

## O USO DO EFEITO COMPTON NOS DIAGNÓSTICOS POR IMAGEM

**Eduardo de Paula Miranda Pereira<sup>1</sup>, Anderson Arleu da Silva<sup>2</sup>, Mariana Cesário Fachini Gomes<sup>3</sup>, Tatiane de Souza Silva<sup>4</sup>, Gilberto Almeida da Silva<sup>5</sup>, Woshington Talon Hespanhol<sup>6</sup>, Fabio Luiz Fully<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Iguazu/Engenharia de Produção, Itaperuna - RJ, eduardopmp@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Iguazu/Engenharia de Petróleo, Itaperuna - RJ, andersonarleu@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Universidade Iguazu/Engenharia de Petróleo, Itaperuna - RJ, maryfac@hotmail.com

<sup>4</sup>Universidade Iguazu/Engenharia de Petróleo, Itaperuna - RJ, taty\_2s@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Universidade Iguazu/Matemática, Itaperuna – RJ, lan-housegt@hotmail.com

<sup>6</sup>Universidade Iguazu/Engenharia de Petróleo, Itaperuna - RJ, woshthespanhol@ig.com.br

<sup>7</sup>Universidade Iguazu/Engenharia de Produção, Itaperuna - RJ, fabiofully@gmail.com

**Resumo** - Com o objetivo de avaliar a utilização do *Efeito Compton* nos diagnósticos por imagem, desenvolveu-se um trabalho durante o período de junho a julho de 2009. Nas últimas décadas, vêm ocorrendo uma importante revolução na área da tecnologia médica, por meio de pesquisas realizadas por médicos, engenheiros e físicos, que vêm trazendo novas descobertas, dentre elas, o uso do efeito Compton, desenvolvendo assim, as diversas aplicações da radiação em equipamentos de diagnóstico por imagem. Os avanços nessa área têm permitido diagnósticos mais precisos de diferentes doenças, possibilitando um planejamento terapêutico mais precoce e adequado ao paciente. O presente artigo concentra-se na análise e compreensão das tecnologias empregadas no desenvolvimento do diagnóstico por imagens ressaltando a relevância do Efeito Compton para as mesmas.

**Palavras-chave:** Radiação, Energia, Efeito Compton, Diagnóstico por Imagem, Medicina Nuclear.

**Área do conhecimento:** Ciências exatas e da terra e engenharias.

### INTRODUÇÃO

Diagnóstico por imagem é uma especialidade da medicina que se utiliza de técnicas da engenharia para identificar doenças e distúrbios. A parceria entre médicos, físicos e engenheiros, foi decisiva para o desenvolvimento de máquinas que utilizam radiações ionizantes como matéria-prima, para a formação de imagens que auxiliam no diagnóstico e tratamento de várias doenças.

Nas últimas décadas, vêm ocorrendo uma importante revolução na área da tecnologia médica. Pesquisas realizadas por médicos, engenheiros e físicos, vêm trazendo novas descobertas e desenvolvendo as diversas aplicações da radiação em equipamentos de diagnóstico por imagem. Os avanços na área de diagnósticos por imagem, têm permitido diagnósticos mais precisos de diferentes doenças, possibilitando um planejamento terapêutico mais precoce e adequado ao paciente.

A Medicina Nuclear é uma especialidade médica relacionada à Imagiologia que se ocupa das técnicas de imagem, diagnóstico e terapêutica utilizando partículas ou núclídeos radioativos

A principal limitação à maior utilização da medicina nuclear é o custo. No entanto é

impossível observar muitos processos fisiológicos de forma não invasiva sem a Medicina Nuclear.

A forma utilizada para o estudo de processos fisiológicos na Medicina Nuclear é o contraste, tais como os gerados pelas diferentes estruturas do nosso corpo quando sob efeito de medicamentos, são captadas pelos computadores, que possibilita ao profissional uma análise criteriosa e a rápida detecção e acompanhamento de distúrbios.

