



# Interpretando um exame de tomografia computadorizada para o Ensino de Ciências. Uma proposta de sequência didática para o Ensino Médio

Shalimar Calegari Zanatta<sup>a</sup>, Jordana Alves de Queiroz Dourado<sup>b</sup>, Alisson Calegari Zanatta<sup>c</sup>

<sup>a</sup> UNESPAR, professora PPIFOR

<sup>b</sup> UNESPAR, mestranda PPIFOR

<sup>c</sup> FEPAR, graduando de medicina

## ARTICLE INFO

**Recebido:** 04 de março de 2018  
**Aceito:** 02 de abril de 2018  
**Disponível on-line:** 01 de maio de 2018

**Palavras chave:** Didática, motivação, interdisciplinaridade.

**E-mail:**  
shalicza@yahoo.com.br,  
jorbiologia@hotmail.com,  
alisson-cz2010@hotmail.com

ISSN 2007-9842

© 2018 Institute of Science Education.  
All rights reserved

## ABSTRACT

It is a consensus among researchers in the area of Education that motivation is one of the relevant parameters for learning. Based on this premise and believing that diagnoses by images, specifically tomographies, can arouse the curiosity of the students, we present in this work a proposal of Didactic Sequence (DS) for the interdisciplinary teaching of Sciences. The methodology used was the bibliographical research to relate the possible physical, chemical and biological concepts that could explain the obtaining of the image obtained by a CT scan. In the DS proposed here we also value the historical aspects of the development of Modern Physics, generally forgotten by textbooks, as shown, for example, in the collection adopted in the city of Paranavaí / PR. As a result, it is hoped that this work may help science teachers to develop an interdisciplinary activity with pillars of Vygotsky's learning theory.

É consenso entre os pesquisadores da área de Ensino que a motivação é um dos parâmetros relevantes para a aprendizagem. Partindo desta premissa e acreditando que os diagnósticos por imagens, especificamente as tomografias, possam suscitar a curiosidade dos alunos, apresentamos neste trabalho uma proposta de Sequência Didática (SD) para o ensino interdisciplinar de Ciências. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica para relacionar os possíveis conceitos físicos, químicos e biológicos que possam explicar a obtenção da imagem obtida por um exame de tomografia computadorizada. Na SD aqui proposta também valorizamos os aspectos históricos do desenvolvimento da Física Moderna, geralmente esquecida pelos livros didáticos, como mostra, por exemplo, a coleção adotada no município de Paranavaí/PR. Como resultado, espera-se que este trabalho possa ajudar professores de Ciências a desenvolver uma atividade interdisciplinar com pilares da teoria de aprendizagem de Vigotsky.

## I. INTRODUÇÃO

Partindo da premissa de que a melhoria da qualidade de vida da população está diretamente relacionada com o aumento do seu conhecimento, o sistema educacional brasileiro tem grandes desafios.

A precariedade do processo educacional brasileiro é compartilhada entre os pesquisadores e professores que atuam na sala de aula. De fato, a ineficiência do processo ensino aprendizagem, no Brasil, pode ser medida em números.

Se por um lado, avaliações externas podem gerar discussões quanto sua eficácia, por outro, os resultados do Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes, conhecido abreviadamente por PISA, mostram que estamos ladeados pelos piores. O Brasil está entre os países com os mais baixos índices de aproveitamento, como demonstram os relatórios oficiais (Inep/Mec, 2018).

Porém, os motivos que levaram e ainda levam o Brasil a apresentar este quadro resultam de vários fatores relacionados entre si, de maneira completamente complexa e não consensual entre a comunidade educacional.

Não é objetivo deste trabalho discutir essa intrincada e complexa questão, mas é relevante destacar o problema de interpretação dos fundamentos das teorias conhecidas por ‘construtivistas’, as quais não valorizam metodologias didático-pedagógicas que transmitem o conhecimento de forma diretiva professor – aluno. Ao invés disso, as metodologias didático-pedagógicas, consideradas construtivistas, principalmente para a aprendizagem de Ciências, valorizam processos onde o aluno ‘descobre’ as leis pela observação num processo de indução. Essa premissa está em consonância com os fundamentos de uma Ciência empirista-indutivista, criticada pelos epistemólogos do século XX, mas tão presente nos atuais métodos de ensino (Silveira, Ostermann, 2002).

As teorias conhecidas por ‘construtivistas’ se desenvolveram depois dos trabalhos de Carl Rogers, Paulo Freire, Ausubel, entre outros, mas principalmente, depois dos trabalhos de Piaget. Portanto, podemos dizer que existem várias teorias construtivistas, que compartilham de algumas ideias: (i) o aluno, quando aprende de maneira significativa, não reproduz simplesmente o que lhe foi ensinado, mas constrói significados para suas experiências; (ii) compreender algo significa estabelecer relações entre o que está aprendendo e o que já se sabe.

As premissas por trás destas concepções são de que o aluno é o autor do seu próprio conhecimento. Para Gaspar (1997), a teoria de aprendizagem de Piaget preconiza que o aluno, colocado no centro do processo de aprendizagem, situa-se também no centro do processo de ensino. Ou seja, o aluno não deveria ser apenas o responsável pela sua própria aprendizagem, como implícita ou explicitamente apregoam os projetos curriculares e a instrução programada, mas ele, ou melhor, a sua estrutura de pensamento, deveria ser também o balizador do ensino. Para o autor citado, a centralização da aprendizagem no aluno, promoveu o esvaziamento do currículo e a expropriação do papel do professor como protagonista da transmissão do conhecimento. Ele ressalta que, praticamente, todas as propostas de ensino de física destes últimos cinquenta anos têm relegado o papel do professor, tornando-o alguém com a simples função de organizar ou gerenciar o processo educacional. Neste contexto, o professor deixa de ser um mediador entre o aluno e o patrimônio intelectual mais elevado da humanidade, para ser um organizador de atividades que promovam o que alguns chamam de negociação de significados construídos no cotidiano dos alunos.

