

# Reconhecimento de Novos Padrões de Mapeamento Encefálico Baseado em Sistemas Estatísticos Não-Extensivos

Ricardo Morello Santos<sup>1</sup>, Paulo Sérgio Rodrigues<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> Ciência da Computação, Centro Universitário FEI  
 {unifrsantos, psergio}@fei.edu.br

**Resumo:** Atualmente, 93% das regiões encefálicas ainda são classificadas como terra incógnita [1]. Com o propósito de avançar nessa área, o *Human Connectome Project* (HCP) mapeou cerca de 1200 indivíduos em diversas situações cognitivas e motoras. Entretanto, o mapeamento *in vivo* apresenta qualidade significativamente menor em relação ao *post mortem*. Assim, o presente projeto de Iniciação Científica propõe a utilização de sistemas não-extensivos para processamento e análise das imagens do HCP.

## 1. Introdução

O mapeamento encefálico é um dos maiores desafios do século XXI, haja vista que somente 7% das regiões encefálicas foram observadas *in vivo* [1].

Recentemente, o *Human Connectome Project* (HCP), um consórcio entre as universidades de Washington, Minnessota e Oxford, propôs um mapeamento completo das regiões anatómicas do ponto de vista de novas tecnologias de hardware, como a utilização de tomografias na ordem de 7 Tesla ou superiores [2]. O HCP tem mapeado até o momento cerca de 1200 indivíduos, resultando em uma base de dados aberta à comunidade científica na ordem de 64 terabytes. Apesar do esforço realizado pelo conjunto de universidades, o escaneamento com máquinas de até 7 Tesla é inferior no sentido da observação estrutural e funcional quando comparado a técnicas histológicas [1].

A Figura 1 exibe um comparativo visual de escaneamento de uma região subcortical com 3T e 7T *in vivo* através de fMRI (*Functional Magnetic Resonance Imaging*) e 7T *post mortem*. Nesta figura, nota-se maior qualidade visual nas imagens histológicas. Além disso, o estudo da *terra incognita* só se faz possível por meio de informações coletadas em *post mortem*.

A solução óbvia para este problema encontra-se no melhoramento do equipamento para coleta de imagens fMRI. Por outro lado, uma outra solução poderia ser a combinação de resultados histológicos com informações fMRI [3]. Essa combinação, no entanto, passa pela análise de milhares de áreas observadas microscopicamente de maneira manual. A automatização deste processo, por sua vez, depende da maior precisão de algoritmos de segmentação de regiões de interesse, que resultaria em maior precisão da análise automática.

A partir do trabalho de [4], outras propostas mais avançadas foram estudadas. No final da década de 80, os trabalhos de Constantino Tsallis na área de mecânica estatística não-extensiva abriram caminho para novas alternativas de segmentação baseadas nesta teoria.

Em relação à segmentação de imagens, o trabalho de [5] propôs a generalização da função sigmoide utilizando a estatística de Tsallis para a criação da  $q$ -

sigmoide. Posteriormente, o trabalho de [6] ampliou a aplicação da proposta e [7] apresentou teorias matemáticas formais para o método. Neste trabalho, propõe-se a utilização da função  $q$ -sigmoide nas bases de dados médicas do projeto HCP.

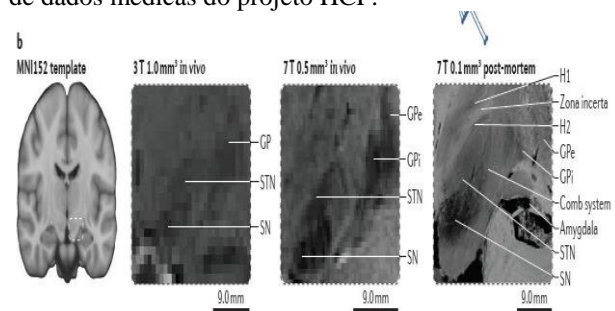


Figura 1 – Comparação visual de resolução por técnica.

## 2. Metodologia

O presente projeto objetiva a aplicação da função  $q$ -sigmoide nas imagens do projeto HCP. A implementação será baseada nas bibliotecas do C++, *Insight Segmentation and Registration Toolkit* e *Visualization Toolkit*.

## 3. Resultados

A função  $q$ -sigmoide foi aplicada de forma sistemática nos indivíduos do projeto HCP. Dessa forma, para um dado tipo de imagem, as regiões do encéfalo utilizadas pelo indivíduo durante a realização da atividade proposta serão realçadas, enquanto as de não-interesse permanecerão escurecidas. Inicialmente, os parâmetros foram definidos de forma aleatória. Entretanto, como trabalhos futuros, pretende-se encontrar os parâmetros que melhor realçam as regiões encefálicas para uma dada atividade. Para realização dos testes com a função  $q$ -sigmoide, foram utilizados os parâmetros  $\alpha = 10$ ,  $\beta = 100$ ,  $q = 1.1$  e  $scale = 1$ .

A Figura 2 exibe um *slice*, já separado, de um volume coletado do indivíduo com ID 101309 do projeto HCP antes do processo de segmentação. A partir desse momento, para fins de simplificação, os indivíduos serão identificados pelos seus respectivos ID's.

