

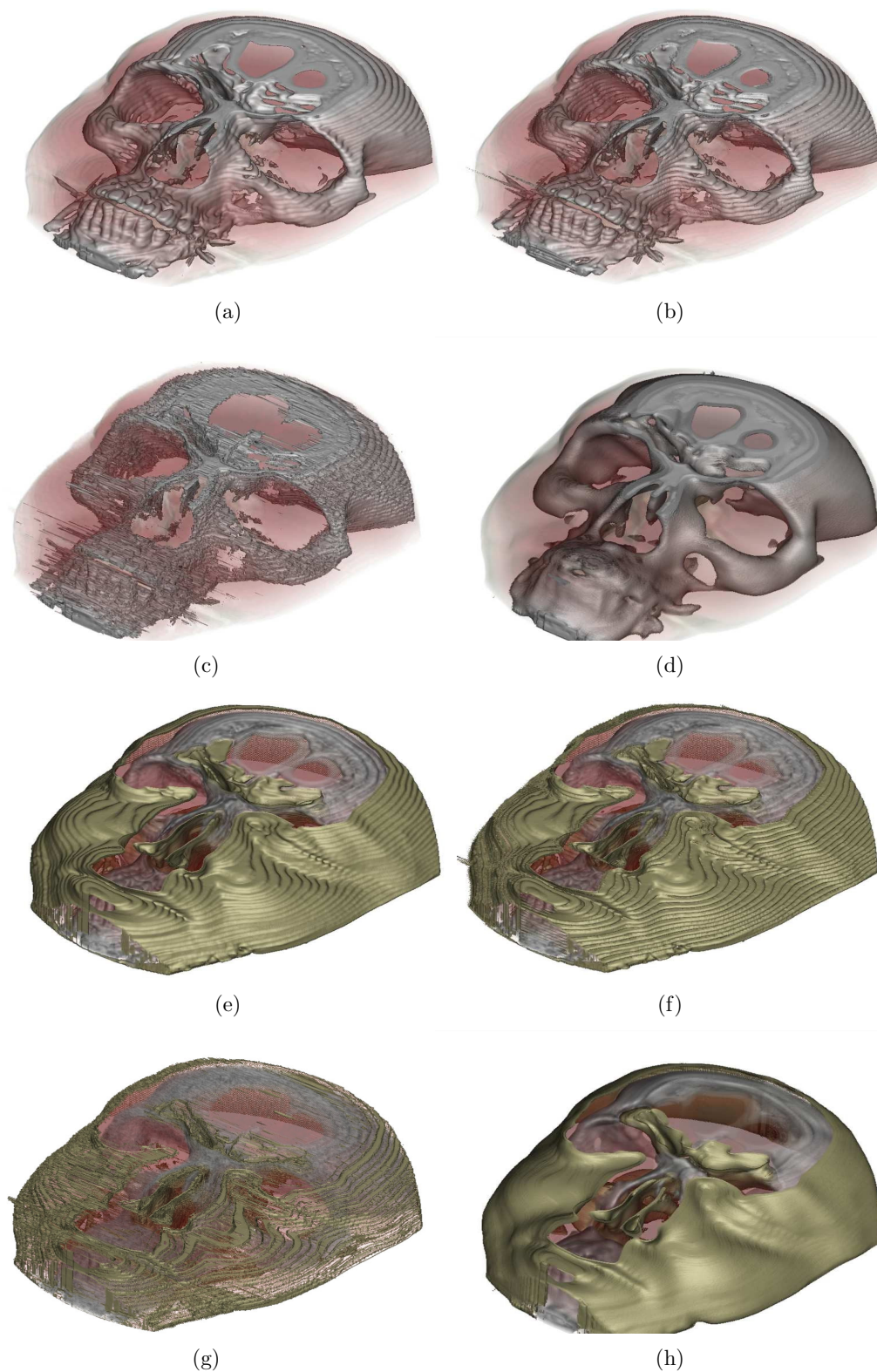


Figura 6.28: Resultados obtidos para o quarto conjunto de dados. (a) e (e) utilizando-se o método de interpolação linear; (b) e (f) usando-se o método de Goshtasby e outros [1]; (c) e (g) utilizando-se o método de prolongamento de linhas; (d) e (h) usando-se o método de transporte e difusão.