Podemos dizer que, no Brasil, ao interpretarmos as teorias construtivistas, fizemos uma confusão entre os processos cognitivos de aprendizagem com as metodologias de aprendizagem.

Este caldo eclético torna o construtivismo uma metodologia didático-pedagógica sem uma identidade específica.

Para El-Hania e Bizzo, o construtivismo tem-se valido, na esfera educacional, de ‘slogans’ dos quais é difícil discordar, mas que, com o tempo, passaram a ter entendimento cada vez mais literal, até esvaziarem-se de significado (El-Hania, Bizzo, 2002).

Não é de se estranhar que, nesse contexto ideológico alienante, a difusão do construtivismo no Brasil tenha recorrido muito mais ao processo de sedução dos leitores pelos textos de autores construtivistas do que ao processo de convencimento pela via da argumentação racional e teoricamente fundamentada (Rossler, 2006).

Somando-se a estes equívocos metodológicos, o ensino de Ciência, assim como qualquer outra área do conhecimento, sofre com jogos políticos.

As políticas públicas educacionais do Brasil motivam uma educação fragmentada, reducionista e precária quanto a transmissão dos saberes. Por outro lado, valorizam as pedagogias do ‘aprender a aprender’ cuja tônica é a negação da pedagogia chamada ‘tradicional’. Estas recentes pedagogias estão de acordo com os ideais escolanovistas, mas isto não indica um anacronismo entre elas, e sim com o universo ideológico contemporâneo porque assumiram novos sentidos, mas reforçam a essência da pedagogia construtivista.

Diante da complexidade envolvida nestas questões que permeiam o processo ensino e aprendizagem e a falta de um consenso sobre o papel da escola, ou das habilidades e competências a serem, por ela, desenvolvidas, resultam em inúmeras ilhas que ficam a mercê das efemeridades das políticas públicas locais.

De fato, Zanatta *et al.* (2014) mostraram que muitos acidentes domésticos poderiam ter sido evitados, se os protagonistas soubessem alguns conceitos científicos. Ou seja, a escola não está fazendo seu papel de levar o aluno a construção de um conhecimento contextualizado para melhorar sua qualidade de vida. Ensinar conteúdos que não tenham

utilidade no cotidiano do aluno tornou-se uma atitude antipedagógica. Como o professor não teve formação adequada para abordar um tema de forma ampla e contextualizada em seu saber, as metodologias didático-pedagógicas promovem uma dinâmica reducionista quanto a transmissão dos saberes. A escola acaba focalizando um determinado problema cotidiano do aluno sem dar subsídios teóricos sobre os conceitos envolvidos. Por outro lado, o resultado mais importante do trabalho de Zanatta *et al.*, foi utilizar os acidentes, pesquisados pelos alunos participantes de um projeto, como agentes motivadores do processo ensino aprendizagem de Ciências quanto seus conceitos teóricos. A motivação gerada pela comoção, favoreceu as discussões dos conteúdos envolvidos de forma interdisciplinar, facilitando a interação entre os conteúdos abordados. Como consequência disto, observou-se uma diminuição acentuada da indisciplina na sala de aula, relatada pelos professores, como um dos parâmetros mais adverso para promover a aprendizagem.

Na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak, a aprendizagem é facilitada quando o aluno demonstra predisposição para aprender. Na hipótese de Novak, quando o aprendiz tem ganhos em compreensão, a experiência afetiva é positiva e intelectualmente construtiva, caso contrário, a sensação afetiva negativa gera sentimentos de incapacidade por não estar aprendendo o novo conhecimento e, podem prejudicar aprendizagens futuras.

Assim, acreditamos que pequenas atitudes, podem fazer a diferença na qualidade do processo ensino aprendizagem. O professor deve estabelecer vínculos cognitivos entre o aluno e os conteúdos apresentados.

Neste contexto, este trabalho é uma proposta de sequência didática (SD) para o ensino das Ciências, onde diagnósticos médicos por imagem, com ênfase na tomografia computadorizada, serão utilizados para motivar as discussões dos diversos conceitos envolvidos. É papel do professor relacionar, dimensionar e transmitir os conceitos que devem ser abordados dentro do tema motivador para estudantes do ensino médio.

## II. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Uma sequência didática é composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que os alunos executam com a mediação do professor. Neste trabalho nossa proposta é desenvolver uma sequência didática nos preceitos do construtivismo ao mesmo tempo em que o professor tem o protagonismo na transmissão do conhecimento. Para isso, é necessário o professor ter amplo conhecimento sobre diferentes temas da Ciência: número atômico, ligações químicas, densidade, radiações eletromagnéticas ionizantes e não ionizantes, dualidade onda-matéria, efeito fotoelétrico, efeito Compton, produção de pares, funcionamento e estrutura química da célula, unidades de energia, doses

As atividades que fazem parte da sequência são ordenadas de maneira a aprofundar o tema que está sendo estudado e contemplam várias estratégias metodológicas: leituras, discussões, simulações computacionais, produção de mapa conceitual e de textos, etc. Assim o tema será tratado durante um conjunto de 06 aulas de modo que o aluno se aprofunde e se aproprie dos conceitos envolvidos.