Uma das mais importantes radiações utilizadas dentro do diagnóstico por imagem é o raio-X, que foi descoberto em 1895 por *Wilhelm Conrad Roentgen*, da Universidade de *Wrisburg*, na Alemanha. Trabalhando com uma válvula de *Hittorf* no interior da qual havia sido feito vácuo. A existência de uma atmosfera rarefeita no interior da ampola foi decisiva para que *Roentgen* tivesse produzido os raios X (GARCIA, 1998).

Num tubo de raios-X, a maioria dos elétrons incidentes sobre o alvo perde sua energia cinética de modo gradual nas inúmeras colisões, convertendo-a em calor. Esta é a razão pela qual um alvo deve ser feito de material de alto ponto de fusão. A temperatura atingida pelo alvo é tão alta que ainda são necessários métodos especiais para o seu esfriamento. Uma pequena parte dos elétrons incidentes se aproxima dos núcleos

atômicos do alvo, podendo perder de uma só vez uma fração considerável de sua energia cinética, emitindo um fóton de raio-X. Em outras palavras, o fóton de raio-X é produzido quando um elétron sofre uma desaceleração brusca. A radiação gerada desse modo é conhecida como radiação de freamento ou *bremsstrahlung* (OKUNO; IBERÊ; CHOW, 1982). A maior parte (99%) da energia cinética dos raios catódicos é perdida sob a forma de calor e apenas 1% dela é convertida em raios-X. A quantidade de raios-X gerados depende do fluxo de elétrons que colidem com o ânodo (GARCIA, 1998).

Em uma volta completa (360°) em torno do paciente, a ampola emite raios-X que, após atravessar o corpo do paciente, são captados na outra extremidade pelo detector. Esses dados são então processados pelo computador, que analisa as variações de absorção ao longo da seção observada, e reconstrói esses dados sob a forma de uma imagem. A “mesa” avança então mais um pouco, repetindo-se o processo para obter uma nova imagem, alguns milímetros ou centímetros mais abaixo.

Durante o exame radiográfico, os raios-X interagem com os tecidos através dos efeitos fotoelétrico e *Compton*. O efeito fotoelétrico é caracterizado pela transferência total da energia da radiação gama ou x (que desaparece) a um único elétron orbital, que então é expelido do átomo absorvedor (processo de ionização). O efeito fotoelétrico é predominante em baixas energias e para elementos de elevado número atômico (Z). Tal efeito decresce rapidamente quando a energia aumenta e é observado para energias tão baixas quanto a da luz visível. O referido efeito é proporcional à  $Z^5$ , e por esse motivo deve ser usada uma blindagem de chumbo para absorção de raios gama ou X de baixas energias. A absorção fotoelétrica se dá com a interação entre um fóton de raios-X incidente e um elétron ligado a um átomo do absorvedor na qual o fóton transfere toda sua energia ao elétron. O fóton, portanto deixará de existir. Parte da energia transferida é usada para vencer a força de ligação átomo - elétron e a restante, aparece como energia cinética do elétron (agora chamado fotoelétron). Nos exames radiográficos, o feixe de raios-X é transmitido através do paciente, impressionando o filme radiográfico, o qual, uma vez revelado, proporciona uma imagem que permite distinguir estruturas e tecidos com propriedades diferenciadas (GARCIA, 1998).

Quando a energia da Radiação gama ou X aumenta, o espalhamento *Compton* torna-se mais freqüente que o efeito fotoelétrico. A energia da radiação gama é superior àquela necessária para

ejetar um elétron, e o excesso vai se distribuindo por outros elétrons, que se liberam das órbitas. A cada radiação, mais de um elétron é liberado. Esse efeito ocorre freqüentemente com emissão gama de energia superior a 1MeV (HENEINE, 1996). Um elétron-volt é a quantidade de energia cinética ganha por um único elétron quando acelerado por uma diferença de potencial elétrico de um volt, no vácuo.