6.8 – Conclusões

Este capítulo apresentou duas propostas de interpolação de fatias obtidas de exames de tomografia computadorizada. Essas propostas possibilitaram concluir que a interpolação deve ser realizada em duas etapas: obtenção de uma fatia virtual inicial e restauração dessa fatia virtual por algum método de retoque digital em 3D.

As duas propostas de interpolação deste trabalho baseiam-se na técnica de *inpainting* proposta por Oliveira e Barcelos [21] e por Martins [20]. A primeira proposta é realizada em 2D em uma seção transversal da imagem em 3D com a finalidade de considerar um contexto maior do que apenas o contexto delimitado por duas fatias reais. Finalmente, o capítulo apresentou a segunda proposta que é uma extensão do algoritmo de restauração de imagem por transporte e difusão [19], posteriormente melhorado por Barcelos e Batista [22], estendido neste trabalho para o domínio tridimensional.

Os resultados obtidos nos testes realizados neste capítulo mostraram que o método de interpolação de transporte e difusão de informações obtém uma imagem em 3D com melhor nível de qualidade do que o método de prolongamento de linhas nas fatias transversais proposto neste trabalho, além de apresentar melhores resultados do que os métodos de interpolação linear e Goshtasby e outros [1] também implementados nesta tese.

O próximo capítulo apresenta as conclusões, as contribuições deste trabalho e as sugestões para futuros trabalhos.

7 Conclusões, Contribuições deste Trabalho e Sugestões para Futuros Trabalhos

7.1 — Conclusões

A visualização de imagens resultantes de exame de tomografia computadorizada (TC) em 3D é um fator importante para o aumento da precisão nos diagnósticos médicos e, conseqüentemente, na eficácia dos tratamentos.

Atualmente existem diversos produtos no mercado, que fazem uso de várias técnicas existentes para a apresentação de imagens tomográficas em 3D. Contudo, para se obter maior suavidade e precisão nos contornos das estruturas visualizadas em 3D, utiliza-se equipamentos capazes de obter fatias paralelas do corpo humano muito próximas uma das outras, aumentando a exposição dos pacientes aos raios X. Um método de interpolação de fatias resultantes de exame de TC que forneça bons resultados, pode reduzir a incidência de raios X no paciente, pois esse método pode recuperar a curvatura das estruturas sem a necessidade de uma grande proximidade entre as fatias.

Este trabalho propôs um método para interpolação de imagens em 3D, formada pela justaposição de fatias de resultados de exames de tomografia computadorizada. O objetivo desse método é obter contornos suaves e precisos, melhorando os processos de visualização em 3D. Para isso, esta tese propôs a divisão do processo de interpolação em duas etapas. Na primeira etapa obteve-se uma representação inicial da imagem em 3D composta por fatias reais e por fatias denominadas de fatias virtuais iniciais e, na segunda etapa,

restaurou-se essas estruturas geradas utilizando-se um processo de retoque de imagem em 3D.

Este trabalho propôs também um método para a obtenção da fatia virtual inicial e dois métodos diferentes para a realização do passo de retoque da imagem em 3D resultante da justaposição das fatias reais e virtuais iniciais. Esses métodos são o prolongamento de linhas nas fatias transversais e transporte e difusão de informações. Ambos os métodos utilizam a teoria de equações diferenciais.

A abordagem proposta neste trabalho para a interpolação de imagens utilizando a teoria de equações diferenciais inseriu uma nova forma de suavização para as fatias da tomografia computadorizada, além de ter permitido a interpolação da estrutura considerando um contexto mais global. A interpolação foi tratada como um processo de retoque de imagens em 3D.

Pode-se concluir sobre os métodos de transporte e difusão e prolongamento de linhas desenvolvidos neste trabalho e sobre os resultados obtidos nos testes realizados que:

- Os resultados obtidos ao utilizar o método de transporte e difusão foram melhores que os obtidos nos métodos de interpolação linear, Goshtasby e outros [1] e prolongamento de linhas nas fatias transversais. Análises visuais e comparações numéricas realizadas no Capítulo 6 demonstraram isso. Assim, a aplicação da interpolação em duas etapas: geração da fatia virtual inicial após a suavização em 3D e aplicação do retoque em 3D pelo transporte e difusão de informações; é um método de interpolação de imagens em 3D capaz de obter resultados e uma visualização em 3D de alta qualidade;
- Os resultados obtidos no processo de interpolação foram melhores ao criar as fatias virtuais iniciais entre as fatias reais utilizando-se medidas estatísticas para determinar a similaridade entre as fatias reais e um processo de suavização com o objetivo de uniformizar as intensidades de níveis de cinza nas diversas fatias (para um mesmo tecido); e,

