

Método para segmentação manual de imagens térmicas para geração de Ground Truth

Rafael S. Marques¹, Roger Resmini¹, Aura Conci¹, Cristina A. P. Fontes², Rita C. F. Lima³

¹ Universidade Federal Fluminense
Instituto de Computação
Niterói – RJ

² Universidade Federal Fluminense
Hospital Universitário Antônio Pedro
Niterói – RJ.

³ Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Engenharia Mecânica
Recife – PE.

{rmarques, rresmini, aconci}@ic.uff.br, cristinasvolinsque@gmail.com,
ritalima@ufpe.br

Abstract. *Breast cancer is the malignant tumor that most afflicts women in the world. Early detection and treatment is the best way to improve the survival rate. In this context, thermography is a very important screening tool because it can show breast thermal asymmetry and neovascularization much before usual exams such as mammography and ultrasonography. To use decision-making methods, it is necessary that Region of Interest (ROI) have been segmented. The automatic segmentation of ROI is the first step for the use of a Computer Aided Diagnosis System (CADx). Moreover, it reduces error possibilities; allows repeatability and makes possible more efficient storage with the use of Content Based Images Retrieval (CBIR) techniques. The latter, i.e. CBIR, is essential for speeding up the time of database management by the specialist responsible for the clinical work. This paper presents a new idea: The tablet use to assist the physician in the manual segmentation process. Such segmentation is a fundamental step in the process of construction of a standardized base to assist in the evaluation, validation and comparison of different techniques for automatic segmentation.*

Resumo. *O câncer de mama é o tumor maligno que mais aflige as mulheres no mundo. A detecção e o tratamento precoce é a melhor forma de aumentar a taxa de sobrevivência. Neste contexto, a termografia é um mecanismo de triagem muito importante por permitir detectar a assimetria térmica das mamas e a sua neovascularização bem antes dos exames mais usuais, como a mamografia e ultrassonografia. Para utilizar métodos de tomada de decisão é necessário que a Região de Interesse (ROI) seja segmentada. A segmentação automática da ROI é o primeiro passo nos sistemas de diagnóstico auxiliado por computador (CADx). Além disso, diminui a possibilidade de erros, permite*

que o resultado tenha repetibilidade e principalmente torna possível que o armazenamento destes bancos de dados médicos sejam mais bem gerenciados, por permitir o uso de técnicas de recuperação de arquivos baseados no seu conteúdo visual (CBIR). O uso desta forma de recuperação dos dados armazenados permite um gerenciamento eficiente do banco de dados e seu uso pelos especialistas em consultas clínicas. Este trabalho apresenta uma nova ideia: usar um “tablet” para auxiliar o médico na tarefa de segmentar manualmente. Essa segmentação é fundamental no processo de construção de uma base padronizada para auxiliar na avaliação, validação e comparação de diferentes técnicas de segmentação automáticas.

1. Introdução

O câncer de mama é o segundo tipo de câncer mais comum no mundo, sendo o que mais atinge as mulheres [INCA 2012]. Taxas altas de mortalidade geralmente estão associadas ao diagnóstico tardio da doença [INCA 2012], por este motivo, os profissionais de saúde recomendam a realização de exames preventivos para que a doença possa ser diagnosticada em estágios iniciais, aumentando a chance de cura da paciente com tratamentos menos agressivos [Ng 2009, Motta 2010].

A utilização de imagens termográficas como auxílio na detecção do câncer de mama tem sido pesquisada por diversos autores [Xu *et al.* 2007, Wishart *et al.* 2010, Arora *et al.* 2008, Umadevi *et al.* 2010, Moghbel e Mashohor 2011] e tem-se mostrado um método atraente por ser um tipo de exame não-invasivo, de baixo custo, rápido, indolor, além de prover informações relevantes à identificação de alterações do padrão da mama, mesmo antes que alguma anormalidade possa ser observada por outros exames [Ng 2009], em especial pela mamografia, exame considerado atualmente pelos médicos como padrão-ouro. As imagens térmicas apresentam sinais que sugerem a formação de tumores, antes que os mesmos possam ser detectados fisicamente. Dessa forma, o exame termográfico tem um papel muito importante na monitoração de anormalidades fisiológicas na mama. Além disso, a termografia é um excelente exame para atuar como coadjuvante com a mamografia, identificando antecipadamente a possibilidade de formação patológica, podendo diminuir a exposição da paciente aos raios X, bem como, em conjunto com a ultrassonografia, indicando a provável localização das estruturas anormais do tecido mamário.

