

UM SISTEMA DE CONSULTA ORIENTADO POR ONTOLOGIA PARA AUXILIAR ESTUDANTES NA INTERPRETAÇÃO DE MAMOGRAMAS E DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA VIA WEB

Ricardo S. Boaventura¹
Denise Guliato²
Mariangela S. Simedo³
Marcelo A. Maia⁴
Túlio A. A. Macedo⁵
Rangaraj M. Rangayyan⁶

RESUMO

Este artigo apresenta o serviço baseado em Web semântica, denominado Aquest, para auxiliar o estudante de radiologia na caracterização de achados radiológicos identificados em um mamograma, na relação existente entre eles, e no diagnóstico de câncer de mama. O Aquest responde a perguntas submetidas pelo usuário, de acordo com o conhecimento representado na ontologia de câncer de mama

BreastCancerOnto, cujo projeto também é contribuição deste trabalho. O Aquest permite ao usuário obter mais informações sobre cada resposta dada via acesso a um tutorial sobre câncer de mama e a um serviço Web de busca.

Palavras-chave: Web semântica, Aquest Web service, BreastCancerOnto, diagnóstico de câncer de mama

1. Introdução

O diagnóstico precoce de câncer de mama é fundamental para a redução de mortalidade de mulheres acometidas da doença. Atualmente o câncer de mama é o segundo tipo de câncer mais freqüente no mundo e o primeiro entre as mulheres (cerca de pouco mais de um milhão de novos casos anualmente). No Brasil o número estimado de casos em 2008 é de 49.400 com um risco estimado de 51 casos a cada 100 mil mulheres (INCA, 2008). A mamografia é o melhor exame para detecção precoce do

¹ Mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU e Professor do Centro de Ensino Superior de Catalão - CESUC

² Pós-Doutorado pela University of Calgary e Professora da UFU

³ Graduação em Ciência da Computação pela UFU

⁴ Doutorado em Ciência da Computação pela UFMG e Professor da UFU

⁵ Doutorado em Radiologia pela Universidade de São Paulo - Hospital de Clínicas da UFU

⁶ Pós-Doutorado pelo Indian Institute of Science e professor do Department of Electrical and Computer Engineering da University of Calgary - 2500 University Drive N.W. – Calgary – Alberta – Canada T2N 1N4

câncer de mama e tem um papel importante nas decisões terapêuticas a serem adotadas. No entanto, entre 10% e 30% das mulheres com presença da doença têm diagnóstico falso negativo, ou seja, o radiologista interpretou o exame erroneamente como normal. Em aproximadamente 67% destes falsos negativos o radiologista falhou na detecção do câncer que era evidente em uma análise retrospectiva (GIGER et al, 2000). Vários fatores podem explicar a falha no diagnóstico: a baixa qualidade da imagem, o tamanho e a localização da lesão, a densidade do tecido mamário, a qualidade dos recursos técnicos, o cansaço do radiologista, e/ou a sua habilidade e experiência na interpretação de mamogramas.

A interpretação de um mamograma envolve a identificação dos achados radiológicos, a análise e a caracterização desses achados. Uma vez identificados os achados radiológicos e estabelecida a relação entre eles, o diagnóstico é emitido, de acordo com a classificação BI-RADS - *Breast Imaging Reporting and Data System*, elaborado pela ACR - *American College of Radiology* (ACR, 2004).

Para auxiliar o estudante de radiologia na caracterização dos achados radiológicos identificados em um mamograma, na relação existente entre eles, e no diagnóstico de câncer de mama, este artigo apresenta o serviço Web de consulta denominado Aquest. Este serviço responde as perguntas submetidas pelo usuário, de acordo com o conhecimento representado na ontologia de câncer de mama BreastCancerOnto, cujo projeto também é contribuição deste trabalho. O Aquest permite ao usuário obter mais informações sobre cada resposta dada via acesso a um tutorial sobre câncer de mama e a um serviço Web semântica de busca.