- Os resultados obtidos ao utilizar o método de retoque por prolongamento de linhas nas seções transversais da imagem em 3D apresentado no Capítulo 6, desta tese retocou a imagem em 2D. Entretanto, a visualização em 3D não ficou bem definida. A realização desse processo considerando apenas uma dimensão, o plano das fatias transversais, não é suficiente para determinar corretamente os contornos de uma imagem em 3D. Essa abordagem necessita de um estudo mais aprofundado e uma expansão do método para tratar diretamente as imagens em 3D.

Portanto, pode-se concluir que a proposta deste trabalho de dividir o processo de interpolação de imagens em 3D em duas etapas, isto é: obtenção das fatias virtuais iniciais, após a suavização em 3D do conjunto das fatias reais; e depois a restauração da imagem em 3D pelo método de retoque por transporte e difusão aplicado em 3D mostrou melhores resultados do que os métodos de interpolação de imagens em 3D linear, Goshtasby e outros [1] e prolongamento de linhas.

7.2 – Contribuições deste Trabalho

As contribuições deste trabalho foram:

1. Dividir a interpolação em duas etapas. Na primeira etapa, gera-se uma fatia virtual inicial incompleta e na segunda preenche-se os espaços vazios nessas fatias utilizando-se um processo de restauração de imagem. Esta abordagem permite efetuar a interpolação usando um processo de retoque de imagem;
2. Obtenção das fatias virtuais iniciais utilizando-se um método estatístico. Este método possibilita que as porções vazias nas fatias a serem retocadas tornem-se menores, melhorando o resultado da segunda etapa do processo de interpolação;
3. Expansão para 3D do processo de retoque de imagens utilizando-se transporte e difusão de informações;
4. Modificação do processo de suavização de imagens com conservação de bordas pro-

posto por Barcelos e outros [21] que utiliza imagens em 2D para imagens em 3D. Com essa modificação é possível eliminar ruídos de todas as fatias de um exame de tomografia computadorizada ao mesmo tempo, possibilitando também a uniformidade dos níveis de cinza nas várias fatias que compõem o exame; e,

5. Aplicação do retoque em 2D nos cortes transversais da imagem formada pelas fatias reais e virtuais iniciais. Essa abordagem permite a restauração das fatias pois os cortes transversais possuem menos regiões vazias do que a fatia virtual inicial em si. A utilização de mais de duas fatias consecutivas também foi conseguida com essa abordagem. No entanto, utilizou-se apenas um corte transversal e os resultados obtidos não foram satisfatórios.

7.3 – Sugestões para Futuros Trabalhos

7.3.1 – Para o processo de interpolação de imagens

O processo de interpolação pelo transporte e difusão de informações desenvolvido neste trabalho apresentou melhores resultados do que a interpolação pelos métodos linear, de Goshtasby e outros [1] e retoque por prolongamento de linhas nas fatias transversais implementadas nesta tese. No entanto, ao utilizar a técnica de prolongamento de linhas nas fatias transversais os resultados não foram muito satisfatórios. Assim, sugere-se como trabalhos futuros:

1. Modificação do método de prolongamento de linhas para três dimensões. Para isso, deve-se definir critérios para verificar o melhor prolongamento a ser seguido nos vários planos analisados, e;
2. Realização de mais testes com o objetivo de definir com maior precisão os parâmetros ideais para o processo de transporte e difusão, com a finalidade de torná-lo mais rápido e também satisfatório como os resultados obtidos neste trabalho.

7.3.2 – Sugestões para a obtenção de fatias virtuais iniciais

Os resultados observados no processo de obtenção das fatias virtuais iniciais suavizada em 3D proposto neste trabalho foram satisfatórios. No entanto, outras abordagens também podem ser consideradas para a obtenção dessas fatias. Algumas delas são:

1. Buscar outras formas de reduzir os problemas de similaridade entre duas fatias reais consecutivas, tais como a análise da similaridade das texturas localizadas em uma mesma região dessas fatias; e
2. Além da análise das texturas sugerida no item 1, a análise de contrastes ou bordas dos tecidos pode também ser utilizada para a determinação da continuidade de um tecido entre duas fatias.