Usualmente as técnicas de auxílio ao diagnóstico utilizam uma análise comparativa da assimetria entre as mamas [Motta 2010], tornando a extração das regiões de interesse (ROI, do inglês *Region of Interest*) um pré-processamento essencial a fim de melhorar a precisão da técnica.

Este trabalho objetiva apresentar uma nova ferramenta para auxiliar na segmentação manual de imagens, em especial na sua utilização em grande escala, como na construção de uma base de dados validada por especialistas, podendo ser utilizada posteriormente na avaliação e comparação de diferentes técnicas de segmentação automática da ROI em imagens térmicas para auxílio na detecção de patologias da mama. Além disso, esta ferramenta também pode ser utilizada para geração de *Ground Truth* em diversas outras aplicações no campo de visão computacional.

As próximas seções desse artigo estão organizadas da seguinte forma: na Seção 2 serão abordados alguns trabalhos relacionados ao tema. A Seção 3 descreve a nova ferramenta desenvolvida, bem como sua especificação e vantagens. Na Seção 4 serão apresentados os resultados obtidos. As conclusões e possibilidades de prosseguimentos do trabalho serão discutidas na Seção 5.

2. Trabalhos relacionados

A extração da região de interesse em imagens térmicas se torna desafiadora pelo fato das imagens não possuírem limites nítidos [Zhou et al. 2004]. Estas imagens são funcionais, apresentando apenas a distribuição de temperatura na pele.

Técnicas automáticas ou semiautomáticas de segmentação foram propostas em diversos trabalhos [Scales et al. 2004, Zhou et al. 2004, Qi et al. 2008, Kapoor e Prasad 2010, Motta et al. 2010, Motta 2010, Zadeh et al. 2011], porém somente Motta (2010) apresentou uma avaliação quantitativa através da comparação com a segmentação manual (*ground truth*) realizada por um especialista. A segmentação das regiões de interesse e os respectivos *ground truths* de Motta (2010) podem ser encontrados em PROENG (2012).

A Figura 1 mostra como a geração do *ground truth* foi realizada por Motta (2010). Nota-se que na forma utilizada (janela de segmentação), algumas regiões que não possuem informações relevantes, como o fundo da imagem e a porção inferior às pregas inframamárias fazem parte da ROI.

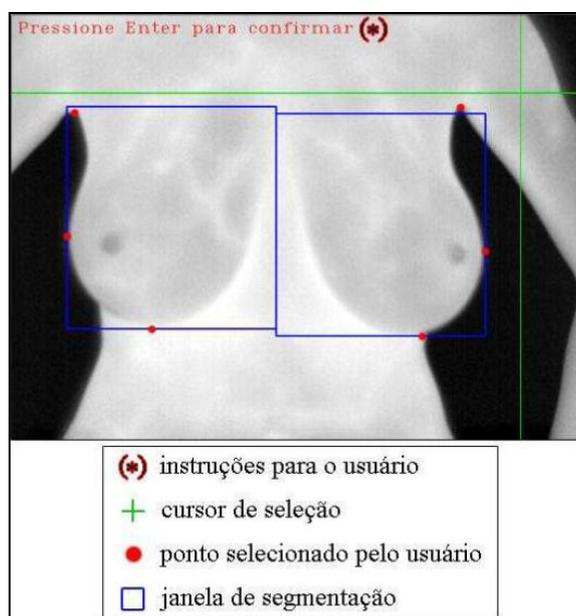


Figura 1. Tela do aplicativo de segmentação manual utilizado por Motta (2010).

