



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**

RELATÓRIO FINAL

(2018– 2019)

Prototipagem de fantasmas com materiais equivalentes ao tecido humano para uso em dosimetria das radiações ionizantes

Implementação de filtros adaptativos para redução de ruído em imagens PET para uso em planejamento radioterápico

Relatório Final apresentado à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação como parte dos requisitos do Programa de Iniciação Científica do IFPE, sob orientação do Prof. **José Wilson Vieira**

**Rômulo José Bignetti Veloso
Campus Recife
AGO/2019**

RESUMO

A radioterapia é um dos tratamentos utilizados contra o câncer. Este procedimento utiliza radiações ionizantes que tem a capacidade de interromper o aumento das células tumorais. As imagens obtidas por meio da técnica *Positron Emission Tomography* (PET) estão sendo cada vez mais usadas no planejamento radioterápico uma vez que são capazes de mostrar as atividades metabólicas dos tumores a serem tratados. Entretanto as imagens PET são ruidosas. Dessa forma é necessário que sejam utilizados métodos de filtragem. A filtragem das imagens PET é de extrema importância para conseguir reduzir os ruídos das imagens finais. Sendo assim, o objetivo do trabalho é realizar testes com diferentes métodos de filtragem para redução de ruído de imagens PET com ênfase para uso radioterápico. Este projeto foi realizado no Laboratório de Dosimetria Numérica (LDN) pertencente ao Instituto Federal de Pernambuco. (IFPE – Campus Recife). Para o desenvolvimento deste trabalho, foram obtidas imagens PET do fantoma *NEMA IEC Body* no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). Nelas foram aplicados filtros lineares e não-lineares para redução de ruído usando a linguagem *Python* versão 3.7.3, com seus respectivos módulos para uso em imagens médicas. Dentre os filtros testados, o filtro que se mostrou mais eficiente para as imagens PET do fantoma *NEMA IEC Body* foi o não-linear erro quadrático médio mínimo (*minimal mean square error*). Ele foi capaz de remover as partes de ruído branco aditivo e de manchas por meio de avaliação da posição de borda da região indicada. Além disso, seus parâmetros (coordenada x, coordenada y, coordenada z, divisão da matriz e desvio padrão) podem ser alterados. Isto o tornar, dentre os filtros testados, o mais eficiente em retirar ruído de imagens PET e irá colaborar para posteriores testes de segmentação nessas imagens para uso em planejamento radioterápico por *dose painting*.

2 INTRODUÇÃO

É notável que o câncer no Brasil e no mundo está crescendo junto à alteração do perfil etário da população. A estimativa de mortos por esta patologia em 2016 foi de 212.284 pessoas em todo Brasil. Entre os métodos de combate a esta doença, um dos mais usados é a radioterapia. Esse tratamento utiliza radiações ionizantes (raio-x, por exemplo), que tem a capacidade de interromper o aumento das células do tumor (INCA, 2016).

As imagens obtidas por meio da técnica *Positron Emission Tomography* (PET) estão sendo cada vez mais usadas na radioterapia (SCHLEGEL et al., 2006; MACMANUS; LEONG, 2007), uma vez que são capazes de mostrar as atividades metabólicas das estruturas analisadas (VANDERSTRAETEN, 2007). Essas imagens normalmente possuem resoluções baixas, que dificultam na definição do volume do tumor que será irradiado. Para a busca de aperfeiçoamento das imagens finais, é usada com frequência a linguagem de programação de alto nível, *Python*. Esta foi criada por Guido van Rossum para ser uma linguagem mais simples e organizada de melhor entendimento acadêmico e profissional (THEFAMOUSPEOPLE, 2019).

Um dos usos do *Python* na área de radiologia se baseia, principalmente, na utilização de informações sobre as decomposições por razões biológicas que atingem a imagem para redução de ruídos por meio de técnicas de filtragem. Existem diversas técnicas para conseguir isto, desde mudança no espaço vetorial dos *pixels* por meio de medianas até a alteração da cor da imagem entre outras (RODRIGUES et al., 2008). As diversas formas de redução de ruído têm como objetivo alterar os *pixels* vizinhos (no caso de um único ponto) ou a imagem por inteiro. O ruído é aleatório e por isso são utilizadas matrizes para alteração dos *pixels* de forma linear ou não-linear. Deste modo o objetivo deste trabalho é implementar filtros lineares (mediana) e não-lineares (adaptativo por erro quadrático médio mínimo e gaussiano) para redução de ruído em imagens PET para uso em planejamento radioterápico.

3 METODOLOGIA

Este projeto foi realizado no Laboratório de Dosimetria Numérica (LDN) pertencente ao Instituto Federal de Pernambuco (IFPE – *Campus Recife*). No LDN, foram utilizados computadores com processadores *Intel® Core (TM) i7 CP X990 @ 3.47GHz*, memória *RAM* de 24,0 GB, placa de vídeo *NVIDIA GeForce GTX 580*,

sistemas operacionais *Windows 7 Ultimate*, *Windows 10*, *Ubuntu 14*, *Python 3.7.3* e *IDLE* também as respectivas bibliotecas em *Python: Matplot, Numpy, Scipy* e *Pydicom*.

