

Análise da Eficiência de Métodos de Estimação de Energia para um Calorímetro de Altas Energias em Condições Adversas de Empilhamento de Sinais

Gabriel Cezar De Biase¹

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IPRJ/UERJ), Nova Friburgo, RJ

Lucas de Sousa Gomes Nolla²

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IPRJ/UERJ), Nova Friburgo, RJ

Bernardo Sotto Maior Peralva³

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IPRJ/UERJ), Nova Friburgo, RJ

Os experimentos em física moderna de altas energias se apoiam nos seus sistemas de calorimetria que fornecem dados para a reconstrução das partículas resultantes da colisão. As informações fornecidas pelos sistemas de calorimetria têm impacto direto na identificação de diferentes partículas e nas análises físicas desenvolvidas nos experimentos. O contexto de desenvolvimento deste trabalho engloba o calorímetro hadrônico (TileCal) [2] do experimento ATLAS [1], que é um dos principais detectores do LHC (*Large Hadron Collider*), localizado no CERN (*European Organization for Nuclear Research*). No TileCal, as partículas hadrônicas provenientes das colisões interagem com o material pesado do calorímetro, depositando energia que é amostrada pelas telhas cintilantes. O equipamento é composto por 10.000 células de leitura e um circuito de conformação que fornece um pulso com amplitude proporcional à energia depositada.

O modelo comumente utilizado nos calorímetros modernos para a reconstrução de energia formulam o problema como sendo de estimação da amplitude de um pulso imerso em ruído aditivo. Em experimentos que operam sob alta taxa de eventos, o problema de estimação da energia ganha a complexidade do fenômeno de empilhamento de sinais. Desta forma, é fundamental a abordagem do comportamento dos atuais métodos de estimação sob esse cenário. Os métodos mais difundidos atualmente se baseiam em técnicas para a minimização da variância e estimação do parâmetro amplitude \mathbf{A} [4]. Neste trabalho, duas técnicas lineares são confrontadas. A primeira, chamada de OF (*Optimal Filter*), se baseia na estimação da amplitude sujeita a restrições [3]. A segunda é baseada no estimador de máxima verossimilhança (MLE) [4], na qual seus coeficientes são calculados através da maximização da função densidade de probabilidade condicional. Embora o fenômeno de empilhamento de sinais introduza componentes não-Gaussianos no ruído de fundo, os coeficientes de ambos os métodos podem ser otimizados através do uso da matriz de covariância do ruído.

¹biasegabriel@gmail.com

²lucasnolla@outlook.com.br

³bernardo@iprj.uerj.br

Para avaliar a eficiência de estimação dos métodos OF e MLE diferentes cenários de empilhamento de sinais (ou ocupância) foram simulados, visando caracterizar todas as células do TileCal. O parâmetro ocupância corresponde à probabilidade de uma partícula incidir numa dada célula, depositando parte de sua energia e produzindo um sinal de leitura. A fim de medir a eficiência, o desvio padrão da distribuição do erro de estimação (diferença entre o valor estimado e o valor simulado) foi utilizado. A Figura 1 mostra o erro para cada método considerando diferentes valores de ocupância.

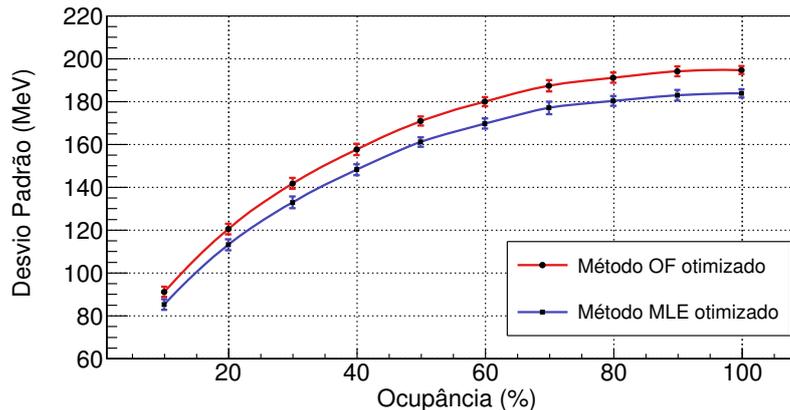


Figura 1: Comportamento dos métodos MLE e OF sob diferentes níveis de ocupância

Considerando o conjunto de dados simulados, pôde-se observar que o método MLE se mostrou mais eficiente, uma vez que o erro de estimação é menor para toda faixa de ocupância quando comparado ao método OF.

Visto que o efeito de empilhamento de sinais introduz componentes não-lineares no ruído de fundo, os trabalhos futuros se concentrarão no estudo de métodos mais sofisticados, tais como algoritmos baseados em desconvolução de sinais ou técnicas de aprendizado de máquina.

Referências

- [1] The Atlas collaboration. The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider, *Journal of Instrumentation*, JINST 3 S08003, 2008. DOI:10.1088/1748-0221/3/08/S08003
- [2] P. Francavilla, The ATLAS Tile Hadronic Calorimeter Performance at the LHC, *J.Phys.: Conf. Ser.*, v.404, pp. 012007, 2012. DOI:10.1088/1742-6596/404/1/012007.
- [3] E. Fullana et al., Digital Signal Reconstruction in the ATLAS Hadronic Tile Calorimeter, *IEEE Transaction On Nuclear Science*, v.53, n.4, pp. 2139-2143, 2006. DOI:10.1109/TNS.2006.877267.
- [4] S. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory*, Pearson, Kingston, Rhode Island, 2006.