Além do mais, em uma segmentação usando uma região retangular, há muita informação que passa a fazer parte da ROI que não poderia ser considerada nas etapas, por exemplo, de extração de características para a tomada de decisão. A Figura 2 mostra um exemplo de extração da região não útil a ROI.

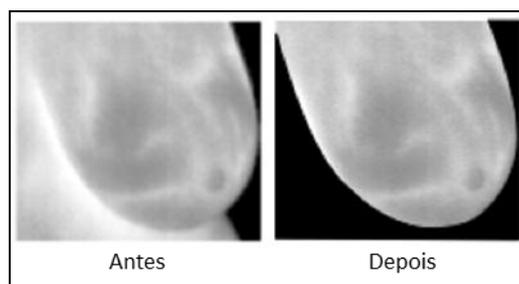


Figura 2. Remoção da região não útil a ROI.

Uma melhor segmentação poderia ser obtida através de um recorte manual que respeitasse a curvatura das mamas. Na Figura 3, é exibida uma imagem segmentada manualmente levando em consideração apenas a região delimitada pelas curvas do corpo e mamas da paciente. Há que se observar a imprecisão no resultado da segmentação. Esta imprecisão é decorrente dos limites produzidos com o *mouse* por usuários desacostumados a realizar este tipo de tarefa gráfica, como ocorre frequentemente com especialistas responsáveis pela criação do *ground truth* em imagens médicas.

3. Ferramenta proposta

A forma mais simples de se demarcar uma região de interesse, com boa precisão, é delimitando com papel e caneta. Na aplicação em questão, bastaria uma imagem impressa e o especialista teria a liberdade de demarcar os limites da ROI. Embora este método seja eficiente, o processo de comparação (resultado do método automático versus *ground truth*) esbarraria em uma série de imprecisões geradas pela calibração, digitalização e redimensionamento das imagens. Outra desvantagem, que vale ser citada, é o desperdício de esforço e tempo do profissional, gasto no processo de digitalização de cada imagem, sendo proporcional a quantidade de imagens no banco de imagens, e o tempo do especialista responsável pela geração do *ground truth*, pois a cada erro, seria necessário eliminar a folha e iniciar o desenho novamente.

Existem técnicas interativas de segmentação de imagens auxiliadas por correções no percurso do *mouse* [Falcão *et al.* 2000, Kang e Shin 2002]. No entanto, estas técnicas quando aplicadas às imagens térmicas se mostram eficazes apenas para encontrar as bordas laterais, pois as pregas inframamárias, na maioria das imagens, possuem uma mudança muito tênue dos níveis de cinza, dificultando a localização até mesmo visual dos limites inferiores das mamas.

Neste trabalho será apresentado um aplicativo para *tablets* com *touch screen* que foi desenvolvido (Figura 4) visando aproveitar algumas vantagens dessa tecnologia, como o armazenamento digital imediato das imagens, a flexibilidade e sensibilidade proporcionadas pela tecnologia de *touch screen*, e por ser o método que mais se aproxima dos movimentos naturais de escrita e desenho realizados pelo usuário no dia a dia. Outras vantagens serão destacadas na Subseção 3.2.