Segundo Zabala (1998) as sequências didáticas são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.

## III. DIAGNÓSTICOS POR IMAGENS

Um diagnóstico é a determinação ou descrição técnica concisa das causas ou manifestações de um problema, considerado uma anomalia. Na medicina a identificação de uma doença é reconhecida, principalmente pelos seus sintomas (Miller, 2003).

A 'imagem' é definida como uma representação da absorção diferenciada da energia pelo material biológico ao qual está sendo analisado. Resumidamente, o processo de obtenção de uma imagem consiste na obtenção de pontos com vários tons de cinza que representam a absorção da onda eletromagnética local (Rocha, 2006). Ou seja, estamos falando

de um processo onde ocorre interação entre a energia incidente e o material analisado. Os resultados dessa interação dependem dos valores da energia incidente, portanto da forma como ela é produzida. A forma como será detectada, depois que atravessou o material, determina o nome específico do exame.

Na Tabela I, elaboramos um resumo que relaciona a faixa de energia utilizada com o nome do exame, a evolução dos dados para a formação da imagem e os resultados esperados do exame. Estas energias chamadas de exploradoras, têm a propriedade de “atravessar” o corpo humano podendo ser registradas por detectores dos equipamentos e serem transformadas em imagens anatômicas e funcionais.

**TABELA I.** Principais métodos de diagnóstico por imagens.

ENERGIA	EXAME	EVOLUÇÃO	RESULTADO
RAIOS X EXAMES DE RADIOLOGIA	-radiografia -mamografia -tomografia -angiografia	Atenuação devido a diferentes densidades: pele, osso, músculo, etc.	Pontos mais claros e escuros devido a diferentes densidades do material alvo.
RAIOS GAMA	-Medicina nuclear -(Pósitron electron Transmissiton) PET	Função ou afinidade química – receptores processos metabólicos.	Captação
ONDAS DE ULTRASON	-ecografia	Impedância acústica	ecogeneidade
MAGNETISMO E ONDAS DE RADIOFREQUÊNCIA	-ressonância magnética	Átomos ou prótons de hidrogênio	Intensidade do sinal devido ao alinhamento do material alvo com o campo magnético.

FONTE: elaborada pelos autores.

Vemos da tabela 1 que os raios X são responsáveis por vários exames diagnósticos. Dependendo do lugar a ser examinado, a experiência mostra, que os raios X devem ter uma energia específica. Porém, este assunto não está totalmente esgotado.

As relações entre energia dos raios X e os resultados da interação com o tecido biológico continuam despertando atenção dos pesquisadores que buscam a otimização da imagem com o tempo de exposição do paciente aos raios X.

A característica mais importante para essa ampla utilização dos raios X é seu baixo custo de produção e sua atenuação ser fortemente dependente do número atômico do meio.

Infelizmente nenhum método pode resolver todos os problemas clínicos nem serve para estudar todos os órgãos e suas patologias. Cada método tem um uso específico, por esse motivo cada exame tem uma maior ou menor sensibilidade para detectar cada patologia.

Os raios X foram observados pelo físico Wilhelm Conrad Roentgen, em 1895, quando viu uma inesperada luminosidade numa tela com platinocianeto de bário num laboratório completamente escuro.

Numa tentativa de elucidar a origem desse fenômeno, resolveu colocar sua mão na frente de um tubo, conhecido como ampola de Crookes, e pôde ver seus ossos projetados na tela. Roentgen supôs que a ampola de Crookes produzia raios misteriosos e invisíveis ao olho humano, denominado raios X. O efeito inusitado e a simplicidade dos primeiros aparelhos levaram as pessoas ao êxtase, fazendo-os presentear pessoas queridas com a fotografia especial.

Conforme Rezende (2009), era comum entre namorados, a troca de fotografias das mãos feitas com os raios X.

Lojas de material fotográfico ofereciam componentes para a montagem de um aparelho simples de raios X que permitia reproduzir as experiências de Roentgen. No livro *The story of X-rays from Roentgen to Isotopes*, de 1960, Alan

Bleich, relata que a radiografia passou a ser objeto de curiosidade e até de preocupação, pois invadia a privacidade do corpo humano, oferecendo do mesmo uma representação fotográfica inestética (Bleich, 1960). O fato levou várias lojas a produzirem peças íntimas antirraio-x e projetos de Lei proibindo seu uso.

Em junho de 1896, estes raios misteriosos, passaram a ser usados pelos médicos para localização de balas nos soldados feridos, o que representou um grande avanço para a medicina e odontologia.

A evolução dos aparelhos de raios X seguiu com o desenvolvimento de equipamentos cada vez mais potentes e de maior qualidade, ladeada pela introdução dos computadores na realização de cálculos mais precisos para medir a diferença de intensidade dos fótons de raio X antes e depois de terem atravessado um corpo material.

A partir daí, são geradas imagens radiográficas de órgãos internos (coração, rins, cabeça, ossos, etc.), o que no Brasil recebe o nome de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, conforme o Conselho Regional de Medicina (Mello Jr., 2010).

A técnica da utilização do raio X como meio de formação da imagem tem se aprimorado a cada dia e tem se tornado importante para outras áreas além da medicina.

