

## Efeitos Não – Lineares Na Distribuição de Glúons para Pequeno - $x$

GILVANA COELHO PENEDO<sup>1</sup>; VICTOR PAULO BARROS GONÇALVES<sup>2</sup>;  
WERNER KRAMBECK SAUTER<sup>3</sup>;

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

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [victorpbg@gmail.com](mailto:victorpbg@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [werner.sauter@gmail.com](mailto:werner.sauter@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

O comportamento da densidade de quarks e glúons a pequeno –  $x$ , enquanto  $x$  é de Bjorken em escala variável, é um problema desafiador na Cromodinâmica Quântica (QCD). A maior importância no fenômeno na região de pequeno- $x$  enquanto determina o modelo físico do párton (quark e glúon) evolui em cascata aumenta a densidade do párton em  $x$  tendendo a zero. No regime de pequeno- $x$  podemos obter uma solução analítica para a equação DGLAP (DOKSHITZER, 1977; GRIBOV; LIPATOV, 1972; ALTARELLI; PARISI, 1977). As funções de desdobramento associadas ao setor de glúons são singulares para  $z$  tendendo a zero. Como consequência, o comportamento das distribuições partônicas para pequeno- $x$  é determinado pela dinâmica do setor de glúons.

A dinâmica DGLAP prevê um crescimento indefinido do número de glúons no interior do próton a medida que aumentamos  $Q^2$  assim como com a diminuição de  $x$ . O crescimento da seção de choque predita pela DGLAP (equação de evolução) é do tipo potência com a energia. Algum tipo de efeito deve ser incluído para diminuir, ou mesmo parar, este crescimento indefinido do número de glúons.

O crescimento do número de glúons pode ser entendido como um efeito de radiação iterativa, onde os próprios glúons dividem-se em dois ou três, além de serem emitidos pelos quarks. Este crescimento no número de glúons faz com que o próton seja visto como um meio denso e colorido (SOUZA, 2007). Gribov, Levin e Ryskin (GLR) propuseram que em altas densidades partônicas o processo de recombinação de pártons torna-se importante (GRIBOV; LEVIN; RYSKIN, 1983). Esse processo de recombinação é expresso matematicamente por uma equação de evolução não linear, denominada GLR.

Neste trabalho teve-se como principais objetivos, verificar a validação da GLR como uma correção para o problema encontrado na QCD do crescimento indefinido no número de glúons, reproduzindo a equação de distribuição dos glúons com o objetivo de resolvê-la para diferentes valores de  $x$  e plotando gráficos para verificar o comportamento dos glúons mudando parâmetros na equação de distribuição.

### 2. METODOLOGIA

A metodologia para a realização deste trabalho constitui no estudo das equações de evolução e suas implicações em regimes não lineares.

Primeiramente foi estudado em Spiering, D. 2014, que a dinâmica partônica tem sua evolução regida pelas equações DGLAP (Dokshitzer-Gribov-Lipatov-Altarelli-Parisi). Foram reproduzidos então, os cálculos para a evolução da DGLAP do setor de glúons em pequeno- $x$  e, a partir disto foi visto que, neste limite a solução da DGLAP é determinada pelo crescimento assintótico da distribuição de glúons; isso leva a uma correção desta equação. Após estas verificações, foi estudado um artigo (DEVEE; SARMA, 2014) que trabalha com a

GLR (uma correção da DGLAP), onde se chega a equação para a função de distribuição de glúons. Os dados deste artigo foram reproduzidos e foram feitos os cálculos através de um programa computacional (gfortran), primeiramente para determinados valores de  $x$  plotando os respectivos gráficos para quatro valores diferentes deste. Posteriormente, para cada um dos quatro valores de  $x$  fixo, foram variados outros parâmetros nesta equação ( $R$  e  $\lambda$ ) usando para cada  $x$  fixo dois valores diferentes de  $R$  e três de  $\lambda$  para cada  $x$ , novamente plotando os gráficos para estes e comparando-os com os da teoria (referência utilizada). Em ambos os casos o objetivo foi de observar o comportamento da distribuição de glúons com dependência de  $Q^2$  no regime não linear fazendo comparações entre modelos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até o presente momento foram feitos estudos das equações de evolução para altas energias em regimes lineares e não-lineares. Obteve-se o cálculo da equação GLR para a distribuição de glúons e assim foram comparados modelos que descrevem esta distribuição. Para este trabalho foram realizadas comparações apenas entre modelos não-lineares e os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, sendo muito similares aos da teoria e comparando entre os resultados experimentais. Observamos neste trabalho a dependência de  $Q^2$  e  $x$  na distribuição de glúons, e assim foi analisado que ocorreu o efeito não-linear e foi possível através das equações corrigir este efeito. Na continuação deste trabalho será realizada a comparação entre modelos lineares e não-lineares.

### 4. CONCLUSÕES

Obtemos a solução da equação de evolução não-linear GLR pelo comportamento da função da distribuição de glúons e estudamos os efeitos acrescentados pela GLR corrigindo assim, a equação de evolução DGLAP. Com este trabalho conseguimos estudar possíveis métodos e correções para solucionar o problema dos efeitos não-lineares na física de altas energias. Isto contribui para os futuros estudos de dados obtidos em colisores de partículas como o Grande Colisor de Hádrons (LHC), que voltou a operar e nos fornecerá dados para trabalhar e aplicar as teorias desenvolvidas, e com estes estudos realizados neste trabalho, podemos contornar os efeitos não lineares na distribuição e até mesmo estudar e verificar comportamentos na distribuição de glúons e pequeno- $x$  em outros casos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOKSHITZER, Y. **Calculation of the Structure Functions for Deep Inelastic Scattering and  $e^+e^-$  Annihilation by Perturbation Theory in Quantum Chromodynamics.**

Sov.Phys.JETP, 46:641–653, 1977.

GRIBOV, V. ; LIPATOV, L . **Deep inelastic  $e p$  scattering in perturbation theory.**

Sov.J.Nucl.Phys., 15:438–450, 1972.

ALTARELLI, G. ; PARISI, G. **Asymptotic Freedom in Parton Language.**

Nucl.Phys., B126:298, 1977.

SOUZA, M. **Dipolos de cor e interação a altas energias.** Doutorado, Instituto de Física, USP, 2007.

GRIBOV, L. ; LEVIN, E. ; RYSKIN, M. **Semihard Processes in QCD.** Phys.Rept.,

100:1–150, 1983.

DEVÉE, M ; SARMA, J.K. Nonlinear evolution and  $Q^2$  – evolution of gluon distribution function. **The European Physical Journal C**, Assam, 2014.

PIRES, D.S. **Espalhamento Compton Profundamente Virtual em Colisões Elétron-Próton e Elétron-Núcleo.** 2014. Dissertação (Mestrado em Física) – Curso de Pós-graduação em Física, Universidade Federal de Pelotas.