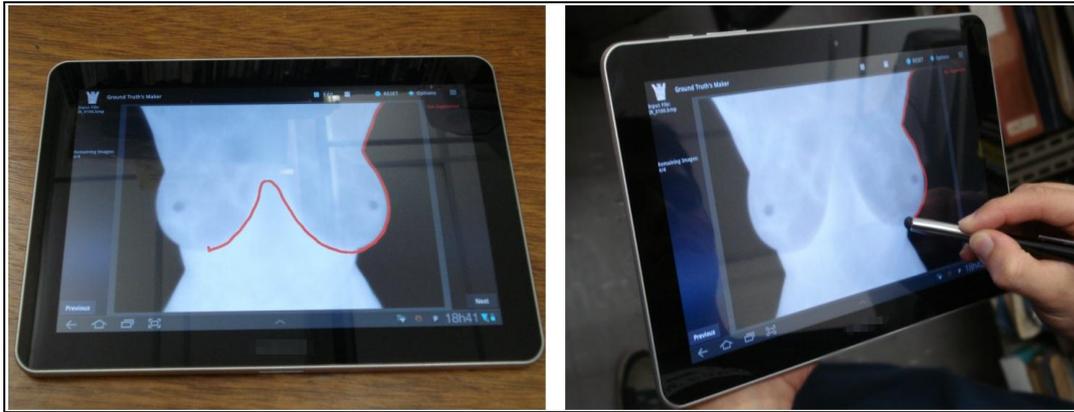


Figura 4. Imagem do aplicativo sendo executado em um *tablet*.

3.1. Características

O aplicativo foi desenvolvido para *tablets* com sistema operacional *Android*, sendo necessário que o aparelho suporte ao menos a plataforma da versão 3.1 e que a tela possua ao menos 10” (dez polegadas).

A Figura 5 mostra o esquema adotado para o desenho da região que delimita a ROI. São utilizadas duas camadas: a primeira contendo a imagem original, e a segunda camada contendo a máscara de segmentação. Todas as modificações são realizadas na segunda camada. Ao término da segmentação, a segunda camada e a sobreposição das camadas serão salvas em arquivos distintos. Com o armazenamento da segmentação realizada por diversos especialistas, é possível realizar diversas operações morfológicas entre essas imagens para uma futura comparação com a imagem proveniente de um método automático.

As imagens são redimensionadas para melhor se ajustarem à tela, facilitando o trabalho em imagens de menores dimensões. Outras funcionalidades embutidas no aplicativo são opções de ‘desfazer’ e ‘refazer’, reiniciar o desenho e modificar a espessura do pincel. Considerando a pasta que contém as imagens a serem segmentadas e a pasta destino, o aplicativo informa quais imagens já foram segmentadas, funcionando como um controle do ponto onde o trabalho foi interrompido e facilitando sua retomada posterior pelo usuário.

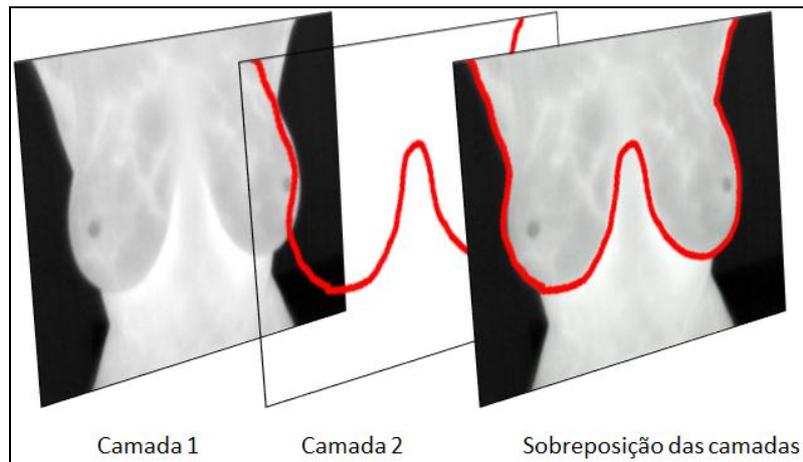


Figura 5. Camadas da Imagem.

3.2. Vantagens

Dentre as principais vantagens, podemos destacar a mobilidade e flexibilidade proporcionadas pela execução do aplicativo em um dispositivo móvel. Como o público alvo inicial do aplicativo são os médicos responsáveis pela geração do *ground truth*, que frequentemente dispõem de pouco tempo livre para realizar as segmentações, tornou-se possível a execução da tarefa nos intervalos entre as suas atividades.