#### **IV- A TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**

A Tomografia, derivada da palavra grega “Tomos”, que significa corte ou fatia, e “Grafos”, que significa desenhar uma imagem ou gráfico, emprega os mesmos princípios da radiografia convencional. A diferença está na qualidade das imagens produzidas por ambas as técnicas. Tanto na radiografia quanto na Tomografia Computadorizada (TC) o objetivo é fazer com que os raios X atravessem um meio material e, então, seja observado ponto a ponto, formando uma imagem com pontos de diferentes cores. As cores variam entre o branco e o preto e representam as diferentes atenuações sofridas pela radiação incidente ao atravessar o meio. Afinal, diferentes densidades correspondem a diferentes valores de absorção, onde o branco seria a ausência do raio X incidente, o que significaria, que naquele ponto, ele foi completamente absorvido pelo meio.

A forma como coletamos estes pontos determina a qualidade da imagem obtida. Godfrey Hounsfield, em 1972, observou que muita informação era perdida quando os raios X, depois que atravessavam um material, reagiam com uma chapa fotográfica. A Tomografia Computadorizada utiliza sensores que informam o computador sobre a atenuação de cada ponto, processando grande volume de informações, permitindo-se assim a visualização de alterações internas do organismo humano sem invadi-lo (Mourão, 2007).

Na Tomografia Computadorizada, o feixe de raios X que atravessa o corpo é muito colimado e fino, reduzindo sobremaneira a produção de raios secundários que degradariam a imagem. O raio X atenuado é captado por detectores de fótons e as medidas de atenuação tissular são calculadas e armazenadas no computador.

Em 20 de abril de 1972 em um congresso anual do British Institute of Radiology, as primeiras imagens foram mostradas, causando muita empolgação, a repercussão ganhou destaque no jornal “Times” no dia seguinte, com a foto do primeiro aparelho em uso que adquiria uma imagem em 6 minutos com reconstrução da imagem de 2 minutos, pois um computador mais eficiente já havia sido adicionado ao sistema.

No Brasil, o primeiro tomógrafo foi instalado em São Paulo no hospital da Real e Benemérita Sociedade Portuguesa de Beneficência, em 1977. Logo depois no Rio de Janeiro, o qual iniciou seu funcionamento em 28 de julho de 1977, na Santa Casa de Misericórdia.

Só para se ter uma ideia do desenvolvimento cronológico, no Brasil, o primeiro aparelho de raios X para a radiografia comum foi instalado em 1897 na cidade de Formiga, em Minas Gerais. Os ensinamentos relacionados à radiologia tiveram início em 1903, com a primeira aula de radiologia proferida aos alunos do terceiro ano da Faculdade de Medicina da Bahia. A década de 1930 foi marcada por grandes avanços para a radiologia brasileira.

Como conceito geral podemos manifestar que a Tomografia Computadorizada permite a reconstrução por meio de um ordenador, de um plano tomográfico de qualquer objeto, sendo um exame de imagem ideal para investigar possíveis patologias em cavidades corporais, onde os órgãos de interesse podem não ser acessíveis a técnicas superficiais

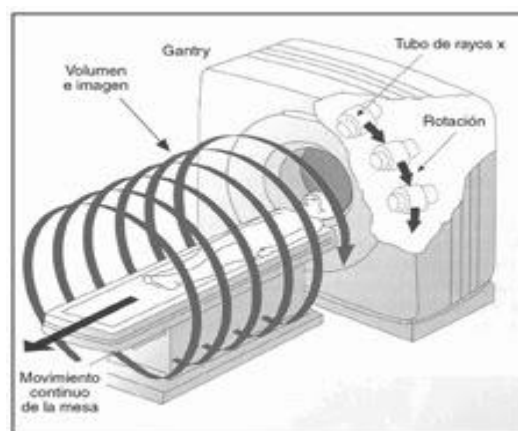
de imagem como por exemplo a ultrassonografia. Essas cavidades incluem o crânio, tórax, abdome e pelve, podendo fazer a análise de lesões cranianas, suspeitas de hemorragias subaracnóideas, cálculos uretéricos, traumas cervicais agudos da coluna, suspeitas de apendicite. Podendo ainda diferenciar várias estruturas de tecidos moles e fornece excelentes detalhes ósseos.

A tomografia computadorizada produz detalhamento anatômico minucioso, com resolução em alto contraste, de todas as partes do corpo. Produz imagens tomográficas da cabeça, pescoço, tórax, abdome, pelve e extremidades, sendo utilizada para a realização de diagnósticos preferencialmente precoces, quando outros métodos diagnósticos seja eles clínicos ou laboratoriais, são insuficientes ou necessitem de complementação diagnóstica por métodos de imagem específicos (Stimac, 1994).

Em literaturas mais antigas pode ser encontrado o termo tomografia computadorizada axial (CAT), que é um procedimento de diagnóstico por imagem que utiliza raios X para construir imagens transversais do corpo, baseando-se no princípio fundamental de que a densidade do tecido atravessada pelo feixe de raio X pode ser medida a partir do coeficiente de atenuação.

Os equipamentos de Tomografia Computadorizada sofreram várias mudanças ao decorrer dos anos, melhorando principalmente o tempo para a obtenção da imagem. No entanto o grande passo evolutivo da Tomografia Computadorizada aconteceu no início dos anos 90 com a chegada de tomógrafos com multidetectores que garantiram a possibilidade de aquisição de imagens simultâneas de múltiplos cortes e criação de novos protocolos de exames (Nobrega, 2005).

De acordo com a revista brasileira de Psiquiatria, com a evolução tecnológica, é possível adquirir através da tomografia computadorizada imagens através da técnica de varredura espiral (ou helicoidal). Essa inovação permite realizar o exame em aproximadamente três minutos, facilitando o exame em pacientes agitados.



