



Tese de Doutorado - PPGFis/UFRGS - Press Release

Contato: Lucas Soster Moriggi

E-mail: lucas.moriggi@ufrgs.br

Date: 14 de abril de 2021

Espectro de hádrons em colisões de prótons e núcleos

Revelando a dinâmica dos glúons a partir da distribuição de partículas produzidas no LHC

Colisões ultra-relativísticas, como as realizadas no Large Hadron Collider (LHC), têm por objetivo revelar a dinâmica das partículas em escalas subnucleares, nos permitindo acesso a novos fenômenos físicos, em situações ainda não exploradas. Tanto em seu modo de colisão próton-próton, quanto chumbo-chumbo, o LHC tem mostrado uma nova variedade de fenômenos que podem emergir destas colisões, quando estendemos a fronteira de energia disponível para a produção de novas partículas. Nestas colisões, com energias da ordem de tera-elétron-volts (TeV), milhares de novas partículas podem ser produzidas no estado final, a partir do ponto de colisão inicial. Um dos grandes desafios da fenomenologia da física de partículas é, observando as distribuições de hádrons que chegam ao detector no estado final, inferir o que exatamente ocorreu naquele ponto de colisão. A resposta em geral não é simples e envolve a complexa dinâmica de objetos mais fundamentais, chamados quarks e glúons (coletivamente chamados pártons), que compõem os prótons e núcleos. Acontece que, durante um tempo extremamente efêmero, na colisão inicial, estes pártons podem colidir, emitir radiação, se aniquilarem ou produzirem novas partículas, até que se transformam em hádrons novamente. Um dos conceitos chave na fenomenologia destas colisões é o de função de distribuição de pártons, que nos dá a probabilidade de que estes pártons sejam encontrados no hádron com determinada energia e momento. A determinação destas distribuições só pode ser feita através de dados experimentais para a produção de diferentes tipos de partículas e suas distribuições cinemáticas. A distribuição de hádrons em função de seu momento transversal

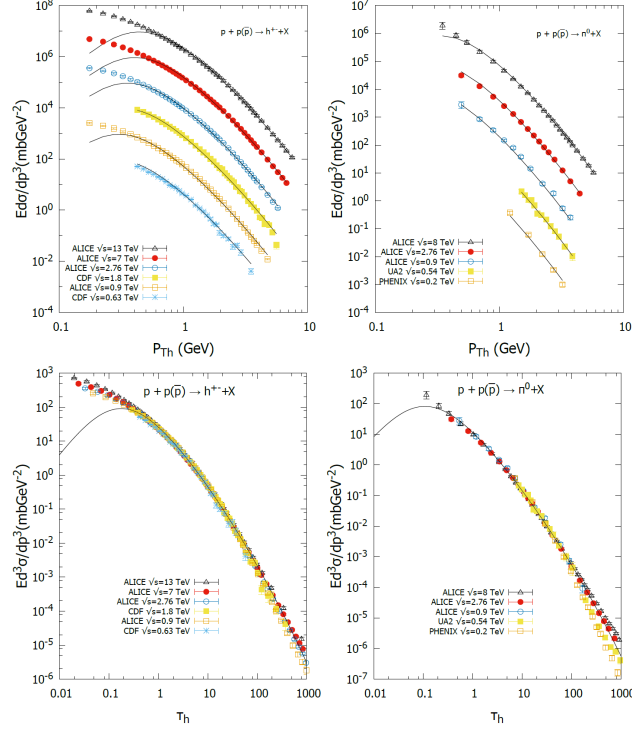


Figura 1: Escalonamento do espectro p_T . Acima o espectro em função do momento transversal em diferentes energias. Abaixo, em função de uma variável τ que depende da energia.

ao eixo de colisão inicial, conhecido como espectro p_T , tem sido coletada ao longo das últimas décadas por diferentes colidores, sendo que com as energias mais altas do LHC podemos acessar uma nova região cinemática destas distribuições.