A Figura 3 exibe um conjunto de 9 imagens do indivíduo 100408 do tipo *task*-fMRI, após a aplicação da função  $q$ -sigmoide. As regiões utilizadas para o teste são realçadas e apresentadas em branco, enquanto as demais são escurecidas. Nesta figura, são apresentadas as regiões realçadas com os parâmetros apresentados nesta seção, para o teste de sobrecarga emocional. Nessa coleta de imagens, o indivíduo é inserido nos diferentes contextos emocionais:

- Afeto negativo (tristeza, raiva, medo)

- b) Afeto positivo (satisfação, felicidade)
- c) Relações sociais
- d) Estresse e auto eficácia

Nota-se que as regiões utilizadas pelos indivíduos durante os testes foram realçadas (rotuladas com a cor branca) em detrimento das regiões que não foram utilizadas (permaneceram escurecidas). Desta forma, facilita-se o entendimento das funções individuais de cada região, bem como das suas correlações.

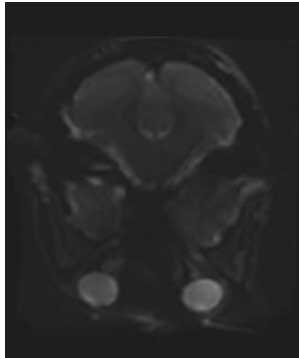


Figura 2 – Slice individual do tipo task-fMRI em um teste de linguagem do indivíduo com ID 101309 do projeto HCP, no qual são verificadas as regiões responsáveis pelo processamento semântico e fonológico de linguagens.

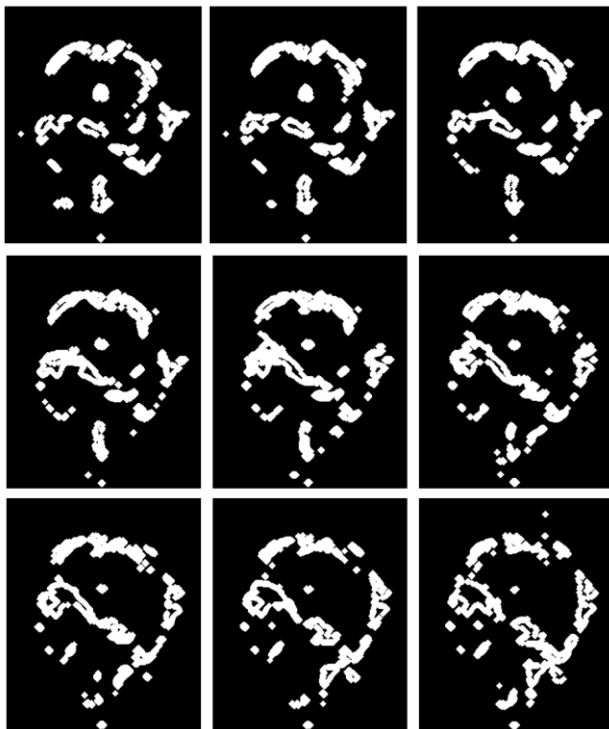


Figura 3 – Conjunto de slices do indivíduo 100408 para o teste de sobrecarga emocional

#### 4. Conclusões

Neste trabalho, foi aplicado o filtro sigmoidal baseado em estatística não-extensiva para realce de imagens do encéfalo humano, particularmente na base de dados do HCP.

Assim, para um dado tipo de atividade e valores de parâmetros, diferentes regiões do encéfalo são realçadas em detrimento das demais. Assim, torna-se possível o matching dos resultados histológicos com os obtidos in vivo.

Como trabalhos futuros, pretende-se encontrar a parametrização que melhor realça as regiões para uma dada atividade.

#### 5. Referências

- [1] ALKEMADE, A.; KEUKEN, M.; FORSTMANN, B. A perspective on terra incognita: uncovering the neuroanatomy of the human subcortex. *Frontiers in Neuroanatomy*, v. 7, 2001.
- [2] D. C. V. Essen, S. M. Smith, D. M. Barch, T. E. Behrens, E. Yacoub, and K. Ugurbil, “The wu-minn human connectome project: An overview,” *NeuroImage*, vol. 80, pp. 62 – 79, 2013
- [3] A. A. Minai, *Computational Models of Cognitive and Motor Control*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015, pp. 665–682. [Online]. Available: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-43505-2\\_35](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-43505-2_35)
- [4] T. Pun, “Entropic thresholding: A new approach,” *Comput. Graphics Image Process*, vol. 16, pp. 210–239, 1981.
- [5] C. Gallao and P. Rodrigues, “A q-Gaussian Spatial Filtering,” in *Proceeding of XI Workshop de Visao Computacional*, Uberlandia, MG, Brazil, 2015, pp. 230–235.
- [6] P. Massa, G. Wachs-Lopes, M. Ribeiro, and P. Rodrigues, “Realce de Regioes de Cancer Mamario Baseado em Funcoes q-Sigmoides,” in *Proceeding of The 29th SIBGRAPI*, Sao Jose dos Campos, SP, Brazil, 2016.
- [7] P. Rodrigues and G. Giraldo, “Theoretical Elements in Fourier Analysis of q-Gaussian Functions,” *Theoretical and Applied Informatics*, vol. 27, pp. 16–44, 2016.