**FIGURA 1.** Desenho esquemático da produção do raio X num Tomógrafo.

FONTE: <http://leonardoflor.blogspot.com/2011/10/tomografia-computadorizada-helicoidal.html> (acesso em 10/07/2018).

## V. OS CONCEITOS ENVOLVIDOS

Os raios X são uma forma de energia que se propagam como ondas eletromagnéticas. A luz visível, as ondas de rádio, micro-ondas, raios X, radiação gama, são exemplos de ondas eletromagnéticas que viajam no espaço vazio com a mesma velocidade ( $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ) e são da mesma natureza (veja Figura 2).

Ou seja, são oscilações de campo elétrico e campo magnético, perpendiculares entre si e com a direção de propagação.

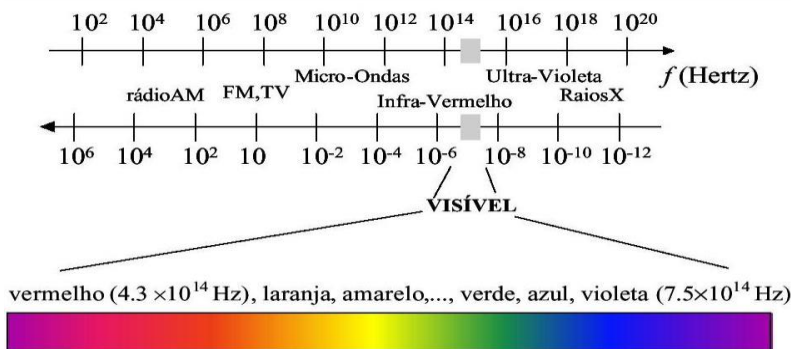
De acordo com as leis básicas da física, a variação do campo elétrico, produz um campo magnético diretamente proporcional. Ou seja, se uma carga elétrica se mover num movimento de vai e vem numa frequência de 100 Hz, produzirá uma onda eletromagnética com frequência de 100 Hz. O campo elétrico é uma consequência da existência da

carga elétrica, como uma propriedade da natureza. Porém, não existe carga magnética. O campo magnético é um efeito que aparece com a variação do campo elétrico. Podemos dizer que o campo magnético é um efeito relativístico do movimento da carga elétrica e não uma propriedade física da matéria, assim como o campo elétrico.

O olho humano consegue ver apenas uma estreita faixa do espectro, desde a luz vermelha com  $4,3 \times 10^{14}$  Hz (Hertz) e comprimento de onda de  $7 \times 10^{-6}$  m até a cor azul com frequência de  $7,5 \times 10^{14}$  Hz e comprimento de onda  $4 \times 10^{-6}$  m. A luz visível branca é a soma de todas as cores dentro deste intervalo e, qualquer outra cor observada pelo olho humano, é uma composição entre estas. Devido às ondas serem todas da mesma natureza, podemos chamar de luz todos os comprimentos de onda, independentemente de ser observada ou não pelo olho humano.

A nomenclatura diferenciada das ondas eletromagnéticas é devido a diferentes energias e, portanto, modos de produção.

A Figura 2 mostra uma relação entre o comprimento de onda, a frequência e o nome do intervalo ao qual pertencem. Não existe um limite bem preciso ou definido para dizer até que valor a onda eletromagnética pertence a faixa do ultravioleta ou do raio X. Esta nomenclatura está mais associada a forma de produção da onda.



**FIGURA 2.** Espectro eletromagnético – alguns comprimentos/frequências de ondas eletromagnéticas.

Fonte: <https://bioinformaticacc.wordpress.com/2012/05/31/espectro-eletromagnetico/> acesso em 20 de agosto de 2018.

A expressão (1), mostra a relação simples entre a frequência ( $f$ ) de uma onda eletromagnética e sua energia ( $E$ ):

$$E = hf \quad (1)$$

Onde  $h$  é a constante de Planck ( $6,6 \times 10^{-34}$  joule/segundo).

A velocidade da onda no vácuo é representada pela letra 'c' e implica numa das mais importantes constantes da física. A relação matemática entre o comprimento de onda, simbolizado por  $\lambda$  (lâmbda), e sua frequência é dada por:

$$c = \lambda \cdot f \quad (2)$$

Onde  $c$  é a velocidade da luz se propagando no vácuo ( $c = 3 \times 10^8$  m/s);

$\lambda$  é o comprimento da onda dada em metros

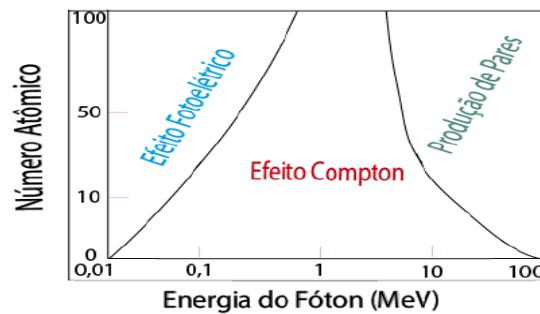
$f$  é a frequência dada em Hertz que corresponde 1/segundo.

Podemos observar de (2) que quanto maior o comprimento da onda, menor a frequência, portanto menor a energia da onda eletromagnética.

Na verdade, numa linguagem mais moderna, podemos dizer que a energia em (1) representa a energia de uma distribuição de fótons. De acordo com a Física Moderna, a onda eletromagnética, em algumas situações, se comporta como constituída por partículas, denominadas fótons que funcionam como pacotes de energia.