Com a utilização da tela sensível ao toque, foi possível obter uma maior precisão ao desenhar. A Figura 6 mostra um comparativo entre o método tradicional de segmentação utilizando um software de edição simples e o aplicativo desenvolvido.

A geração de *Ground Truth* apresentada neste trabalho não se restringe às imagens térmicas, podendo ser utilizado para diversas outras técnicas de visão computacional, principalmente em métodos relacionados à detecção de contornos e segmentação de imagens para extração da região de interesse. Por consequência, o *ground truth* possibilita a comparação entre diferentes técnicas adotadas para solucionar um problema.

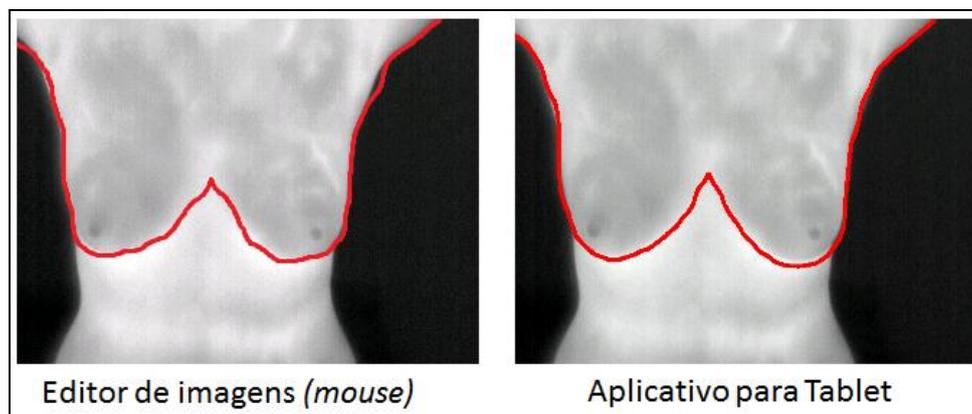


Figura 6. Comparativo entre métodos distintos.

4. Resultados

Para testes, segmentações foram realizadas por um especialista da área de radiologia e por dois usuários treinados não-especialistas em um conjunto de 10 imagens térmicas. As imagens e seus respectivos *ground truths* gerados pelo aplicativo estão disponíveis em GTMAKER (2012).

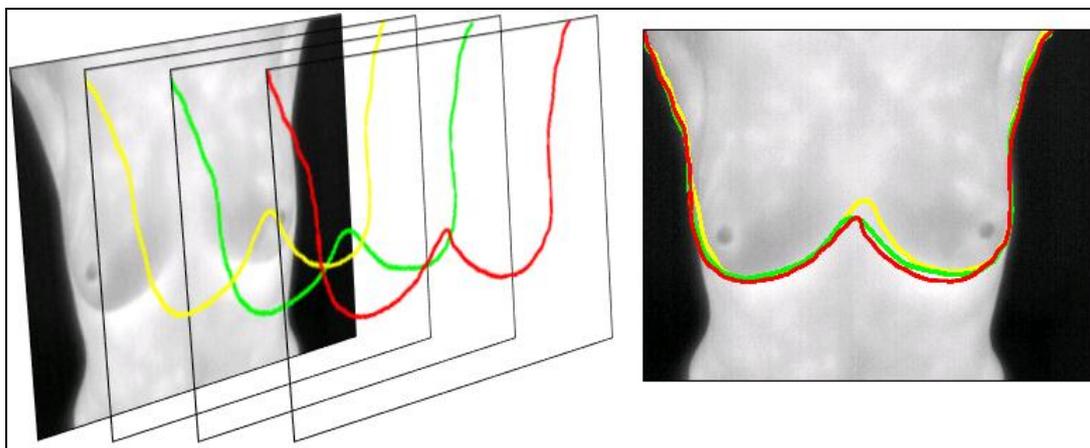


Figura 7. Resultado das segmentações realizadas para a imagem IR_8269.