Referências

- [1] Goshtasby, A.; Turner, D.; Ackerman, L. Matching of Tomographic Slices for Interpolation. In: *IEEE Transaction on Medical Imaging*, 1992. vol. 11, n. 4, p. 507–516.
- [2] Huttenlocher, D. P.; Klanderman, G. A.; J., R. W. Comparing Images Using the Hausdorff Distance. In: *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1993. vol. 15, n. 9, p. 850–863.
- [3] Starr, D. *Blood: An Epic History of Medicine and Commerce*. New York: Alfred A. Knopf, Inc, 2000.
- [4] Lutjen-Drecoll, E.; Rohen, J.; Yokochi, C. *Anatomia Humana - Atlas Fotográfico de Anatomia Sistêmica e Regional*, 5ed. Rio de Janeiro: Manole, 2002.
- [5] Meirelles, G.; D'ippolitoii, G. Pseudolesões Hepáticas na Tomografia Computadorizada Helicoidal: Ensaio Iconográfico. In: *Radiol Bras.* , 2003. vol. 36, n. no.4.
- [6] Oliveira, A. *Comprometimento Pulmonar nas Leucemias. Avaliação por Tomografia Computadorizada de Alta Resolução*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.
- [7] Haga, Y.; Esashi, M. Biomedical Microsystems for Minimally Invasive Diagnosis and Treatment. In: *Proceedings of the IEEE*, 2004. vol. 92, n. no.1, p. 98–114.
- [8] Hermam, G. *Image Reconstruction From Projections: The Fundamentals of Computerized Tomography*. New York: Academic Press, 1980.
- [9] Smith, B.; Adhami, R. Medical Imaging. In: *IEEE Potential*, 1998. p. 9–12.
- [10] Corporate Headquarters Merge eFilm. *eFilm*. 1126 S. 70th Street, Milwaukee, WI 53214-3151, USA. Website: www.merge.com, Acesso em: 20/04/2004.
- [11] Slice. *Slice*. Website: www.slicer.org, Acesso em: 23/02/2004.
- [12] Blox. *Blox*. Website: pni.med.jhu.edu/blox/, Acesso em: 23/02/2004.
- [13] Corporate Headquarters Merge eFilm. *AMIDE - Medical Imaging Data Examiner*. 1126 S. 70th Street, Milwaukee, WI 53214-3151, USA. Website: amide.sourceforge.net, Acesso em: 25/02/2004.

- [14] National Eletrical Manufacturers Association. *Digital Imaging and Communications in Medicine(DICOM)*. 17th Street, N.1300, Suite 1847, Rosslyn, VA, 22209. Website: www.nema.org.
- [15] Bors, G. A.; Kechagias, L.; Pitas, L. Binary Morphological Shape-Based Interpolation Applied to 3-D Tooth Reconstruction. In: *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2002. vol. 21, n. 2, p. 100–108.
- [16] Wang, Y.; Zhang, Z.; Guo, B. 3D Image Interpolation Based on Directional Coherence. In: *IEEE Workshop on Mathematical Methods in Biomedical Image Analysis*, 2001. p. 195–202.
- [17] Prado, A.; Traina, A. Interpolação de Imagens Tomográficas Através de Matching Usando Triangulação de Delaunay. In: *Anais do SIBGRAPI*, 1996. p. 359–360.
- [18] Pires, S. R. et al. Interpolation of Computerized Tomography Slices Using 3D Digital Inpainting. In: *Anais do XIX Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*, 2006. p. 129–136.
- [19] Bertalmío, M. et al. Image Inpainting. In: *Proceedings of SIGGRAPH 2000, New Orleans, USA*, 2000. p. 417–424.
- [20] Martins, A.; Barcelos, C. *Retoque Digital via Linhas de Nível*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Monica, Uberlândia, MG, Brasil, 2003. Dissertação.
- [21] Barcelos, C.; Boaventura, M.; Jr., E. S. A Well-Balanced Flow Equation for Noise Removal and Edge Detection. In: *IEEE Transactions On Image Processing*, 2003. vol. 12, n. 7, p. 751–763.
- [22] Brcelos, C.; Batista, M. Image restoration using digital inpainting and noise removal. In: *Image and Vision Computing*. 2007. vol.25, p. 61–69.
- [23] Marr, D. *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. San Francisco: W.H. Freeman, 1982.
- [24] Barcelos, C. Restauração e Análise de Imagens via Equações Diferenciais Parciais. In: *Tendências em Matemática Aplicada e Computacional.*, 2002. vol. 3, n. 2, p. 1–13.
- [25] Instituto Goiano de Radiologia. *IRG*. Rua 84, n^a 351, Setor Sul, Goiânia, Go, Brasil. Website: www.irg.com.br, Acesso em: 25/11/2004.
- [26] Centro de Reabilitação e Readaptação Dr. Henrique Santillo. *CRER*. Av. Vereador José Monteiro, n.º 1655, Setor Negrão de Lima, Goiânia, Go, Brasil. Website: <http://www.crer.org.br>, Acesso em: 25/09/2006.
- [27] Andrade, R. Investigando o Invisível: as Pesquisas Sobre Raios X Após a sua Descoberta. In: *SBHC*, 1997. p. 81–102.