O artigo está estruturado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta uma revisão sobre ontologias para câncer de mama. A seção 3 descreve a metodologia adotada para a modelagem e construção da BreastCancerOnto. A seção 4 apresenta o serviço de consulta Aquest. Finalmente, a seção 5 conclui o trabalho e apresenta sugestões para trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Esquemas de representação do conhecimento para formalizar e padronizar protocolos e terminologias médicas são preocupações antigas. A Web semântica traz uma nova era para as aplicações médicas auxiliadas por computador, permitindo a

integração de informações essenciais e serviços distribuídos geograficamente. Tais serviços aumentam a necessidade por ontologias com o objetivo de facilitar o compartilhamento do vocabulário médico (HU et al, 2003). Uma aplicação em particular, que se beneficia do uso de ontologias, está relacionada com a interpretação e diagnóstico de câncer de mama. O trabalho mais abrangente sobre ontologias para mamografias digitais foi desenvolvido dentro do projeto *Medical Imaging with Advanced Knowledge Technologies* (MIAKT), cujo objetivo é o diagnóstico e o tratamento de câncer de mama. A ontologia denominada *Breast Cancer Imaging Ontology*, foi desenvolvida para os domínios de imagens de ultra-som, raio-X e ressonância magnética; histopatologia; e informações clínicas da paciente (VOSSSEN et al, 2003), (VOSSSEN et al, 2004), (MOREALE et al, 2004).

Podsiadly-Marczykowska (PODSIADLY-MARCZYKOWSKA et al, 2004) propuseram o desenvolvimento da *MammoOnt*, uma ontologia para mamografias com dois objetivos: o primeiro para providenciar um vocabulário comum e definições formais de conceitos que possam ser utilizados para descrever e interpretar mamografias; e o segundo para usar a ontologia como uma base de dados para laudos de mamografias. Rose (ROSE et al, 2006) propuseram uma ontologia para câncer de mama, restrita aos termos disponíveis na base de dados *Digital Database for Screening Mammography - DDSM* (HEATH et al, 2000), com o objetivo de desenvolver um serviço *Web* para recuperar mamografias da base de dados em formato de imagem padrão.

Apesar das várias ontologias para câncer de mama propostas na literatura, nenhuma delas está disponível para re-uso. A ontologia sendo proposta neste trabalho está disponível para re-uso, cujo endereço é: <http://www.lcc.ufu.br/amdi/breastcanceronto.owl>.

3. Metodologia e Desenvolvimento da *BreastCancerOnto*

Apesar de terem sido propostas algumas metodologias para orientar o processo de construção de ontologias, nenhuma delas se tornou um padrão de fato. A metodologia proposta por Uschold (USCHOLD et al, 1996) divide o processo de construção da ontologia em quatro etapas: identificação do propósito da ontologia; construção da ontologia; avaliação da ontologia; e documentação. A etapa de

construção da ontologia envolve três outras etapas: a definição textual dos conceitos e relacionamentos, a codificação da ontologia utilizando uma linguagem formal, e a integração que questiona a reutilização de ontologias existentes. A metodologia LAL - Léxico Ampliado da Linguagem, (BREITMAN, 2005) divide o projeto de uma ontologia em basicamente três etapas: a construção do léxico, o mapeamento léxico-ontologia, e a construção da hierarquia das classes. A construção do léxico envolve o levantamento das informações, a modelagem da informação, e a análise do léxico. A etapa de mapeamento léxico-ontologia mapeia os sujeitos, objetos, verbos, e estados para os elementos correspondentes na ontologia. A etapa de construção da hierarquia de classes consiste na análise da ontologia de modo a identificar os conceitos que possam estar relacionados hierarquicamente.

A metodologia adotada para a modelagem da *BreastCancerOnto* combina conceitos apresentados em (USCHOLD et al, 1996) e (BREITMAN, 2005), e consiste de cinco etapas: determinação do domínio da aplicação de acordo com a proposta definida por Uschold em (USCHOLD et al, 1996); construção do léxico; e mapeamento léxico-ontologia de acordo com a proposta definida no LAL; construção da ontologia; e finalmente a implementação da ontologia.

3.1. Determinação do Domínio da Aplicação

A *BreastCancerOnto* representa o conhecimento médico sobre achados radiológicos em mamografias. O domínio da aplicação envolve a interpretação e a análise de mamografias para auxiliar no diagnóstico de câncer de mama e em atividades de ensino. A consistência da ontologia foi avaliada por um conjunto de questões de competência conforme descrito por Gruninger (GRUNNINGER et al, 1994).