Os raios X médicos são originados no interior de um tubo geralmente de vidro resistente ao calor, lacrado a vácuo que contém o anodo e o catodo soldados no corpo de tubo a uma distância determinada um do outro em posição oposta. O choque de elétrons acelerados contra um obstáculo, geralmente metal, resulta na formação dos raios X. Tecnicamente falando, tempo como produzir em laboratório raios X com um vasto intervalo de energia.

Essa colisão retira elétrons de camadas internas dos átomos do metal (da placa), causando ‘buracos’ que são logo preenchidos com elétrons de camadas mais externas ou mais energéticas. Isto exige que o elétron emita o excesso de energia na forma de raios X. Dependendo do valor dessa energia, podemos observar efeitos relacionados a interação onda-matéria, mas que só podem ser explicados se as ondas incidentes apresentarem um comportamento corpuscular, veja Figura 3.



**FIGURA 3.** Representação dos efeitos da interação onda-matéria de acordo com a energia do fóton da onda incidente.  
Fonte: (Joiner, Kogel, 2009).

A tomografia computadorizada emprega os raios X de maneira que o aparato produtor destes se encontra dentro de uma peça chamada ‘gantry’ (aquela que o paciente ingressa no momento de realizar o exame, conforme representa Figura 1).

Quando o tubo de raios X começa a emitir os elétrons, estes atravessam os tecidos humanos e a informação é recolhida por um sistema de detectores, ligados a um sistema de computador que converte a informação em imagem.

De acordo com profissionais da área da radiologia, este método de imagem é de alto custo físico e logístico, além de ser um procedimento formatado em emissão de radiação com possíveis riscos inerentes. O médico deve levar em conta o custo – benefício desses exames diagnósticos levando em consideração todos parâmetros relevantes.

## VI. METODOLOGIA

Aqui vamos apresentar um resumo sucinto sobre a distribuição dos conteúdos que serão abordados em 06 aulas de aproximadamente 50 minutos cada. É importante salientar que priorizamos o diálogo como principal metodologia didático-pedagógica.

Aula 1- Na primeira aula propomos discutir os conceitos físicos e a natureza das ondas eletromagnéticas: comprimento, frequência, energia. Para isto, vamos usar diversos textos de livros didáticos, dialogando sobre seus conteúdos abordados. É importante ressaltar e diferenciar o conceito de ‘radiação’ e irradiação, distinguindo radiação natural da radiação produzida em laboratório para fins diagnósticos ou de tratamento médico.

Aula 2 – Na segunda aula vamos explorar os valores da energia para cada modo de produção da onda. Por exemplo, ondas produzidas devido a transição eletrônica dos elétrons na eletrosfera dos átomos, por movimento de rotação ou translação das moléculas e por decaimento nuclear. Assim, é importante distinguir a energia dos raios X, raios  $\gamma$  e infravermelho, por exemplo, salientando energias ionizantes e não ionizantes. O site: <http://lief.if.ufrgs.br/~jader/> é um curso de radiologia que poderá ajudar com textos disponíveis sobre este tema.



Aula 3 – Aqui vamos discutir o caráter dual das ondas eletromagnéticas por meio do efeito fotoelétrico, Compton e produção por pares. Discutir os limites e as consequências da onda, ora se apresentar, como partículas, chamada fótons, ora como ondas.

Vamos utilizar aplicativos, disponíveis na rede mundial de computadores, para visualizar o efeito fotoelétrico, representativo para a característica dual da onda eletromagnética. O aplicativo [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric), poderá nos ajudar a observar as condições em que o efeito fotoelétrico acontece.

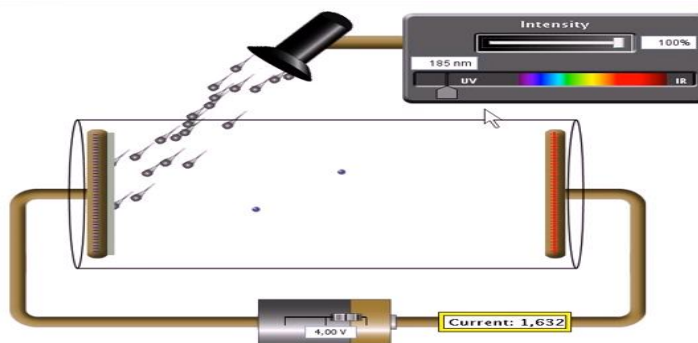
## VI.1 Efeito Fotoelétrico

A explicação satisfatória para o efeito fotoelétrico, foi dada em 1905 por Albert Einstein, e por esta explicação, ganhou o prêmio Nobel de Física em 1921 e revolucionou toda a medicina. Diagnósticos e tratamentos sofreram a maior revolução da história da humanidade a partir desta descoberta.

Pelas teorias clássicas não seria possível que uma radiação (luz), na forma de ondas (fluxo contínuo de energia) fosse capaz de retirar elétrons de um material assim que a onda incidisse neste material. Se a energia fosse de fluxo contínuo, (como se acredita antes da explicação de Einstein) haveria um lapso de tempo para que os elétrons recebessem energia suficiente para saltar de suas camadas para outras mais energéticas.

As observações mostravam que os saltos eram imediatos, assim que a luz incidisse na matéria, (a ocorrência, depende de condições específicas da energia da onda e do material alvo). Outra observação foi que a energia dos elétrons que saltam não dependia da intensidade da luz incidente, apenas da sua cor. Ou seja, quanto mais luz incidente, mais elétrons saltam, mas todos com a mesma energia para uma determinada cor. A figura 4 representa este resultado.