- [28] Andrade, R. A Descoberta dos Raios X: o Primeiro Comunicado de Röntgen. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 1998. vol. 20, n. 4, p. 373–391.
- [29] Radon, J. Über Die Bestimmung von Funktinen Durch Ihre Integralwerte Längs Gewisser Mannigfaltigkeiten. In: *Ber. Verrh. Sächs. Akad.*, 1917. p. 262.
- [30] Magnusson, M. *Linogram and Other Direct Fourier Methods for Tomographic Reconstruction*. Tese (Doutorado) — Linköping Studies in Science and Technology, S-581 83 Linköping, Sweden, 1993. Thesis No. 320.
- [31] The American Society of Neuroimaging (ASN). 5841 Cedar Lake Road, Minneapolis, MN 55416. Website: www.asnweb.org.
- [32] Cormack, A. Representation of a Function by its Line Integral, With Some Radiological Applications. In: *Journal of Applied Physics*, 1963. p. 2722–2727.
- [33] Chang, P.; Channin, D.; Jaffer, C. A Special Course in Computers in Radiology. In: *83rd Scientific Assembly and Annual Meeting os the Radiological Society of Noth America*, 1997.
- [34] Radiological Society of North America Inc. 820 Jorie Boulevard, Oak Brook, IL 60523-2251. Website: www.rsna.org.
- [35] American College of Radiologists. 1701 Pennsylvania Ave., NW, STE 610 - Washington, DC 20006. Website: www.acr.org.
- [36] General Electric Company. Website: www.ge.com, Acessado em: 20/03/2004.
- [37] Lorensen, W.; Cline, H. Marching cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm. In: *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH)*. , 1987. vol.21, n. No.4, p. 163–169.
- [38] Manssour, I. *Visualização de Estruturas Internas em Volumes de Dados Multimodais*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. Tese No. 135.
- [39] seixas, R. *Visualização Volumétrica com Ray-Casting num Ambiente Distribuído*. Tese (Doutorado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1997.
- [40] Cateriano, P.; Nonato, L. Vos: Volume on Surface. In: *Caderno de Computação - ICMC/USP*, 2003.
- [41] Johnson, C.; Hansen, C. *Visualization Handbook*. Stony Brook University: Academic Press, 2005.
- [42] Levoy, M. Display of Surfaces From Volume Data. In: *IEEE Computer Graphics and Applications*, 1988. vol.5, n. No.3, p. 29–37.