3.2. Construção do Léxico

A construção do léxico da *BreastCancerOnto* foi baseada na metodologia LAL e está dividida em levantamento da informação e modelagem da informação. O projeto conta com a colaboração de radiologistas experientes para análise do léxico e validação da ontologia proposta.

3.2.1. Levantamento da Informação

O objetivo desta etapa é a identificação de palavras ou frases relacionadas à análise de mamogramas e diagnóstico de câncer de mama. Um subconjunto de palavras ou frases obtidas a partir do levantamento da informação é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Lista de palavras ou frases candidatas

Lista de frases ou palavras		
abscesso	lesão	adenose
achados radiológicos	achados associados	adenoma lactante
angiossarcoma	assimetria focal	assimetria global
calcificação	categoria 0	categoria 1

3.2.2. Modelagem da Informação

A modelagem da informação requer que cada palavra ou frase identificada na etapa de levantamento da informação seja mapeada para a seguinte estrutura (BREITMAN, 2005):

- **Termo:** é a palavra ou frase relevante;
- **Noções:** é o significado do termo;
- **Impacto:** descreve os efeitos do uso ou ocorrência do termo;
- **Tipos do termo:** objeto, sujeito, estado ou verbo;

A Tabela 2 descreve dois dos termos da *BreastCancerOnto*, obtidos durante o levantamento da informação, informando respectivamente a sua *noção*, *impacto*, e *tipo*. A *BreastCancerOnto* possui um conjunto de 189 termos. Cada termo está associado a uma lista de palavras sinônimas, de tal forma a criar um vocabulário não ambíguo para o domínio da aplicação.

Tabela 2. Exemplo de como os termos da *BreastCancerOnto* estruturados em Noção, Impacto e Tipo

Léxico da <i>BreastCancerOnto</i>			
Termo: lesão	Tipo: estado	Termo: calcificação	Tipo: estado
Noção: tipo de achado radiológico, pequeno foco circunscrito de tecido anormal, grosseiramente esférico, que ocupa um espaço e pode ser visualizada		Noção: tipo de achado radiológico, pequeno depósito de cálcio encontrado no tecido mamário.	

em duas diferentes projeções.

Impacto:

- é associada com birads;
- é associada com conduta;
- é associada com neoplasia;
- é associada com margem;
- é associada com forma;
- é associada com densidade;
- é associada com textura;

Impacto:

- é associada com birads;
- é associada com conduta;
- é associada com neoplasia;
- é associada com distribuição;
- é associada com morfologia;

3.3. Mapeamento léxico-ontologia

De acordo com Breitman (BREITMAN, 2005), (BREITMAN, 2004), o mapeamento dos termos do léxico classificados como sendo do tipo *objeto* são mapeados como *classes* da ontologia; termos classificados como *verbo*, são mapeados como *propriedades*, e os termos classificados como *estados* são mapeados para *classes* ou *instâncias*. A *Noção* de cada termo é mapeada para a descrição da respectiva classe. A lista de *Impactos* de cada termo permite mapear o *verbo* para *propriedades* da ontologia e o *predicado* para *restrições da classe*.

Durante o mapeamento do léxico foram identificadas 21 classes, 92 propriedades sendo que 86 possuem propriedade inversa, e 161 instâncias. A Tabela 3 ilustra algumas propriedades e instâncias para a classe *lesão*. Note que as propriedades foram nomeadas de tal maneira a identificar o relacionamento entre classes ou o relacionamento entre classes e tipos de dados. Este fato se deve à dificuldade de encontrar verbos adequados que relacionem as classes de forma não ambígua. Por exemplo, a propriedade *é associada com Lesão-Margem* relaciona as classes *Lesão* e *Margem*.

Tabela 3. Lista de algumas classes, propriedades, e instância da *BreastCancerOnto*

Lista de frases ou palavras		
Classes	Propriedades	Intâncias
lesão	é associada com Lesão-Forma é associada com Lesão-Margem é associada com Lesão-Densidade é associada com Lesão-Neoplasia é associada com Lesão-Condução	abscesso adenose adenoma lactante angiossarcoma carcinoma

	é_associada_com_Lesão-Birads	cisto
	é_associada_com_Lesão-Textura	fibroadenoma

3.4. Construção da Ontologia

Nesta etapa, a modelagem dos termos é mapeada para uma representação formal, ou seja, a noção do termo é mapeada como a descrição do elemento da ontologia; e o impacto do termo é mapeado como as restrições deste elemento. Para cada classe da etapa anterior deve ser apresentada sua: descrição, propriedades, e instâncias. Para cada propriedade deve ser apresentada sua: descrição, classe de origem, classe de destino, e o tipo de propriedade. Para cada instância deve ser apresentada sua descrição e restrição.

