

Aplicação de técnicas de espectroscopia de espalhamento de raios X para caracterização de tecidos mamários

Application of X-ray scattering spectroscopy techniques for characterization of breast tissues

RESUMO

Jonatas de Oliveira Rangel
Jonatasrangel@outlook.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Marcelo Antoniassi
Antoniassi@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Este trabalho teve como objetivo estudar através de simulações computacionais a otimização de técnicas de espectroscopia de espalhamento de raios x para caracterização de tecidos mamários. Nas técnicas de espectroscopia de espalhamento, parâmetros como por exemplo, a razão da área dos dois picos de espalhamento Rayleigh e Compton (R/C) e a largura meia altura do pico compton (LMA) podem dar informações sobre a composição da amostra. foram utilizadas 5 amostras de 5 glandularidades diferentes que foram submetidas a variação de energia e posteriormente a variação de angulação entre a fonte de raios X e o detector de radiação. As técnicas de espalhamento baseadas nas razões R/C e LMA mostraram-se sensíveis as variações das composições das amostras (glandularidades) para todas energias e ângulos estudados. Foi obtido que quanto menor a energia maior a sensibilidade da técnica R/C e menor a de LMA. Em relação variação de angulação, foi obtido que a técnica R/C é mais sensível para ângulos maiores e LMA para ângulos menores.

PALAVRAS-CHAVE: Espectroscopia de raios X. Espalhamento de raios X. Radiologia.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

This work aimed to study through computer simulations the optimization of X-ray scattering spectroscopy techniques for the characterization of breast tissues. In the scattering spectroscopy techniques, parameters such as the Rayleigh to Compton ratio (R/C) and the full width at half maximum (FWHM) of the Compton peak, can give information about the composition of the sample. Five samples of 5 different glandularities were used, which were subjected to variation of energy and angulation between the x-ray source and the detector. The R/C and FWHM scattering techniques showed to be sensitive to variations in sample composition (glandularities) for all studied energies and angles. It was obtained that the lower the energy the sensitivity of the R/C technique increases and the FWHM decreases. Regarding the variation of angulation, it was obtained that the R/C technique is more sensitive for larger angles and FWHM for smaller angles.

KEYWORDS: X-ray spectroscopy. X-ray scattering. Radiology.



INTRODUÇÃO

O câncer de mama é o câncer mais comum entre mulheres no mundo, sendo a principal causa de morte entre elas. (INCA, 2018). Através da técnica de espectroscopia é possível obter diversas informações sobre o tecido mamário, além de servir como base para criação de novas técnicas de diagnóstico (ANTONIASSI, et al., 2018). Atualmente é possível utilizar radiação espalhada através de técnicas de espectroscopia para diferenciar tecidos, inclusive para detecção de câncer (FARQUHARSON, 2013).

O espalhamento é uma propriedade da interação da radiação com a matéria, o qual pode ser dividido em elástico (Rayleigh) onde o fóton é espalhado com a mesma energia incidente e inelástico (Compton) onde o fóton espalhado tem energia menor que o incidente (CESAREO, et al., 1992). Ambos os processos de espalhamentos podem ser utilizados para se obterem informações sobre tecidos biológicos (ANTONIASSI, 2012).

Ao utilizar o espectro destes dois espalhamentos podemos obter informações importantes sobre a composição dos tecidos, particularmente de seu número atômico efetivo. Para obtermos essas informações utilizamos a razão entre os espalhamentos Rayleigh e Compton (R/C) e a Largura meia altura (LMA) da curva de espalhamento Compton (ANTONIASSI, et al., 2018). Assim, este trabalho teve como objetivo estudar através de simulações computacionais a otimização de técnicas de espectroscopia de espalhamento de raios X para caracterização de tecidos mamários.