Este nome é uma homenagem ao cientista Artur H. Compton (1892-1962), que em 1923, descobriu que os comprimentos de onda dos raios-X mudavam depois que eles eram espalhados por elétrons (HALLIDAY, RESNICK e KRANE, 1996), tal descoberta rendeu ao cientista o prêmio Nobel de física em 1927. Neste efeito, o fóton incidente é espalhado por um elétron periférico, que recebe apenas parcialmente a energia do fóton incidente. O fóton espalhado terá uma energia menor e uma direção diferente da incidente. Dessa forma, a interação do fóton é descrita como um espalhamento por um elétron livre, inicialmente em repouso. O *Efeito Compton* depende ainda da densidade do elemento (número de elétrons/cm<sup>3</sup>), e decresce em função da energia dos fótons, porém não tão rapidamente como no efeito fotoelétrico. Este é inversamente proporcional à energia do fóton, e proporcional ao número atômico Z do material absorvedor.

No espalhamento *Compton*, este efeito não é um processo local, consiste de uma interação entre um fóton de raios-X e um elétron livre (ou fracamente ligado ao átomo, tais como os elétrons dos níveis mais externos). Portanto, um elétron *Compton* ejetado e o fóton são espalhados com uma energia igual à diferença entre a energia do fóton incidente e a energia adquirida pelo elétron. O fóton espalhado se move então, em uma direção diferente da inicial e, portanto, não contribui em nada para a formação da imagem, na realidade, ele tem uma contribuição negativa para a unidade de imagem.

Na prática, os processos *Compton* e fotoelétrico, contribuem ambos, para a produção da radiografia. A percentagem relativa ao total de interações que ocorrem por um processo ou outro depende da energia do fóton. Portanto, o contraste objeto, depende da composição da massa efetiva e do número atômico do objeto. A predominância de interações *Compton* ou Fotoelétrico causará menor ou maior contraste objeto, respectivamente, considerando que o objeto seja composto de vários materiais de diferentes números atômicos. Para um dado objeto, o contraste será maior para feixes de baixa energia (predominância do efeito fotoelétrico) e

menor para energias mais altas (predominância do efeito *Compton*).

Em relação à probabilidade de ocorrência destes efeitos, obtêm-se imagens radiográficas que, mostram tonalidades de cor cinza bem diferenciadas, conforme a densidade da estrutura do corpo em uma radiografia.

Como exemplo de aplicações dos raios-X em diagnósticos por imagem, citamos a tomografia computadorizada (TC), que é um exame que consiste numa imagem que representa uma secção ou "fatia" do corpo. É obtida através do processamento por computador de informação recolhida após expor o corpo a uma sucessão de raios X. A TC baseia-se nos mesmos princípios que a radiografia convencional.

Com a ajuda da ressonância magnética, imagens finas e em camadas, chamadas de tomogramas, são geradas de qualquer parte do corpo de qualquer ângulo sem penetrá-lo.

O procedimento do diagnóstico sem estresse que tem sido aplicado desde o início dos anos 80 trabalha com campos magnéticos fortes e impulsos curtos de rádio. Ele é baseado no chamado efeito nuclear. Este termo descreve a propriedade de um núcleo atômico para ligar o seu próprio eixo como um pião, transformando-o em um pequeno ímã. O núcleo atômico de hidrogênio que é apresentado no corpo em grande número se comporta exatamente da mesma forma.

Na ressonância magnética, o corpo é submetido ao campo magnético que é aproximadamente 30.000 vezes mais forte do que aquele da terra. Esse campo magnético artificial faz com que os átomos de hidrogênio do corpo se alinhem em uma direção ao invés de uma bússola em um campo magnético na terra. Quando o impulso é cessado, os átomos retornam à sua posição original. Durante este relaxamento, os átomos de hidrogênio emitem sinais ressonantes que são medidos.

Os sinais recebidos servem como base para gerar imagens de dentro do corpo com a ajuda de processos de computador como os desenvolvidos para radiografia e tomografia. Os tecidos aparecem na tela em diferentes níveis de iluminação: os ricos em água são bastante brilhosos e os com pouca água são escuros. Os ossos quase não são vistos enquanto tecidos como os músculos, ligamentos, tendões e órgãos podem ser reconhecidos claramente em tons de cinza.

