

Material Suplementar para “Explorando os dados abertos do experimento CMS em colisões de íons pesados: Um ensaio didático em física moderna e computacional ao nível de iniciação científica”

Roteiro Didático Estruturado

O roteiro a seguir apresenta uma sugestão modular para aplicação educacional da análise de dados abertos do CMS. Trata-se de um guia flexível, que pode ser adaptado em duração, profundidade e ferramentas conforme a realidade da turma e a experiência prévia dos estudantes.

Título da Proposta

Análise de Dados Abertos do Experimento CMS no Ensino de Física Moderna e Contemporânea

Objetivos de Aprendizagem

- Compreender os princípios fundamentais da Física de Partículas e da Relatividade Restrita;
- Aplicar conceitos de análise de dados experimentais utilizando ferramentas profissionais;
- Desenvolver competências em programação científica (Python/ROOT) e raciocínio investigativo;
- Estimular o interesse por ciência de fronteira e a formação em pesquisa.

Público-Alvo

Estudantes de graduação em Física (a partir do 3º período) e alunos do ensino médio com forte interesse em ciência, tecnologia e computação.

Estrutura Modular da Proposta

A proposta é organizada em módulos independentes, permitindo que o docente utilize apenas uma parte do roteiro ou amplie-o para um curso completo ou projeto de iniciação científica.

Módulo 1 – Fundamentos Teóricos (4h)

- Introdução ao Modelo Padrão: partículas elementares, interações e hádrons compostos;
- Contexto histórico da descoberta do méson J/ψ e da “Revolução de Novembro”;
- Relatividade restrita e definição de massa invariante;
- Atividade sugerida: quiz ou discussão guiada com apoio de vídeos/divulgação científica.

Módulo 2 – Ferramentas Computacionais (4h)

Trilha completa ou trilha leve, conforme infraestrutura disponível.

- Introdução ao ambiente Linux e ao uso de terminal;
- (Trilha completa) Instalação do Docker e acesso ao CMS Open Data via contêineres;
- (Trilha leve) Análise de arquivos CSV em Python/Colab usando **pandas**;
- Uso de **Jupyter Notebooks** e noções básicas de ROOT (PyROOT e C++);
- Atividade sugerida: exploração inicial dos arquivos e comandos básicos.

Módulo 3 – Análise de Dados Experimentais (6–8h)

- Acesso aos formatos MiniAOD/NanoAOD ou a conjuntos pré-processados em CSV;
- Seleção de múons via cortes cinemáticos e de qualidade;
- Construção dos histogramas de massa invariante;

- Atividade sugerida: reconstrução do pico do J/ψ .

Módulo 4 – Ajuste Estatístico e Interpretação Física (4–6h)

- Ajuste de picos de ressonância usando **RooFit** ou modelos alternativos em Python;
- Extração e discussão dos parâmetros físicos obtidos;
- Comparação com valores do PDG;
- Atividade sugerida: análise crítica da resolução do detector e das incertezas.

Módulo 5 – Discussão Científica e Extensões (2h)

- Introdução ao estudo de íons pesados e ao plasma de quarks e glúons;
- Conceito de supressão nuclear e do fator R_{AA} ;
- Caminhos opcionais de continuidade: estudo da família Υ , comparação pp vs. PbPb, miniartigos;
- Atividade sugerida: apresentação dos resultados (oral ou pôster).

Materiais e Recursos Necessários

- Repositório com scripts, dados e instruções disponibilizado no Github.
- Tutoriais e documentação oficial do CMS Open Data;
- Acesso à internet e, opcionalmente, Docker. Para trilhas leves: Google Colab ou Binder.

Avaliação Recomendada

- Formativa: participação nas atividades, resolução de exercícios, produção de gráficos e interpretações físicas;
- Somativa (opcional): relatório curto descrevendo procedimentos e conclusões.

Observação Final

A modularidade do roteiro permite sua aplicação integral ou parcial, em diferentes cargas horárias e níveis de formação. O docente pode escolher entre trilhas completas (Docker + CMSSW) ou trilhas simplificadas (Colab/CSV), adequando a proposta à infraestrutura disponível e aos objetivos pedagógicos.