MATERIAL E MÉTODOS

A Realização das simulações de espalhamento e espectroscopia de raio X utilizadas nesse trabalho foram feitas utilizando o software de simulação computacional por método de Monte Carlo XRMC (GOLOSIO, et al., 2013). Neste trabalho foram estudados 5 tipos de amostras de tecido mamário, todas de mesmas dimensões, somente variando a sua composição (glandularidade) conforme Tabela 1.

Tabela 1: Composição das amostras em função da glandularidade (%) (tecido 0% glandular representa tecido 100% adiposo)

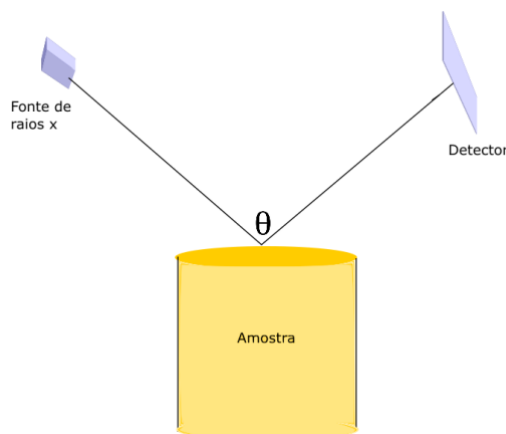
Porcentagem de massa dos elementos químicos para cada tecido/glandularidade					
Z	0%	30%	50%	80%	100%
1	11,4	11,16	11	10,76	10,6
6	59,8	51,82	46,5	38,52	33,2
7	0,7	1,39	1,85	2,54	3,0
8	27,8	35,27	40,25	47,72	52,7
11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
16	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
17	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Fonte: (The composition of body tissues By H. Q. Woodard; Ph.D. and D. R. White, 1986)

A Figura 1 apresenta o arranjo experimental utilizado nas simulações. A amostra consistia em um cilindro externo de raio de 2 cm e 0,5 cm de altura. As simulações foram divididas de duas formas, primeiro variando a energia da fonte (17,5 keV, 20 keV, 30 keV e 40 keV) nas 5 glandularidades e mantendo a angulação de 90° entre fonte e detector, e posteriormente, foi feito a variação dos ângulos (30°, 90° e 120°) entre fonte e detector porém mantida a energia de 20 keV do feixe. A distância fonte amostra e amostra detector era de 10 cm. Cada espectro obtido foi convolvido utilizando o software Spyder (compilador de linguagem Python), pela resposta típica de um detector (25mm² SuperSDD da amptek, com resolução de 126 eV em 5,9 keV).

A determinação das razões de espalhamento R/C e largura a meia altura LMA foram feitas a partir de ajuste de curva dos espectros de espalhamento considerando-se uma gaussiana para o pico Rayleigh e uma Voigt para o pico Compton.

Figura 1 – Arranjo da simulação



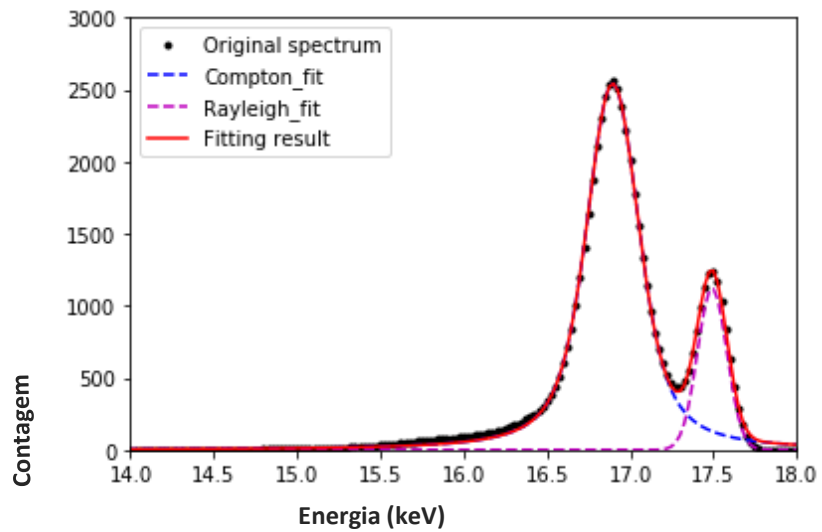
Fonte: Autoria própria (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ESPECTRO E AJUSTE DE CURVAS