- [43] Wyvill, B.; Mcpheeters, C.; Wyvill, G. Data Structure for Soft Object. In: *The Visual Computer*, 1986. vol.2, n. No.4, p. 227–234.
- [44] Durst, M. Letters: Additional Reference to "Marching Cubes. In: *ACM Computer Graphics*, 1988. vol. 4, n. 22, p. 72–73.
- [45] Hoppe, H. Progressive Meshes. In: *Proc. of SIGGRAPH 96*, 1996. p. 99–108.
- [46] Marschner, S.; Lobb, R. An Evaluation for Reconstruction Filter for Volume Rendering. In: *Proc. of IEEE Visualization'94*, 1994. p. 100–107.
- [47] Thévenaz, P.; Blu, T.; Unser, M. Interpolation Revisited. In: *IEEE Transaction on Medical Imaging*, 2000. vol. 19, n. 7, p. 739–758.
- [48] Wischigoll, T.; Scheuermann, G. Detection and Visualization of Close Streamlines in Planar Flows. In: *IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics*, 2001. vol. 7, n. 2, p. 165–172.
- [49] Silver, D.; Wang, X. Tracking and Visualizing Turbulent 3D Feature. In: *IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics*, 1997. vol. 3, n. 2.
- [50] Balázs, C. Interactive Transfer Function Control for Monte Carlo Volume Rendering. In: *Proceedings of the IEEE Symposium on Volume Visualization and Graphics*, 2004.
- [51] SILICON GRAPHICS, INC. *OpenGL*. 1500 Crittenden Lane, Mountain view, CA 94043, United States, (650) 950 1980. Website: www.sgi.com, Acesso em: 22/11/2004.
- [52] Wright, R.; Sweet, M. *OpenGL SuperBible, 2ª Ed.* Indiana: Waite Group Press, 2000.
- [53] Visualization ToolKit. VTK. Website: www.vtk.org, Acesso em: 25/11/2004.
- [54] Schroeder, W.; Martin, K.; Lorensen, B. *The Visualization Toolkit: An Object-Oriented Approach to 3D Graphics, 3rd edition*. [S.l.]: Kitware, Inc., 2004.
- [55] Pires, S. R.; Flores, E. L. Kit Para Desenvolvimento de Aplicações Médicas e Odontológicas que Manipulam Imagens no Padrão DICOM. In: *Anais do III Congresso Brasileiro de Computação, III Workshop de Informática aplicada à Saúde*, 2003. p. 2115–2226.
- [56] Pires, S. R.; Flores, E. L. Kit de Visualização de Imagens de Tomografia Computadorizada. In: *IV CEEL Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia*, 2005.
- [57] Rumbaugh, J. *Modelagem e Projetos Baseados em Objetos*. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

- [58] Pires, S. Desenvolvimento de Sistemas em Camada: Uma Abordagem Orientada a Objetos. In: *Anais da III ERI do Centro Oeste, SBC*, 2000. p. 1–47.
- [59] Reed, P. *Desenvolvimento Aplicativos com Visual Basic e UML*. São Paulo: Makron Books, 2000.
- [60] Keys, R. Cubic Convolution Interpolation for Digital Image Processing. In: *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, 1981. vol. 29, n. 6, p. 1153–1160.
- [61] Rodrigues, L.; Borges, D.; Gonçalves, L. Locally Adaptive Edge-Preserving Algorithm for Image Interpolation. In: *Proceeding of XV Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*, 2002. p. 300–305.
- [62] Meijering, E. A Chronology of Interpolation: From Ancient Astronomy to Modern Signal and Image Processing. In: *IEEE*, 2002. vol. 90, n. 3, p. 300–305.
- [63] Gonzalez, R.; Woods, R. *Processamento de Imagens Digitais*. NJ: Prentice Hall: Upper Saddle River, 2000.
- [64] Horn, R.; Johnson, C. *Matrix Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- [65] Lehmann, T.; Gönner, C.; Spitzer, K. Survey: Interpolation Methods in Medical Image Processing. In: *IEEE Transaction on Medical Imaging*, 1999. vol. 18, n. 11, p. 1049–1075.
- [66] Sakamoto, T. T.; Nakanishi, C.; Hase, T. Software Pixel Interpolation for Digital Still Cameras Suitable for a 32-bit MCU. In: *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 1998. vol. 44, n. 4, p. 1342–1351.
- [67] Souza, M.; Centeno, T.; Pedrini, H. Integrando reconstrução 3d de imagens tomográficas e prototipagem rápida para a fabricação de modelos médicos. In: *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 2003. vol. 19, n. 2, p. 103–115.
- [68] Taillardier, F.; Deriche, R. Reconstruction of 3D Linear Primitives from Multiples Views for Urban Areas Modelisation. In: *Symposium on Photogrammetric Computer Vision - Graz*, 2002.
- [69] Harald, G.; S., O. Using the Complex Ginzburg-Landau Equation for Digital Inpainting in 2D and 3D. In: *Scale Space Methods in Computer Vision*, 2003. p. 225–236.
- [70] Brezis, H.; Ponce, A. *Équations de Ginzburg-Landau et Singularités*. Paris: Publications du Laboratoire Jacques-Louis Lions, 2002.
- [71] Morse, B. et al. Interpolating Implicit Surfaces from Scattered Surface Data using Compactly Supported Radial Basis Functions. In: *SIGGRAPH '05: ACM SIGGRAPH 2005 Courses*, 2005. p. 78.