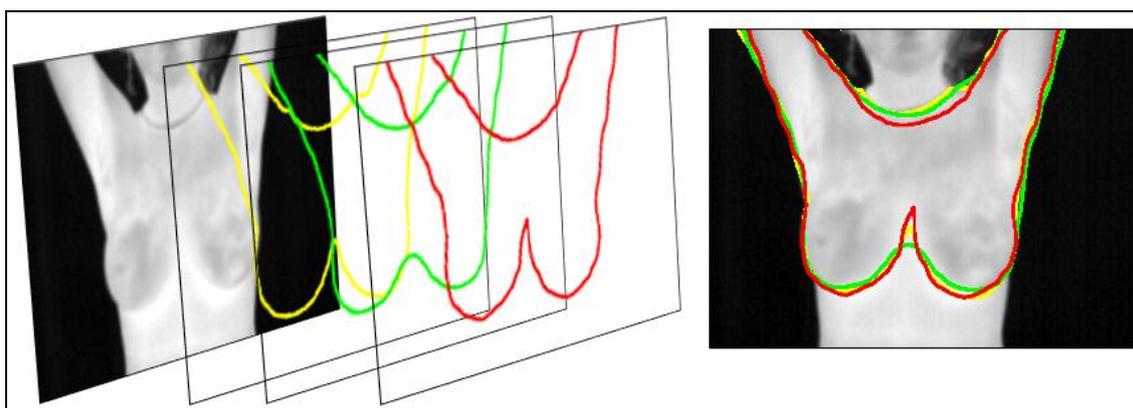


Figura 8. Resultado das segmentações realizadas para a imagem IR_0438.

As Figura 7 e 8 apresentam as sobreposições das segmentações manuais realizadas pelo especialista (vermelho) e usuários treinados não-especialistas (amarelo e verde). Percebe-se comparando as imagens resultantes que existem alguns pontos com relativa diferença entre as segmentações, sendo interessante – para comparação com o resultado de um método automático – que haja uma ponderação entre os *ground truths* encontrados para uma avaliação quantitativa. Por não ser o objeto de estudo deste trabalho, esta discussão não será aprofundada.

Foi relatado pelo especialista que o aplicativo se mostrou um método muito mais natural e prático de desenho do que um editor de imagens comum. Outro detalhe importante reside no tempo de execução da segmentação manual: por ser realizada (no *tablet*) com movimentos naturais de escrita e desenho, se mostrou ser um método mais rápido que o editor de imagens.

O aplicativo desenvolvido, denominado de *Ground Truth Maker*, foi concebido com a intenção de que seja utilizado pela comunidade científica para as mais diversas aplicações e encontra-se disponível [GTMAKER 2012].

5. Conclusões

Neste trabalho, uma nova ferramenta para segmentação manual de imagens térmicas e geração de *ground truths* foi desenvolvida e mostrou ser um método simples e eficaz, aplicando uma tecnologia recente (*tablets*/telas sensíveis ao toque) a um problema da área de saúde de forma intuitiva para os especialistas da área. Sendo muito útil nas segmentações realizadas em larga escala para construção de *ground truths* de um banco de imagens.

As curvas desenhadas com a ferramenta proposta apresentam contornos mais suaves e correspondem melhor a geometria da curvatura das mamas (Figura 6), gerando consequentemente *ground truths* mais confiáveis. Alguns problemas encontrados em Motta (2010) para a avaliação quantitativa de seu método podem ser corrigidos com o uso do aplicativo.

Como prosseguimento deste trabalho pretende-se utilizar técnicas onde o percurso do toque seja corrigido, levando em consideração a possível borda da imagem. A dificuldade em utilizar tal técnica consiste no fato de que as bordas não são facilmente identificadas nas pregas inframamárias (bordas inferiores das mamas). Para esta identificação, técnicas apuradas e mais específicas à aplicação para detecção das bordas são necessárias.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudos de mestrado e doutorado concedidas e pelo apoio recebido através dos projetos Pro Engenharias 021/2009 e Pro Cad NF 540/2009.