Foram obtidas imagens PET do fantoma *NEMA IEC Body* no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). Nelas foram filtros lineares (mediana) e não-lineares (adaptativo por erro quadrático médio mínimo e gaussiano) para redução de ruído usando a linguagem *Python* versão 3.7.3, com seus respectivos módulos para uso em imagens médicas. *Matplot* foi usado para auxiliar na exibição de imagens antes e depois. *Numpy* foi responsável para obter funções de matrizes já prontas onde foi manipulado para interação com os dados da imagem. *Scipy* serviu em conjunto com a *Numpy* devido às suas funções que somam diretamente na ausência de ferramentas para implementação de filtros lineares simples já prontos. *Pydicom* teve o uso para carregar na memória as imagens em formato DICOM. Já o *software Fiji* foi utilizado para visualização das informações contidas nas imagens PET.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por serem os mais utilizados os filtros lineares e não-lineares foram testados. Os filtros em domínio espacial tais como o filtro linear mediana e o não-linear gaussiano trouxeram resultados muito semelhantes entre si. Porém, não geraram resultados satisfatórios como esperado. Por serem mais simples, o filtro linear por mediana quando implementado não suavizou as regiões que precisavam de observação mais clínica, e sim a imagem por inteiro.

Filtros não-lineares são capazes de identificar rapidamente as regiões de borda por meio do desvio padrão da imagem analisada e seu perfil de linha, com isso filtrar a área de interesse da imagem de forma mais precisa. O filtro não linear gaussiano tem como parâmetro o sigma. Este valor modifica a intensidade por inteiro de todos os pixels da imagem, limitando assim o controle nas regiões da imagem em que há maior necessidade de suavização.

Dentre os filtros não-lineares testados, o que melhor realizou a função na imagem PET do fantoma *NEMA IC Body* foi o filtro erro quadrático médio mínimo. Este tem o efeito de todos os outros filtros implementados, porém com nível de controle elevado. Assim, foi possível realizar manipulações bem mais ampla com mais opções de mudanças de parâmetros. O filtro erro quadrático médio mínimo foi

capaz de remover as partes de ruído branco aditivo e de manchas por meio de uma avaliação da posição da borda da região indicada. Além disso, seus parâmetros podem ser alterados dependendo da imagem usada, tornando essa a mais eficiente em retirar ruído de imagens PET de maneira eficaz.

5 CONCLUSÕES

Os métodos de filtragem são de extrema importância para redução de ruídos em imagens PET que serão utilizadas em planejamento radioterápico por *dose painting*. Neste projeto foram testados filtros lineares e não lineares. Sendo o não linear por erro quadrático médio mínimo o que obteve melhor resultado. Pretende-se implementar os métodos de filtragem em imagens PET em linguagem *Python* estabelecidos neste projeto no *software* *Biomage*, que já une ferramentas de processamento de imagens para o controle de desempenho e detalhe de imagens de tomografia computadorizada a fim de evitar artefatos. Além disso, as imagens PET que foram filtradas utilizando o filtro de erro quadrático médio mínimo será, posteriormente, segmentadas pelos métodos de limiar (*threshold* simples baseado em histograma, *random walker*, *threshold otsu* e *felzenszwalb*).

6 REFERÊNCIAS

INCA: INSTITUTO NACIONAL DO CANCER. A estimativa de mortos pelo câncer em 2016 em todo Brasil. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/MortalidadeWeb/pages/Modelo01/consultar.xhtml?jsessionid=CA0231388D5842DAC44AEB0609B23E7C#panelResultado>>. Acesso em: 02 aug. 2019.

INCA: INSTITUTO NACIONAL DO CANCER. Os principais tratamentos para o Câncer. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/tratamento>>. Acesso em: 02 aug. 2019.

INCA: INSTITUTO NACIONAL DO CANCER. O que é radioterapia? Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/tratamento/radioterapia>>. Acesso em: 03 aug. 2019

MACMANUS, M.; LEONG, T. Incorporating PET information in radiation therapy planning. *Biomedical Imaging and Intervention Journal*, 2007.

RODRIGUES, I.; SANCHES, J.; BIOUCAS-DIAS, J. Denoising of medical images corrupted by Poisson noise. *Image Processing (ICIP 2008). 15th IEEE International Conference*, p. 1756-59, 2008.

SCHLEGEL, W.; BORTFELD, T.; GROSU, A. L. (Eds.) *New Technologies in Radiation Oncology*. Alemanha: Springer, 2006.

THEFAMOUSPEOPLE. Guido van Rossum. Criador da linguagem Python
Disponível em: <<https://www.thefamouspeople.com/profiles/guido-van-rossum-9533.php>>

VANDERSTRAETEN, B. Biologically conformal radiation therapy and Monte Carlo dose calculations in the clinic. PhD Thesis, Faculty of Medicine and Health Sciences, Inglaterra, 2007.