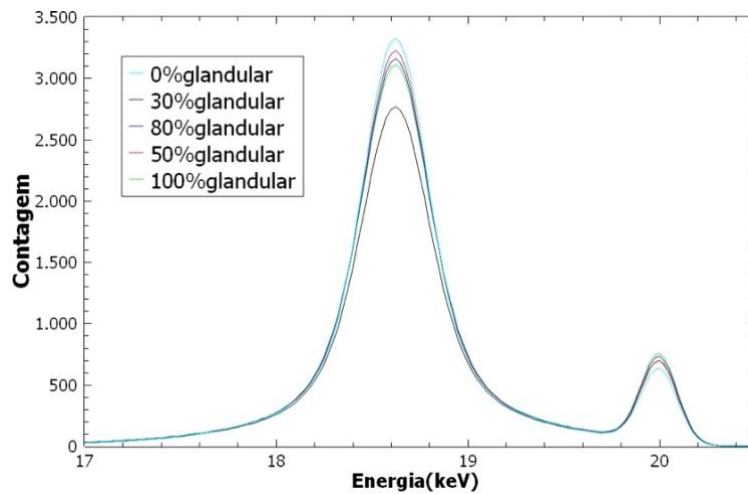
Figura 2 apresenta um exemplo de espectro obtido pela simulação para energia de 17,5 keV e o seu respectivo ajuste de curvas utilizado para determinação das razões R/C e LMA. Na Figura 3 é apresentado um exemplo de espectro obtido para as diferentes amostras na energia de 17,5 keV e 30° de angulação entre a fonte e o detector.

Figura 2 – Resultado do ajuste de curvas para energia de 17.5 keV e amostra de glandularidade de 50%



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 3 – Exemplo de espectro obtido para as amostras na energia incidente de 17,5 keV e 30°

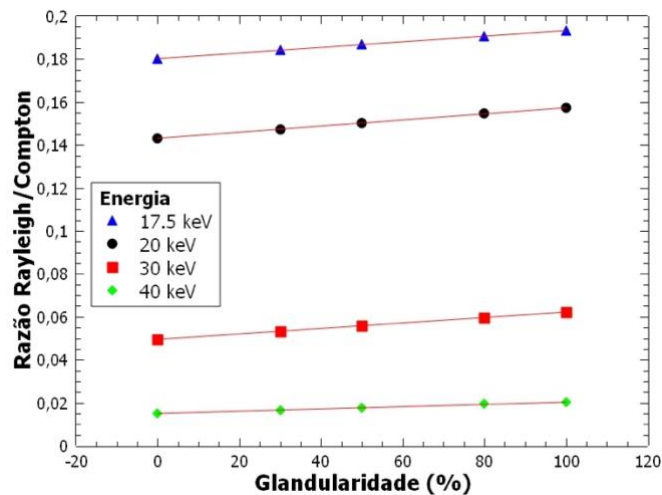


Fonte: Autoria própria (2020).