Em altas energias, o número de glúons no próton cresce muito e podemos entender o próton como um aglomerado de glúons, carregando carga de cor, num regime de grande densidade, caracterizando um novo estado da matéria, conhecido por condensado de vidro de cor. Nesta tese, foi feita a proposta de uma função de distribuição de glúons com o objetivo de descrever o espectro p_T de hádrons leves, dando ênfase ao regime de altas energias. Nosso objetivo é, a partir de pressupostos teóricos e fenomenológicos, no contexto do formalismo do condensado de vidro de cor, desenvolver uma forma analítica simples para estas distribuições, que possam ter utilidade no entendimento do espectro. Isto é realizado a partir da análise de um grande conjunto de dados de diferentes colidores com energias distintas. Uma das previsões do formalismo é a presença de uma escala de momento de saturação, a partir da qual a densidade de glúons para de crescer. Nos dados experimentais, a assinatura desta dinâmica é o escalonamento do espectro em função da energia, isto é mostrado em nossa análise presente na Figura 1. O espectro, que cresce em função

da energia de colisão, colapsa para uma única curva quando plotado em função da variável de escalonamento, que depende da energia. Os resultados apresentados em nosso trabalho indicam mais uma evidência do comportamento de saturação das funções de distribuição de glúons.

Embora as colisões tipo próton-próton no LHC sejam fundamentais para a caracterização das distribuições de glúons, é em seu modo chumbo-chumbo que a dinâmica de saturação, além de novos fenômenos, surge com maior relevância. O grande número de nucleons presentes no núcleo de chumbo, garante uma grande densidade de energia depositada no momento da colisão inicial, produzindo um estado de quarks e glúons desconfiados, conhecido como plasma de quarks e glúons (QGP). A física do QGP é caracterizada por temperaturas e densidades de energias extremas, da ordem de trilhões de graus Celcius, reproduzindo as condições do universo microssegundos após o Big Bang. A caracterização deste sistema é de grande complexidade, partindo das múltiplas interações partônicas iniciais até o equilíbrio térmico, passando pela evolução hidrodinâmica do plasma, até o momento em que as partículas, subprodutos deste meio, sejam detectadas. Todas estas etapas constituem um grande desafio para a física de altas energias, pois a visão simples adotada em colisões de sistemas pequenos (como o próton) não são válidas, e novas descrições baseadas em termodinâmica e hidrodinâmica se fazem necessárias. Novamente, o espectro p_T resultante destas colisões tem um papel fundamental na determinação da dinâmica deste sistema, já que existe uma grande distorção do espectro em relação ao caso dos prótons. Nossa contribuição neste sentido é estender a distribuição de glúons proposta para lidar com o caso nuclear, isto é, incorporamos as modificações induzidas pelo meio nuclear na distribuição de glúons. Porém, a simples modificação da distribuição neste caso não é suficiente, ela apenas pode lidar com a etapa inicial da colisão. Em uma segunda etapa, partículas podem ser produzidas no equilíbrio térmico, ao longo do desenvolvimento hidrodinâmico do sistema. Fizemos uma análise dos dados da colaboração ALICE do LHC, sobre o espectro p_T em diferentes centralidades, a partir destas considerações, onde obtivemos os parâmetros relevantes, como temperatura de equilíbrio e velocidade de expansão do sistema de hádrons.

A física de altas energias tem se beneficiado enormemente de experimentos sofisticados como o LHC, que com o acúmulo de dados dos últimos anos, permitiu um grande avanço em nosso entendimento das interações fundamentais da física de partículas. À medida que este conhecimento avança, novos fenômenos se apresentam e novos formalismos passam a ser necessários para a

caracterização cada vez mais precisa destes. Nossa contribuição visa principalmente a determinação das distribuições de glúons em altas energias, sob a perspectiva do espectro de hádrons produzidos em colisões de prótons e núcleos, considerando novos dados do LHC. Esperamos que este tipo de investigação possa ser estendida para uma maior variedade de processos e um maior número de dados, complementando nosso entendimento destes fenômenos.

#