3.5. Implementação da Ontologia

A linguagem OWL - *Ontology Web Language*, foi utilizada para a implementação da *BreastCancerOnto*, que incorpora facilidades para publicar e compartilhar a ontologia proposta via Web (OWL, 2006). A ferramenta utilizada para a construção da *BreastCancerOnto* foi o *Framework Protege* (PROTEGE, 2006) e o mecanismo de inferência utilizado foi o Jena (JENA, 2006).

4. O Aquest Web Service (Serviço de Pergunta/Resposta)

Para realizar consultas na *BreastCancerOnto*, propomos o serviço *Web* denominado *Aquest Web Service*, com o qual o usuário pode formular uma pergunta de acordo com os elementos implementados na ontologia. O *Aquest Web Service* é um módulo do INDIAM – *INterpretation and DIagnosis of Mammograms* (BOAVENTURA et al, 2006), (BOAVENTURA et al, 2007), (GULIATO et al, 2006), (GULIATO et al, 2008).

Para permitir informações mais abrangentes sobre um determinado tópico, o *Aquest* se comunica com o *BreastCancerTutorial*, um tutorial baseado em hipertextos, que aborda tópicos relacionados a interpretação de mamografias e diagnóstico de câncer de mama.

O *BreastCancerTutorial* inclui textos e figuras informativas, disponibiliza ferramentas para recuperação de casos similares da base de dados mamográficos e ainda

reusa o serviço *Web* semântica de busca (*Search Web Service*) para realizar buscas refinadas na *Web*, cuja semântica está representada na ontologia *BreastCancerOnto*. O Aquest foi implementado usando o *Framework Jena* e a linguagem de consulta TRIPLE (HAASE et al, 2004). Uma visão geral da arquitetura do *Aquest Web Service* é apresentada na Figura 1.

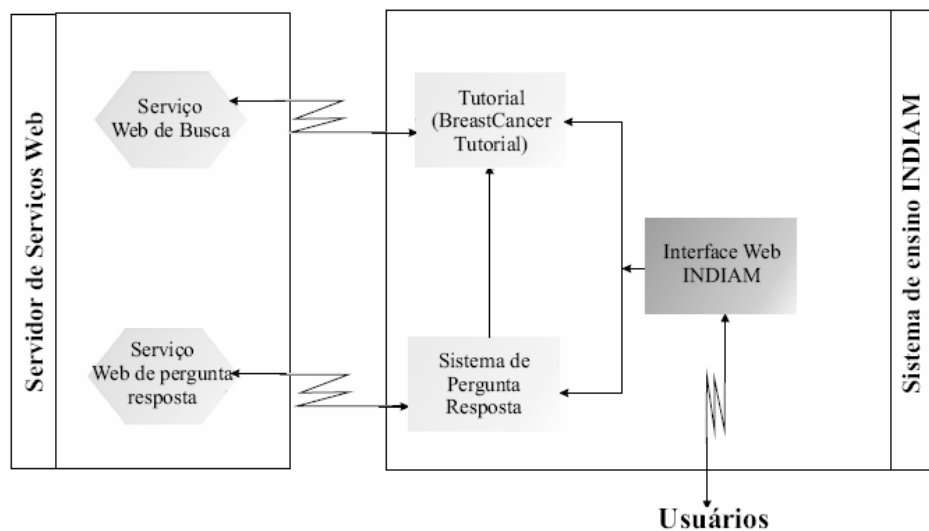


Figura 1 – Uma visão geral da arquitetura do Aquest

O usuário submete a pergunta ao sistema via uma interface gráfica. A estrutura da pergunta suportada pelo *Aquest* está dividida em 4 classes gramaticais, sendo as duas últimas opcionais. Elas são: o tipo da questão (*How/Which/What*); um substantivo que representa a classe da ontologia; um verbo que representa a propriedade; e um adjetivo que representa uma instância da ontologia. As questões podem ser conectadas por operadores lógicos AND ou OR. O *Aquest* associado à *BreastCancerOnto*, responde questões do tipo:

- *Quais tipos de micro-calcificações estão relacionados com neoplasia maligna?*
- *Quais as categorias do BI-RADS são associadas com margem circunscrita?*
- *Como classificar uma lesão associada com forma lobular?*
- *Quais as achados radiológicos são associados com margem circunscrita? OU
Quais os achados radiológicos são associados com margem obscurecida? E
Quais os achados radiológicos são associados com neoplasia parcialmente
benigna?*

A Figura 2 mostra a interface do *Aquest* com a submissão de uma questão e com a respectiva resposta.

The image shows two screenshots of the Aquest web service interface. The top screenshot, titled "Pergunta", shows a breadcrumb trail: HOME > INDIAM System > Aquest Web Service > Questions. Below this, it indicates "Number of questions 1". The "Question Type" section has three columns: Noun, Verb, and Adjective. Under "Noun", there is a dropdown menu with "What type of" selected. Under "Verb", there is a dropdown menu with "BI-RADS Classification" selected. Under "Adjective", there is a dropdown menu with "is associated with margin" selected. To the right of these dropdowns is a question mark and a "Spiculated margin" dropdown. At the bottom of this section are radio buttons for "And" and "Or", and three buttons: "Back", "Answer", and "Delete".

The bottom screenshot, titled "Resposta", shows a breadcrumb trail: HOME > INDIAM System > Aquest Web Service > Answer. The question text is "What type of BI-RADS Classification is associated with margin Spiculated margin ?". Below the question, there are three radio button options: "Category 0", "Category 4C", and "Category 5". At the bottom of this section are two buttons: "Back" and "New Question".

Figura 2 – Interface gráfica do Aquest para submissão de perguntas à ontologia

A Figura 3 ilustra uma página do tutorial referente ao conceito “*category 0*”, como resposta à pergunta submetida. Uma vez acessado o tutorial, o usuário pode solicitar por termos, representados na *BreasCancerOnto*, que se relacionam com um dos termos dado como resposta selecionando a *Relationships*. A Figura 4 ilustra os termos relacionados com “*category 0*”. O usuário também pode procurar por mais informações na Web relacionadas com uma resposta dada, selecionando a opção *References*. Esta opção dispara a execução do *Search Web Service*, cujo resultado para o termo “*category 0*” é ilustrado na Figura 5. Note que somente *sites* relacionados com câncer de mama e classificação BI-RADS foram recuperados.

Category 0

References

Documents

Relationships

Data Base Cases

Category 0 is utilized after a screening examination. When further imaging evaluation (e.g. additional views or ultrasound) or retrieval of prior films is required. Comparison to old films decreases the need for recall. However, comparison is not always required to interpret mammograms.

The recommendations should detail the suggested workup (e.g., additional views and/or ultrasound) needed if old films are not received.

Pictures:

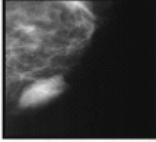
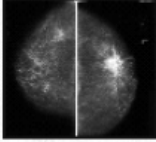
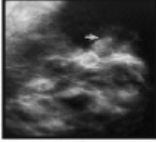




Figure 1
Figure 2
Figure 3

Figura 3 - Informações adicionais representadas no tutorial, sobre o conceito “category 0”, dado como resposta à pergunta apresentada na Figura 1.

CLOSE

Relationship: category 0

Margin	<ul style="list-style-type: none"> - circumscribed margin - partially ill defined margin - spiculated margin - macrolobulated margin - partially circumscribed margin - microlobulated margin - obscured margin - ill defined margin
Shape	<ul style="list-style-type: none"> - lobulated shape - round shape - irregular shape - oval shape
Special cases	<ul style="list-style-type: none"> - focal asymmetric - architectural distortion
Complementary exam	<ul style="list-style-type: none"> - additional view - comparison with before exams - ultrasound - magnetic resonance
Morphology	<ul style="list-style-type: none"> - clustered distribution

Figura 4 – Termos que se relacionam com “category 0” de acordo com BreastCancerOnto.