- [72] Ahmed, F.; Gustafson, S. C.; Karim, M. A. Image Interpolation with Adaptive Receptive Field-Based Gaussian Radial Basis Functions. In: *Microwave and Optical Technology Letters*, 1996. vol. 13, n. 4, p. 197–202.
- [73] Farlow, S. J. *Partial Differential Equations for Scientists and Engineers*. New York, USA: Dover Publications Inc., 1993.
- [74] Barcelos, C. et al. Level Lines Continuation Based Digital Inpainting. In: *Computer Graphics and Image Processing, XVII Brazilian Symposium on (SIBGRAPI'04)*, 2004. p. 50–57.
- [75] Galvanin, E.; Silva, E.; Nogueira, J. Utilização de um Modelo de Equações Diferenciais Parciais no Tratamento de Imagens Orbitais. In: , 2004.
- [76] Andrade, M. Um algoritmo iterativo para suavização e segmentação de imagens digitais. In: *Anais do III Workshop em Tratamento de Imagens, BH, MG, Brazil*, 2002. p. 11–20.
- [77] Osher, S.; Sethian, J. Fronts Propagating with Curvature-dependent Speed: Algorithms Based on Hamilt-Jacobi Formulations. In: *Journal of Computational Physics*, 1988. p. 12–49.
- [78] Malik, J.; Perona, P. Scale-space and Edge Detection using Anisotropic Diffusion. In: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1988. vol. 12, n. 7, p. 12–49.
- [79] Silva, W.; Precker, J.; Silva, C. Medida de Calor Específico e Lei de Resfriamento de Newton: Um refinamento na Análise dos Dados Experimentais. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2003. vol. 25, n. 4, p. 392–398.
- [80] Teixeira, R. Introdução aos Espaços de Escala. In: *23º Colóquio Brasileiro de Matemática, IMPA, Rio de Janeiro*, 2001.
- [81] Oliveira, R.; Barcelos, C. Morfologia Matemática e Equações de Difusão em Processamento de Imagens. In: *Relatório Técnico*, 2004.
- [82] Hildreth, E.; Marr, D. Theory of Edge Detection. In: *Proc. Royal Soc. Lond.*, 1980. B, n. 207, p. 187–217.
- [83] Canny, J. A Computational Approach to Edge Detection. In: *IEEE Trans. Pattern Analyses and Machine Intelligence*, 1986. vol. 8, n. 6, p. 679–698.
- [84] Sapiro, G. *Geometric Partial Difference Equations and Image Analysis*. UK: Cambridge University Press, 2000.
- [85] Alvarez, L.; Lions, P.; Morel, J. Image Selective Smoothing and Edge Detection by Nonlinear Diffusion. In: *SIAM J. Numer. Anal.*, 1992. p. 845–866.
- [86] Nitzberg, M.; Mumford, D.; Shiota, T. Filtering, Segmentation and Depth. In: *Springer-Verlang*, 1993.
- [87] Kanisza, G. *Organization in Vision*. New York: Praeger, 1979.

- [88] Haralick, R.; Shapiro, L. *Computer and Robot Vision*. [S.l.]: Addison-Wesley Publishing Company, Vol 1 e 2, 1993.
- [89] Hsieh, M.; Tseng, D. Hiding Digital Watermarks Using Multiresolution Wavelet Transform. In: *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, 22001. vol. 48, n. 5, p. 875–882.
- [90] Degroot, M. *Probability and Statistic, Second Edition*. [S.l.]: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- [91] Bertalmío, M. *Processing of Flat and Non-flat Image Information on Arbitrary Manifolds using Partial Differential Equations*. Tese (Doutorado) — University of Minnesota, 2001. Tese de Doutorado.