Referências

- Falcão, A.X.; Udupa, J.K.; Miyazawa, F.K. (2000) "An ultra-fast user-steered image segmentation paradigm: Live-wire-on-the-fly", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Vol. 19, No. 1, pp. 55-62.
- GTMAKER (2012). *Ground Truth Maker*. Disponível em: <http://visual.ic.uff.br/en/proeng/software.php>. Acessado em: 02 de junho de 2012.
- INCA. (2012) Instituto Nacional do Câncer. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home/mama>. Acessado em 02 de junho de 2012.
- Kang, H.W.; Shin, S.Y. (2002) "Enhanced lane: interactive image segmentation by incremental path map construction", *Graphical Models*, Vol. 64, No. 5, pp. 282-303.
- Kapoor, P.; Prasad, S.V.A.V. (2010) "Image processing for early diagnosis of breast cancer using infrared images", *2nd International Conference on Computer and Automation Engineering*, Vol. 3, No. 1, pp. 564-566.

- Moghbel, M.; Mashohor, S. (2011) "A review of computer assisted detection/diagnosis (CAD) in breast thermography for breast cancer detection", *Artificial Intelligence Review*, pp. 1-9.
- Motta, L.S.; Conci, A.; Lima, R.C.F.; Diniz, E.M. (2010) "Automatic segmentation on thermograms in order to aid diagnosis and 2D modeling", *Proceedings of 10th Workshop em Informática Médica, Belo Horizonte, MG, Brazil, Vol. 1*, pp. 1610-1619.
- Motta, L.S.; (2010) "Obtenção automática da região de interesse em termogramas frontais da mama para o auxílio à detecção precoce de doenças", *Dissertação de Mestrado - Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense - Niterói, Brazil*.
- Ng, EY-K. (2009) "A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor". *International Journal of Thermal Sciences*, Vol. 48, No. 5, pp. 849-859.
- PROENG. (2012) "Image processing and image analyses applied to mastology", Disponível em: <http://visual.ic.uff.br/en/proeng/>, Acessado em: 02 de junho de 2012.
- Qi, H.; Kuruganti, P. T.; Snyder, W. E. (2006) "Detecting Breast Cancer from Thermal Infrared Images by Asymmetry Analysis". *Biomedical Engineering Handbook*, CRC Press. Capítulos 27.1 - 27.14.
- Scales, N.; Herry, C.; Frize, M. (2004) "Automated Image Segmentation for Breast Analysis Using Infrared Images". *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, pp. 1737 – 1740.
- Umadevi, V., Raghavan, S. V.; Jaipurka, S. (2010) "Interpreter for Breast Thermogram Characterization", *IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering & Sciences (IECBES), Kuala Lumpur, Malaysia*, pp. 150-154.
- Wishart, G. C., Campisid, M., Boswella, M., Chapmana, D., Shackletona, V., Iddlesa, S., Halletta, A.; Britton, P. D. (2010) "The accuracy of digital infrared imaging for breast cancer detection in women undergoing breast biopsy", *European Journal of Surgical Oncology*, Vol. 36, No. 6, pp. 535-540.
- Xu, R. X.; Young, D. C.; Mao, J. J.; Povoski, S. P. (2007). "A prospective pilot clinical trial evaluating the utility of a dynamic near-infrared imaging device for characterizing suspicious breast lesions". *Breast Cancer Res. Treat.* Vol. 9, No. 6, R88.
- Zadeh, H.G.; Kazerouni, I.A.; Haddadnia, J. (2011) "Distinguish breast cancer based on thermal features in infrared images", *Canadian Journal on Image Processing and Computer Vision*, Vol. 2, No. 6, pp. 54-58.
- Zhou, Q.; Li, Z.; Aggarwal, J.K. (2004) "Boundary extraction in thermal images by edge map", *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, pp. 254-258.