribuições em outras variáveis, como massa e momentum transversal. Abaixo o resultado das simulações que devolveram o pico de massa do Higgs, em 125 GeV, onde a outra ressonância em verde apresenta a produção do bóson Z, que possui massa diferente do bóson de Higgs, de 90 GeV.

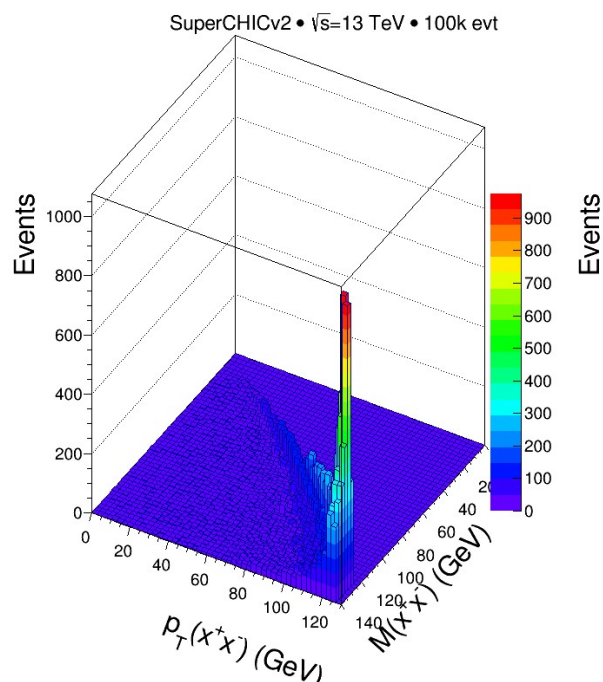


Como podemos ver nos gráficos, há outros eventos sendo registrados próximos à ressonância do bóson de Higgs e eles contribuem para a quantidade de eventos registrados ao ponto de até mesmo sobrepor o Bóson de Higgs. Para termos um resultado mais adequado, foi necessário aplicar cortes para diminuir este ruído na amostra proveniente de outro processo que não o do bóson de Higgs. Construímos os mesmos gráficos ao aplicar um corte de XX GeV na variável XX, o que reduz a contribuição do processo Drell-Yan, evidenciando o bóson de Higgs. As figuras abaixo mostram o impacto deste corte na eliminação do ruído nas amostras de eventos produzidas.



Como podemos ver no gráfico, após aplicar os cortes a quantidade de eventos reduz consideravelmente. Assim, temos certeza que existe algo nesse pico de ressonância, esse corte específico foi realizado no momentum transverso do par de partícula do decaimento. Essa técnica é usada nas análises de dados do experimento.

Ademais, o código computacional nos permitiu estudar esses eventos com outras perspectivas, como, por exemplo, no gráfico tridimensional ao lado. Com isso, podemos ver que não há eventos na parte a direita do gráfico, devido a ser uma área proibida na cinemática do processo. Este tipo de resultado pode ser mostrado também para colisões binárias em Física Básica, onde as regiões proibidas se referem aos intervalos onde as variáveis não permitem o movimento fisicamente.



#### 4. CONCLUSÕES

Estudamos como se classificam as partículas e as colisões estudadas nos experimentos do LHC. Temos, no momento, ferramentas para ampliar os estudos das distribuições cinemáticas e estudar outros processos de interesse. Uma tarefa será incluir restrições às distribuições para simular os efeitos observados no detector de partículas quando se medem os processos. Isso vai auxiliar no



entendimento de como partículas são observadas no CERN. Além disso, demonstra o sucesso do método para se eliminar eventos de processos de interesse para evidenciar o sinal que procuramos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Griffiths, David, **Introduction to Elementary Particles**, Federal Republic of Germany: WILEY-VCH, 1987;

Williams, W. S. C., **Nuclear and Particle Physics**, USA: Oxford University Press, 1991;

Endler, Anna M. F., **Introdução à Física de Partículas**, São Paulo CBPF (2010);

Nussenzveig, Moysés H., **Curso de Física Básica**, São Paulo: Blucher, 2013. 1v.

HARLAND-LANG, L.A., KHOZE, V.A., RYSKIN, M.G., **Exclusive physics at the LHC with SuperChic 2**, European Physical Journal C, volume 76, número 1, página 9, ano 2016.