## METODOLOGIA

A fim de promover a discussão sobre os métodos de Engenharia utilizados no campo da Medicina Radiológica e Nuclear, foi realizada uma pesquisa de caráter bibliográfico no acervo da Universidade Iguazu Campus V (Itaperuna - RJ) entre os meses de junho e julho de 2009, buscando embasamento teórico em diversos autores que tratam do assunto, para exposição dos conceitos e sua aplicabilidade no diagnóstico de lesões e distúrbios.

## DISCUSSÃO E RESULTADOS

Em relação às imagens, existe uma convenção para traduzir os valores de voltagem detectados em unidades digitais. Dessa forma, temos valores que variam de -1000, onde nenhuma voltagem é detectada: o objeto não absorveu praticamente nenhum dos fótons de raios-X, e se comporta como o ar; ou um valor muito alto, algo como +1000 ou mais, caso poucos fótons cheguem ao detector: o objeto absorveu quase todos os fótons de raios-X. Essa escala varia de -1000, mais escuro; 0 é um cinza médio e +1000, ou mais, é bem claro. Dessa forma quanto mais raios-X o objeto absorver, mais claro ele é na imagem. Outra vantagem é que esses valores são ajustados de acordo com os tecidos biológicos.

A escala de cinza é formada por um grande espectro de representações de tonalidades entre branco, cinza e preto e é responsável pelo brilho da imagem. Esta escala foi criada especialmente para a tomografia computadorizada e sua unidade foi chamada de unidade *Hounsfield* (HU), em homenagem ao cientista que desenvolveu a tomografia computadorizada. Nela temos o seguinte: zero unidades *Hounsfield* (0 HU) é a água; ar -1000 (HU); osso de 300 a 350 HU; gordura de -120 a -80 HU; músculo de 50 a 55 HU.

Durante o exame radiográfico, os raios-X interagem com os tecidos através do efeito fotoelétrico e Compton. Nos ossos, a radiografia acusa fraturas, tumores, distúrbios de crescimento e postura. Nos pulmões, pode flagrar da pneumonia ao câncer. Em casos de ferimento com armas de fogo, ela é capaz de localizar onde foi parar o projétil dentro do corpo. Para os dentistas, é um recurso fundamental para apontar as cáries. Na densitometria óssea, os raios-X detectam a falta de mineral nos ossos e podem acusar a osteoporose, comum em mulheres após a menopausa. Na radiografia contrastada, é possível diferenciar tecidos com características bem similares, tais como os músculos e os vasos sanguíneos, através do uso de substâncias de elevado número atômico (Iodo ou Bário). Ainda, o

raio-X possibilitou o surgimento de exames como a tomografia axial computadorizada (TAC) que, com ajuda do computador, é capaz de fornecer imagens em vários planos, de forma rápida e precisa, utilizando quantidades mínimas de radiação.

## CONCLUSÃO

O trabalho em equipe e a união de conhecimentos relativos às áreas da medicina, engenharia e física possibilitam a criação de tecnologias e métodos eficazes para a melhoria da nossa qualidade de vida.

Não se pode imaginar a ciência médica sem métodos de tratamento moderno e procedimentos tecnológicos altamente desenvolvidos.

Apesar das técnicas diferirem, todas se baseiam na recepção de feixes atenuados de energia que atravessam, são refletidos ou gerados pelos tecidos do corpo, como é o caso da medicina nuclear.

O desenvolvimento da medicina nuclear proporcionou um enorme avanço na bioengenharia melhorando a qualidade de vida do ser humano, uma vez que tais técnicas de formação de imagens não são evasivas, e permitem ao profissional da saúde, um diagnóstico mais preciso.

Desenvolvimentos de alta tecnologia como equipamento de ultra-som ou ressonância magnética, facilitam o trabalho dos médicos no processo do diagnóstico e poupam exames estressantes e arriscados nos pacientes.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- HALLIDAY; RESNICK; KRANE. **Física 4**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 1998.
- HENEINE, I. F. **Biofísica básica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1996.
- OKUNO, Emico; IBERÊ, Luiz Caldas; CHOW, Cecil. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