VARIAÇÃO DA ENERGIA

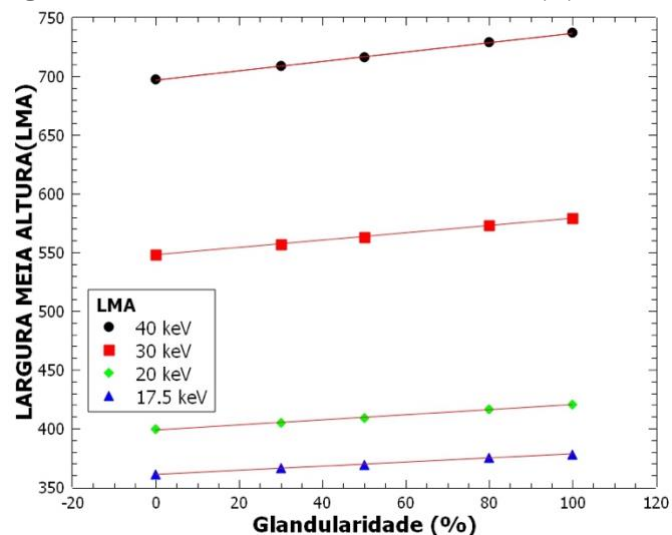
As figuras abaixo apresentam os gráficos dos valores de razão R/C e LMA obtidos para as diferentes glandularidades em cada uma das energias de feixe e os respectivos ajustes lineares de cada conjunto de dados.

Figura 4 – gráfico de Razão R/C (Y) versus Glandularidade(%) em (X)



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 5 – Gráfico de LMA versus Glandularidade (%)



Fonte: Autoria própria (2020).

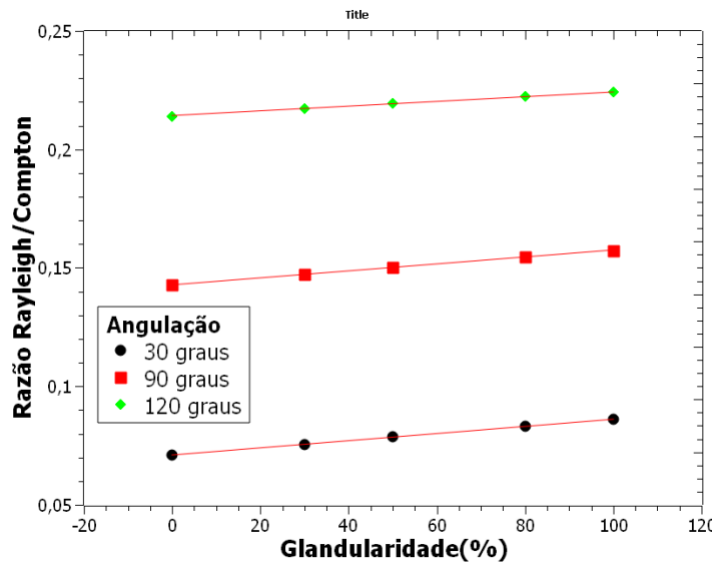
Nota-se a partir dos gráficos das figuras 4 e 5 que para cada energia quanto maior a glandularidade maior a razão R/C e LMA. De fato, este resultado é esperado pois segundo mostrado na tabela 1, quanto maior a glandularidade maior as porcentagens de oxigênio em relação ao carbono nos tecidos, tornando assim seu número atômico efetivo maior. A técnica mostrou-se sensível a estas variações de glandularidade para todas energias estudadas.

Em relação caracterização e diferenciação dos tecidos observa-se que para a técnica baseada na R/C, quanto menor a energia maior a sensibilidade (coeficiente angular das retas obtidas através de ajuste linear). Por outro lado, a técnica de baseada na LMA mostrou-se mais sensível com o aumento da energia. Este é um resultado importante pois mostra complementaridade entre ambas as técnicas, sendo uma mais sensível para energias menores e a outra para energias maiores.

