

## EVOLUÇÕES NÃO-LINEARES E DISTRIBUIÇÕES PARTÔNICAS EM QCD

GILVANA COELHO PENEDO<sup>1</sup>;  
WERNER KRAMBECK SAUTER<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [werner.sauter@ufpel.edu.br](mailto:werner.sauter@ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Os pártons (quarks e glúons) são partículas do Modelo Padrão, onde a interação entre estes é descrita pela *cromodinâmica quântica* (QCD), uma teoria desenvolvida para descrever as interações fortes, onde quarks e glúons portam uma carga denominada carga de cor. Partículas constituídas por quarks são denominadas *hádrons*, como por exemplo, o próton que possui em um regime de baixas energias três quarks em sua estrutura, chamados quarks de valência.

O processo usual que melhor permite analisar a estrutura do próton é o espalhamento profundamente inelástico (DIS). No DIS, um lepton emite um fóton que interage com os constituintes do hadrôn. Este processo pode ser descrito por três variáveis cinemáticas,  $Q^2$  (virtualidade),  $W^2$  (energia do centro de massa fóton-próton),  $x$  (fração do momentum do fóton portada pelo párton). Em um regime de altas energias, ou seja  $W^2$  grande e  $x$  pequeno os pártons emitem glúons logo, há um aumento do número de pártons. Como este número não pode crescer indefinidamente, para um regime de altas densidades ocorre o fenômeno de saturação: a recombinação dos pártons.

Podemos determinar a evolução das distribuições partônicas através das equações DGLAP (DOKSHITZER, 1977; GRIBOV; LIPATOV, 1972; ALTARELLI; PARISI, 1977) que são equações de evolução lineares. Quando em um regime cinemático de pequeno  $x$ , há um aumento considerável no número de pártons, havendo recombinação dos pártons, onde os glúons são dominantes o que leva a uma correção das equações de evolução introduzindo um termo não-linear na DGLAP, constituindo-se da equação GLR-MQ (GRIBOV, L.; LEVIN, E.; RYSKIN, M, 1983) e (MUELLER, A. H.; QIU, J.-W, 1986), uma equação de evolução não-linear que nos fornece a distribuição de glúons no hadrôn em altas energias e visa corrigir o comportamento não-linear nesta função de distribuição.

Para a realização deste trabalho, teve-se como objetivo encontrar soluções para as equações de evolução não-lineares.

### 2. METODOLOGIA

Neste trabalho, foram reproduzidos os cálculos (DEVEE, M.; SARMA, J. K, 2014) para solução da equação GLR-MQ e utilizando um ansatz para obter soluções para a distribuição de glúons a pequeno  $x$  variando  $Q^2$  entre 2 e 20 GeV<sup>2</sup>, para cada  $x$ . Os resultados foram gerados por programa computacional (gfortran) com solução analítica para DGLAP. Variamos valores de  $x$ ,  $R$  (raio de interação entre as partículas) e  $\lambda_g$ . De acordo com a teoria, as funções de distribuições partônicas (PDFs) se comportam a pequeno  $x$  com  $x^{-\lambda_g}$ , onde  $\lambda_g$  é interseção da trajetória do Pomeron. Foram realizadas comparações entre quatro modelos de parametrização (CTEQ6, MMHT2014, CT14, HERAPDF15) e os resultados obtidos (DEVEE, M.; SARMA, J. K, 2014). Tomamos dois valores de  $x$  para gerar os

respectivos gráficos para poder observar o comportamento da distribuição de glúons quando diminuímos o valor de  $x$  e aumentamos a virtualidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados que neste trabalho são de maior relevância são os a seguir:

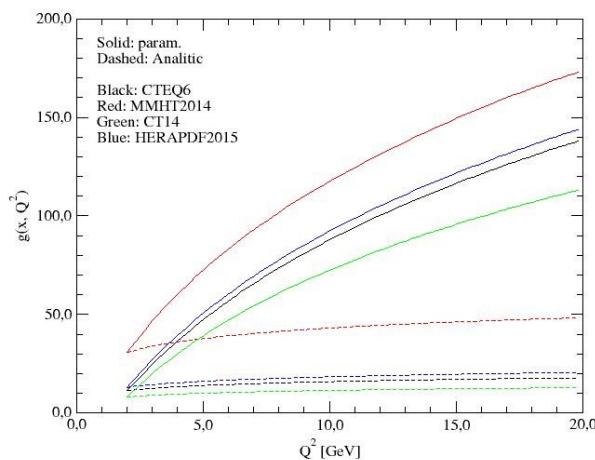
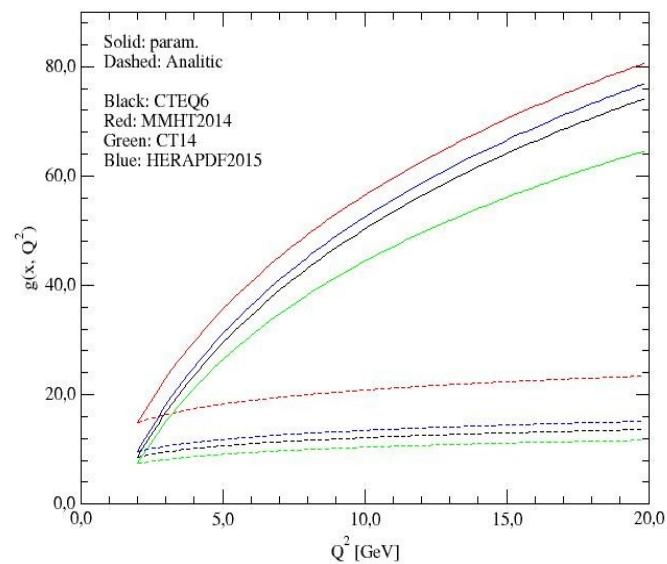


Figura 1 : Gráfico Distribuição de glúons vs Virtulidade  $Q^2$ . Onde  $x = 10^{-6}$   $R = 5$  GeV e  $\lambda_g = 0,5$



As parametrizações são lineares e o resultado obtido é não-linear, ou seja ocorre a saturação. Observamos que todas as curvas para a solução analítica

proposta estão dentro das distribuições dadas pelas parametrizações. As curvas sólidas são dados das parametrizações e as curvas tracejadas mostram os resultados obtidos analiticamente para a solução das equações de evolução. É possível também observar que quando aumenta  $Q^2$  aumenta a distribuição dos glúons, sendo uma distribuição bem maior nas curvas das parametrizações, onde em ambos os gráficos a CT14 apresenta resultados em que o efeito de saturação mais ameno e que a solução obtida para a DGLAP em relação a esta parametrização é a que melhor controla o efeito não-linear no regime de altas energias.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho podemos observar que o crescimento das distribuições partônicas (especificamente as distribuições de glúons) em um regime de altas energias são amenizados pelas equações de evolução linear DGLAP corrigidas por um termo não-linear, a equação GLR-MQ. Observamos que ao aumentarmos a virtualidade  $Q^2$  e consequentemente diminuimos o valor de  $x$ , esta distribuição aumenta o que era esperado, porém ao buscarmos uma solução analítica para as equações de evolução pretendíamos diminuir este efeito. É possível verificar nos resultados que obtivemos este efeito. Os resultados obtidos foram satisfatórios ao compararmos com as parametrizações utilizadas neste trabalho, todas as curvas obtidas analiticamente estão dentro dos resultados das parametrizações. Foi possível concluir que  $x$  é o parâmetro de maior relevância ao ser variado em relação a variação de outros parâmetros como,  $R$  e  $\lambda_g$ .

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOKSHITZER, Y. **Calculation of the Structure Functions for Deep Inelastic Scatte-ring 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.

GRIBOV, L.; LEVIN, E.; RYSKIN, M. Semihard Processes in QCD. **Phys.Rept.**, v. 100, p. 1–150, 1983.

MUELLER, A. H.; QIU, J.-w. Gluon Recombination and Shadowing at Small Values of x. **Nucl.Phys.**, B268, p. 427, 1986.

DEVEE, M.; SARMA, J. K. Analysis of the small-x behavior of gluon distribution and a search for gluon recombination. **Nucl. Phys.**, B885, p. 571–582, 2014.