Quando a luz no infravermelho (independente da intensidade) incide sobre a placa metálica não consegue retirar elétrons. Apenas a luz ultravioleta consegue retirar elétrons e produzir uma corrente elétrica de 1,632V. Este resultado depende do material da placa alvo. Diferentes metais, diferentes resultados são observados.



**FIGURA 4.** Esquema demonstrativo do efeito fotoelétrico.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=bnR1syXU5dU>.

O efeito fotoelétrico é verificado com elétrons fortemente ligados ao núcleo atômico e ocorre com mais facilidade quando a energia da luz incidente for ligeiramente maior do que a energia de ligação dos elétrons mais ligados. Isto significa que para observarmos a ocorrência do efeito fotoelétrico, algumas condições específicas devem ser satisfeitas.

## VI.2 Efeito Compton

Tanto o efeito fotoelétrico quanto o efeito ou espalhamento Compton, só podem ser explicados quando consideramos que a onda tem um comportamento corpuscular (fótons).

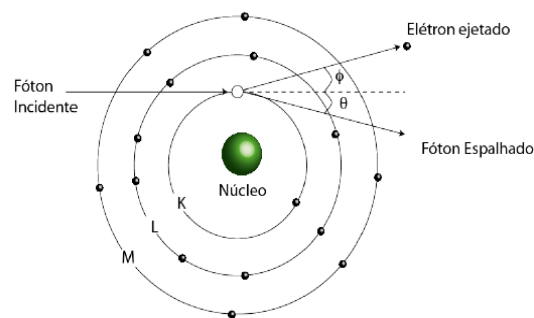
O efeito Compton ocorre quando um fóton interage com um elétron fracamente ligado ao núcleo do átomo. Nesse caso, o fóton perde uma fração de sua energia e muda sua trajetória original. O elétron é ejetado do átomo ao adquirir energia.

Neste caso também ocorre uma ionização.

Este fenômeno foi descoberto em 1923 por Arthur Holly Compton, depois que ele realizou alguns estudos sobre a interação radiação-matéria. Ele percebeu que quando um feixe de raios X incide sobre um alvo de carbono, sofria um espalhamento cuja frequência dos raios X espalhados era sempre menor do que a frequência dos raios X incidentes, dependendo do ângulo de desvio.

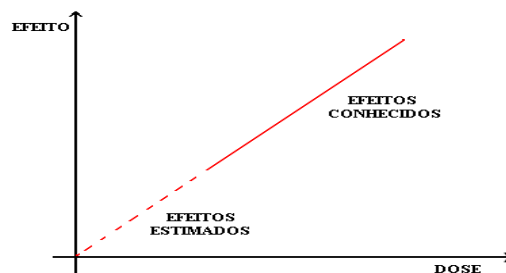
Assim, definimos o efeito Compton como a diferença entre o comprimento de onda da luz incidente e o comprimento de onda observado, num determinado ângulo, depois da interação com a matéria.

A Figura 5 mostra um esquema do efeito Compton.



**FIGURA 5.** Esquema do efeito Compton.

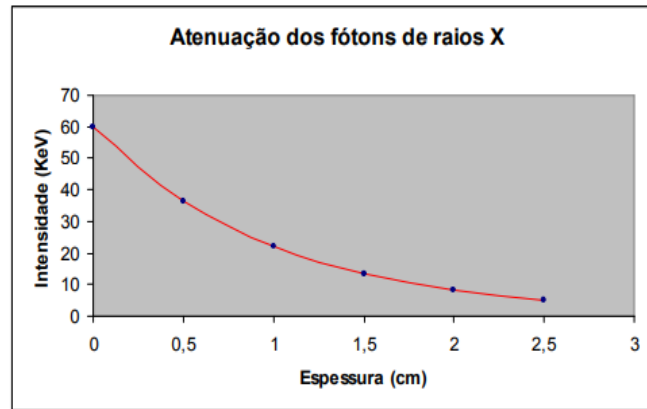
Aula 4 – Nesta aula vamos discutir alguns efeitos biológicos da interação onda-matéria. Devido a complexidade deste tema e sua vasta aplicabilidade, vamos nos deter apenas aos raios X. Vamos discutir conceitos sobre doses, energias, funções biológicas das células, efeitos da interação onda-matéria em função do tempo e a proteção radiológica e entender o papel do chumbo neste processo. Os gráficos abaixo guiarão essas discussões.



**GRÁFICO 1.** Correlação entre dose e efeito da radiação sobre o tecido humano.

Fonte: Bagnato, V. S. (2008).

O gráfico 2 mostra como a intensidade do feixe decai com a espessura da barreira de proteção feita de chumbo.



Atenuação dos fótons de raios X com energia de 60 keV em função da espessura de uma blindagem de chumbo

**GRÁFICO 2.** Modelo esquemático da atenuação sofrida pelos raios X em função da espessura do chumbo.

Fonte: Firmino, M., Pereira, S., Valentim, R. (2012).

Aula 5 – Nesta aula vamos apresentar um exame obtido pela Tomografia Computadorizada para que os alunos possam observar e opinar sobre seus resultados. É importante aqui que eles observem manchas diferenciadas e as correlacionem com a diferença de atenuação dos raios X ao atravessarem diferentes tecidos biológicos.

Aula 6 – Nesta última aula, vamos pedir para que os alunos construam um mapa conceitual.