VARIAÇÃO DO ÂNGULO

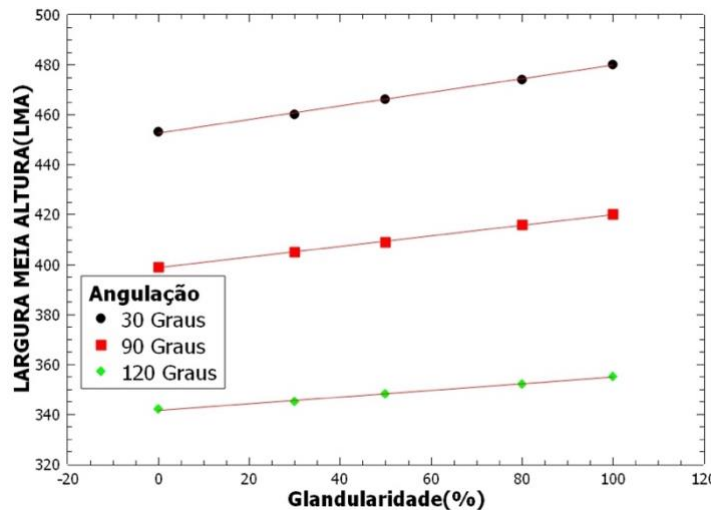
As figuras 6 e 7 apresentam os gráficos dos valores de razão R/C e LMA obtidos para as diferentes glandularidades porém desta vez com alteração na angulação entre o detector e a fonte de radiação. Como realizado para o estudo de variação de energia, são apresentados os respectivos ajustes lineares de cada conjunto de dados.

Figura 6 - Gráfico de razão R/C versus Glandularidade(%)



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 7- Gráfico de LMA versus Glandularidade(%)



Fonte: Autoria própria (2020).

Observa-se a partir dos gráficos das figuras 6 e 7 que, para cada ângulo, quanto maior a glandularidade, maior a razão R/C e LMA da mesma forma que observado para anteriormente. Desta forma a técnica novamente mostra-se sensível a estas variações de glandularidade para todos os ângulos estudados.

Em relação à diferenciação dos tecidos observa-se que para a técnica baseada na R/C, quanto maior o ângulo maior a sensibilidade (coeficiente angular das retas obtidos através do ajuste do ajuste linear). Por outro lado, a técnica baseada na LMA mostrou-se mais sensível com a diminuição do ângulo. Como para a energia, este resultado é importante mostrando que as técnicas também são complementares em relação à angulação entre detector e fonte.

CONCLUSÃO

As técnicas de espalhamento baseadas nas razões R/C e LMA mostraram-se sensíveis às variações das composições das amostras (glandularidades) para os intervalos de energias e ângulos estudados neste trabalho.

Foi obtido que quanto menor a energia maior a sensibilidade para obtenção de R/C, e quando se aumenta a energia temos maior sensibilidade para LMA. Entretanto para variação de angulação, foi obtido que a técnica R/C é mais sensível para ângulos maiores e LMA para ângulos menores. No geral as técnicas utilizadas se mostraram complementares e úteis para caracterização das amostras dos tecidos mamários.

AGRADECIMENTOS

À UTFPR pela viabilização do desenvolvimento do projeto e à Fundação Araucária pelo apoio financeiro (bolsa de Iniciação científica) a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANTONIASSI M. et al. Characterization of breast tissues combining x-ray fluorescence and scattering spectroscopy: A Monte Carlo computational study. **Radiation Physics and Chemistry**, 2018.

ANTONIASSI, M. **O espalhamento Compton de raios x no diagnóstico de neoplasias mamárias** / Marcelo Antoniasassi; Orientação: Prof Dr Martin Eduardo Poletti, Ribeirão Preto: FFCLRP/ USP, 2012.

FARQUHARSON, M. J. et al. The use of X-ray interaction data to differentiate malignant from normal breast tissue at surgical margins and biopsy analysis. **X-Ray Spectrometry**, v. 42, n. 5, p. 349–358, 2013.

GOLOSIO, B.; SCHOONJANS, T.; BRUNETTI, A.; OLIVA, P. and MASALA, G.L., et al., Monte Carlo simulation of X ray imaging and spectroscopy experience using quadric geometry and variance reduction techniques. **Computer Physics Communications**, 2013.

INCA, Instituto Nacional do Câncer. Incidência de Câncer no Brasil. **Estimativa**, 2018.

WOODARD, H. Q.; WHITE, D. R. The composition of body tissues. **British Journal of Radiology**, v. 59, n. 708, p. 1209–1218, 1986.