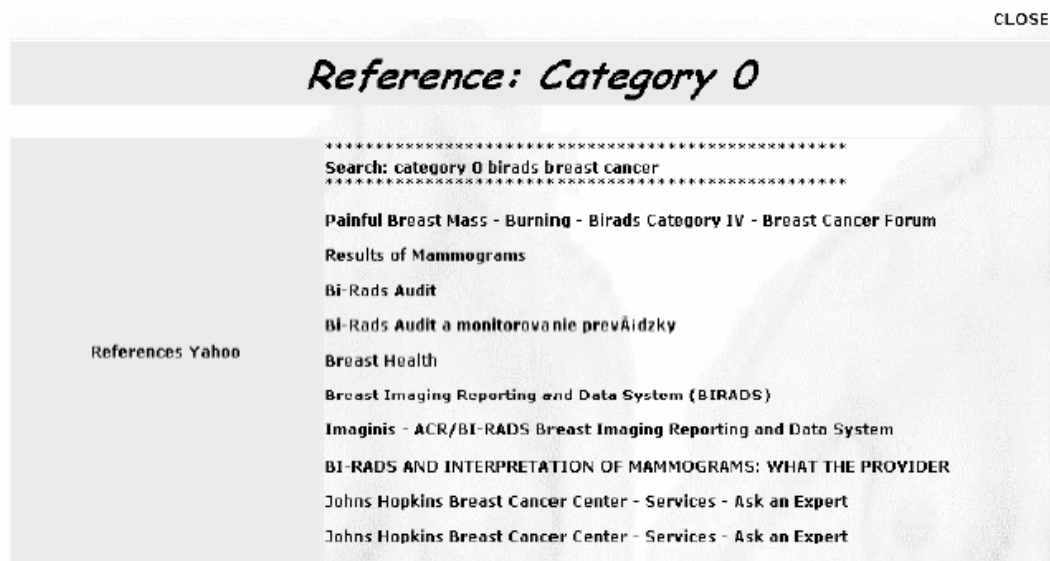


Figura 5 – Mais informações sobre o conceito “category 0” usando o serviço de busca na Web

5. Considerações Finais

Este trabalho apresentou duas principais contribuições. A primeira é a proposta de uma metodologia como combinação de duas outras já existentes, e a construção da ontologia de câncer de mama *BreastCancerOnto*, de acordo com metodologia proposta, baseada na classificação BI-RADS. A segunda contribuição é o desenvolvimento do serviço *Aquest*, para consulta a ontologias. O *Aquest* é um serviço *Web*, independente de aplicação, podendo ser associado a quaisquer ontologias. Neste trabalho o *Aquest* foi associado à *BreastCancerOnto*, e integrado a um tutorial sobre câncer de mama que permite acesso do usuário à internet para obtenção de mais informações sobre o tema sendo pesquisado. Note que este acesso à internet, realizado pelo *Search Web Service*, também é baseado na ontologia proposta, o que resulta numa busca por informações restrita ao domínio “câncer de mama”.

Atualmente as perguntas formuladas usando o *Aquest* possuem uma estrutura gramatical previamente definida. Estudos estão sendo realizados para incorporar ao sistema um módulo para processamento de linguagem natural. O serviço *Aquest* está integrado ao INDIAM, um sistema de ensino à distância para auxiliar estudantes na interpretação e diagnóstico de câncer de mama, e será publicado em um servidor UDDI para re-uso. O sistema INDIAM poderá ser acessado em <http://www.lcc.ufu.br/amdi>.

Referências

ACR. *Breast Imaging Reporting and Data System BIRADS*. Am. College of Radiology, 4 edição, 2004.

BOAVENTURA, R. S., GULIATO, D., e MAIA, M. A. *INDIAM - um sistema de ensino para auxiliar estudantes na interpretação de mamogramas e diagnóstico de câncer de mama via web*. WebMedia 2006 - WTD - Workshop de Teses e Dissertações, Natal, RN, páginas 68 - 72, 2006.

BOAVENTURA, R. S., CULIATO, D., SIMEDO, M. S., MAIA, M. A., MACEDO, T. A. A., e RANGAYYAN R. M. *INDIAM - um sistema de ensino para auxiliar estudantes na interpretação de mamogramas e diagnóstico de câncer de mama via web*. WIM 2007 - Workshop de Informática Médica, Porto de Galinhas, PE, páginas 1 - 10, 2007.