O mapa conceitual é uma estrutura esquemática utilizada na representação de um conjunto de conceitos imersos numa rede de proposições. É considerado como um estruturador dos conceitos, na medida em que permite mostrar como o conhecimento sobre determinado assunto está organizado na estrutura cognitiva de seu autor, que assim pode visualizar e analisar a sua profundidade e a extensão. Ele pode ser entendido como uma representação visual utilizada para partilhar significados, pois explicita como o autor entende as relações entre os conceitos enunciados. O ideal é que este mapa seja confeccionado individualmente, mas posteriormente compartilhado entre todos. É aqui, que o professor verificará se houve ou não a aprendizagem significativa.

## VII. RESULTADOS ESPERADOS

Este trabalho objetiva orientar professores de Ciência a desenvolver uma metodologia, fundamentada no construtivismo, a promover a aprendizagem significativa do aluno. Definimos aqui como aprendizagem significativa aquela em que o aluno consegue relacionar significados e conceitos científicos numa situação contextualizada com sua vida.

Não esperamos que este trabalho represente um fim, mas o início de um caminho que leve o professor a refletir sobre suas ações pedagógicas e seu papel na transmissão dos conhecimentos. Entendemos que a qualidade de operação desta proposta de sequência didática depende diretamente da quantidade de informações que o professor tem sobre o tema. Quanto mais conhecimento, mais relações o professor vai apontar entre os conteúdos abordados.

## VIII. CONCLUSÕES

A qualidade do processo educacional está diretamente relacionada com a qualidade de formação do professor. É este sujeito que deve protagonizar o processo ensino aprendizagem mesmo quando falamos em construtivismo. Não podemos permitir que o professor confunda métodos construtivistas com construção cognitiva do conhecimento.

Elencar conteúdos, transmiti-los de forma adequada, conduzir diferentes atividades para atingir o maior número de alunos, avaliar e retroceder num movimento de idas e vindas para que alunos, professores e comunidade científica compartilhem dos mesmos significados científicos é um exercício do professor construtivista. Mas sua dinâmica de

trabalho deve contemplar a transmissão do conhecimento acumulado pela sociedade. O professor também deve ter conhecimento da epistemologia das Ciências para não impor métodos didáticos metodológicos em consonância com o desenvolvimento da ciência empírica indutivista como a única forma de abordagem científica.

Na verdade, pode se afirmar que não há um método científico único que oriente a atividade e construção do conhecimento científico, assim como não há um único método didático para ensinar Ciência. O professor deve ter conhecimento de vários métodos, os quais devem valorizar diferentes desenvolvimentos cognitivos do aluno, sua imaginação, intuição, razão. Este trabalho apenas, indica um dos possíveis caminhos e procura mostrar que o conhecimento do professor é fundamental para as possíveis escolhas. Precisamos de professores com conteúdo científico, didático, filosófico e histórico sobre as Ciências.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná; Fundação de Apoio à UNESPAR, Campus Paranaíba e a UNESPAR ao apoio concedido à apresentação deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Bagnato, V. S. (2008). *Novas técnicas ópticas para as áreas da saúde*. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física.
- Bleich, A. (1960). *The story of X-rays from Roentgen to isotopes*. New York: Dover Publications.
- El-Hania, C. N., Bizzo, N. M. V. (2002). Formas de construtivismo: Mudança conceitual e construtivismo contextual. *Rev. Ensaio*, Belo Horizonte, 4(1), 40-64.
- Firmino, M., Pereira, S., Valentim, R. (2012). Sistema de comunicação e arquivamento de imagens médica: Visão introdutória e usabilidade no sistema de saúde brasileiro. In: *VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*. Porto Nacional: Instituto Federal do Tocantins. Disponível em: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/schedConf/presentations>>. Acesso em: 15 junho 2018.
- Gaspar, A. (1997). Cinquenta anos de ensino de Física: Muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. *XV Encontro de Físicos do norte e Nordeste*. pp. 1-13. Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/351678/m>.
- Brasil. Inep/Mec. (2018). *Censo escolar da educação básica 2016: Notas estatísticas*. Brasília: MEC. pp. 28.
- Joiner, M., Kogel, A. V. (2009). *Basic clinical radiobiology Great Britain*. Londres: Hodder Education.
- Mello, Jr, C. F. (2010). *Radiologia básica*. Rio de Janeiro: Revinter,
- Miller, B.F. (2003). *Enciclopédia & dicionário para enfermeiros & outros profissionais da saúde*. São Paulo: Roca.
- Mourão, A. P. (2007). *Tomografia computadorizada. Tecnologias e aplicações*. São Caetano do Sul: Difusa.
- Moreira, M. A. (1995). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. Porto Alegre: UFRGS.

- Nobrega, A. I. (2005). *Manual de tomografia computadorizada*. São Paulo: Atheneu/Centro Universitário São Camilo.
- Rezende, J. M. (2009). *À sombra do plátano: Crônicas de história da medicina* [online]. São Paulo: Unifesp. Disponível em: SciELOBooks.
- Reiser, S. J. (1978). *Medicine and the Reign of technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rocha, C. A. (2006). Conceitos físicos envolvidos nas contribuições da física nuclear para diagnósticos médicos. *Integração*, 44, 65-80.
- Silveira F. L. & Ostermann F. (2002). A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 19, 7-27.
- Stimac, G. K. (1994). *Introdução ao diagnóstico por imagens*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Zabala, A. (1998). *A prática educativa: Como ensinar*. Porto Alegre: ArtMed. Trad. Ernani F. da Rosa.
- Zanatta, S. C., Royer, M. R & Pires, M. M. Y & Nagashima, L. A. (2014). Accidentes de trabalho x ciência. Um relato de experiência. *Diálogos & Saberes*, 10, 27-34.