BREITMAN, K. *Web Semântica a Internet do Futuro*. LTC - Livros Técnicos e Científicos SA, 1 edição, 2005.

BREITMAN, K. e LEITE, J. C. S. P. *Ontologias: Como e por que criá-las*. Jornada de Atualização em Informática, Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Salvador, Brasil, páginas 3–53, 2004.

GIGER, M. L., HUO z., KUPINSKI, M. A., e VYBORNÝ, C. J. *Computer-aided diagnosis in mammography*. In: Handbook of medical imaging. Vol. II. Bellingham, Wash.: SPIE, páginas: 915 – 1004, 2000.

GRUNNINGER, M. e FOX, S. *The role of competency questions in enterprise modelling*. In: IFIP WG5 Workshop on Denchmarking - Theory and Praticce. Trodhein, Norway, 17 páginas, 1994.

GULIATO, D., BOAVENTURA, R. S., SIMEDO, M. S., RANGAYYAN, R. M. R, e MACEDO, T. A. A. *A teaching system for assistance in the interpretation of mammograms and the diagnosis of breast cancer*. The International Special Topics Conference on Information Technology in Biomedicine ITAB2006. In Proceeding of IEEE ITAB. Ionnina,Epirus, Grece, 2006.

GULIATO, D., BOAVENTURA, R. S., MAIA, M. A., RANGAYYAN, R. M., SIMEDO, M. S., e MACEDO, T. A. A. *INDIAM - an e-learning system for mammogram interpretation*. Journal of Digital Imaging, In press, 2008.

HAASE, P., BROEKSTRA, J., EBERHART, A., e VOLZ, R. *A comparison of RDF query languages*. Lecture Notes in Computer Science: The Semantic Web – ISWC2004, páginas 502 – 517, 2004.

HEATH, M., BOWYER, K., KOPANS, D., MOORE, R., and KEGELMEYER Jr. P., *The Digital Database for Screening Mammography*, in The Proceedings of the 5th International Workshop on Digital Mammography, Toronto, Canada, Medical Physics Publishing (Madison, WI), ISBN 1-930524-00-5, 10 páginas, 2000.

HU, B., DASMAHAPATRA, S., e SHADBOLT, N. *From lexicon to mammographic ontology: Experiences and lessons*. In Proceedings of the International Workshop on Description Logics, páginas: 229–233, 2003.

INCA - Instituto Nacional de Câncer. *Incidências de câncer no Brasil*, Ministério da Saúde , 94 páginas, 2008.

JENA, *A semantic web framework for java*. [Online]. Disponível: <http://jena.sourceforge.net/documentation.html> acessado em: Jun. 2006.

MOREALE, E. and VARGAS-VERA, M. *Semantic services in e-learning: an argumentation case study*. Electrical and Computer Engineering, Educational Technology e Society, volume 7, páginas 112–128, 2004.

OWL, *Web ontology language overview - W3C*; [Online]. Disponível: <http://www.w3.org/TR/owlfeatures/> acessado em: Jun. 2006.

PODSIADLY-MARCZYKOWSKA, T; GOSZYNSKA, H.; e GUZIC A. *Towards an OWL mammogram ontology*. The 3rd European Medical and Biological Engineering Conference, Prague, Czech Republic, 2005.

PROTÉGÉ, *Protégé ontology editor*. [Online]. Disponível: <http://protege.stanford.edu/doc/users.html> acessado em: Jun. 2006.

ROSE, C., TURI, D., WILLIAMS A., WOLSTENCROFT, K., e TAYLOR, C. *Web Services for the DDSM and Digital Mammography Research*, Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin / Heidelberg: Digital Mammography. páginas 376 – 385, 2006.

USCHOLD, M. and GRUNINGER, M. *Principles, methods and applications*. *Knowledge Engineering Review*, volume 1, páginas: 93–136, 1996.

VOSSSEN, G. e WESTERKAMP, P. *E-learning as a web service*. Proceedings of the 7th International Database Engineering and Applications Symposium, Asunción, Paraguay, páginas: 242–249, 2003.

_____. *Maintenance and exchange of learning objects in a web services based e-learning system*. *Electronic Journal of e-Learning*, páginas: 293–304, 2004.