

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
CAMPUS DE PARANAVAI
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR - PPIFOR**

JORDANA ALVES DE QUEIROZ DOURADO

UMA PROPOSTA STEAM: TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

JORDANA ALVES DE QUEIROZ DOURADO

**PARANAVAI
2019**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DOPARANÁ
CAMPUS DE PARANAVAIÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR – PPIFOR**

UMA PROPOSTA STEAM: TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

JORDANA ALVES DE QUEIROZ DOURADO

**PARANAVAIÍ
2019**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
CAMPUS DE PARANAVÁI
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR - PPIFOR**

UMA PROPOSTA STEAM: TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Texto de dissertação apresentado por Jordana Alves de Queiroz Dourado, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual do Paraná – Campus de Paranavaí, como um dos requisitos para o título de Mestre.

Área de Concentração: Formação docente interdisciplinar.

Orientadora: Prof^a Dra. Shalimar Calegari Zanatta

PARANAVÁI
2019

Ficha elaborada pela Biblioteca da UNESPAR, Campus de Paranavaí
Bibliotecária Responsável: Vânia Jacó da Silva, CRB 1544-9

D739p Dourado, Jordana Alves de Queiroz
Uma proposta Steam: tomografia computadorizada / Jordana Alves de Queiroz Dourado.– Paranavaí: Unespar, 2019.
xii, 78 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Paraná, Campus de Paranavaí, Programa de Pós-Graduação em Ensino Formação Docente Interdisciplinar - PPIFOR; área de concentração: Formação Docente Interdisciplinar.
Orientadora: Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta;
Banca examinadora: Profa. Dra. Hercília Alves Pereira, Profa. Dra. Marcia Regina Royer.

Bibliografia

1. Educação. 2. Proposta Didática. 3. Metodologia de Ensino. 4. Interdisciplinaridade. 5. Aprendizagem Significativa. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Ensino Formação Docente Interdisciplinar.

CDD 20. ed. 371.334

JORDANA ALVES DE QUEIROZ DOURADO

UMA PROPOSTA STEAM: TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

BANCA EXAMINADORA

Profa Dra. Shalimar Calegari Zanatta (Orientadora) –
UNESPAR – campus de Paranavaí

Profa Dra. Hercília Alves Pereira – UFPR – Campus de Jandaia

Profa Dra. Marcia Regina Royer – UNESPAR – Campus de
Paranavaí

Data de Aprovação:

26/06/2019.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu fôlego de vida, que cuida de mim de uma forma tão especial cercado a minha vida de pessoas muito excepcionais, como minha querida orientadora Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta a qual tenho total admiração e devo agradecimentos infindáveis por todo carinho, profissionalismo, orientações e paciência em todas as etapas deste trabalho, sem me deixar desistir.

Aos meus amados pais, meus maiores apoiadores José Maria e Quitéria, aos meus irmãos Jiovanna e José Lucas, por todo amor e carinho, presentes em todos os momentos da minha trajetória.

A todos os professores guerreiros que dedicam suas vidas a arte de ensinar, mas em especial aqueles que me inspiraram desde o ensino médio até a graduação, por serem exemplos como mestres: professora Marcia Regina Royer, Ana Paula Bernes, Paulo Alfredo Bohn e Sueli Emiko Ohe.

A todos os meus amigos e colegas de turma, em especial a Melissa C. S. Gonçalves por todo incentivo e companheirismo desde o início dos testes de seleção.

Muito obrigada!

DOURADO, Jordana Alves de Queiroz. **Uma proposta steam: tomografia computadorizada**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Estadual do Paraná – Campus de Paranavaí. Orientadora: Shalimar Calegari Zanatta. Paranavaí, 2019.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta metodológica para o professor de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, fundamentada na interdisciplinaridade como interpretada pela Educação STEAM, pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa. A Educação STEAM (acrônimo formado pelas iniciais dos nomes, em inglês, das disciplinas Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) tem sido divulgada pelos Estados Unidos como uma possível solução do processo educacional para o século XXI. O STEAM valoriza as metodologias didáticas ativas, ou seja, as metodologias que colocam o aluno no centro do processo ensino aprendizagem. No Brasil, a Educação STEAM é ainda tímida, mas as metodologias ativas têm recebido papel de destaque, principalmente no processo ensino aprendizagem de Ciências. Porém, alguns pesquisadores alertam para os efeitos negativos quando essas metodologias expropriam o papel do professor como transmissor do conhecimento. Neste sentido, desenvolver uma proposta metodológica que respeita o ponto de inflexão entre o papel do professor e do aluno no contexto da metodologia STEAM, é um desafio. Assim, desenvolvemos uma proposta didática utilizando os pilares da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a qual valoriza o papel do professor como agente responsável pelo conhecimento. Como resultado, apresentamos a proposta utilizando o tema “Tomografia Computadorizada” pela importância que ele tem para a eficácia nos diagnósticos médicos, pela presença no cotidiano da maioria dos nossos alunos e por fazer parte do desenvolvimento tecnológico. Salientamos que este trabalho não representa o fim das discussões sobre metodologias para o ensino de Ciências, mas com certeza estabelecerá o início de um longo debate do processo educacional.

Palavras-chave: Proposta didática; Metodologias de ensino; Interdisciplinaridade; Aprendizagem significativa.

DOURADO, Jordana Alves de Queiroz. A steam proposal: computerized tomography. 79 f. Dissertation (Masters in Teaching) - Paraná State University - Paranavaí Campus. Advisor: Shalimar Calegari Zanatta. Paranavaí, 2019.

ABSTRACT

This work presents a methodological proposal for the teacher of Natural Sciences and its Technologies, based on interdisciplinarity as interpreted by STEAM Education, based on Significant Learning Theory of Ausubel. STEAM Education (the acronym for Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) has been unveiled by the United States as the solution to the educational process for the 21st century. The STEAM use active didactic methodologies, like wich put on the student at the center of the teaching learning process. In Brazil, STEAM Education is still timid, but active methodologies have been given a prominent role in the teaching of Science learning process, mainly. However, some researchers alert the negative effects when these methodologies expropriate the role of the teacher as a responsible of knowledge. In this sense, to develop a methodological proposal that respects the point of inflection between the role of the teacher and the student in the context of the STEAM methodology is a challenge. Thus, we developed our didactic proposal using the pillars of Ausubel's Theory of Significant Learning, which values the role of the teacher as a transmitting agent of knowledge. As a result, we present the proposal using the theme "Computed Tomography" because of its importance for effectiveness in medical diagnostics, for the daily presence of most of our students and for being part of the technological development. We emphasize that this work does not represent the end of the discussions about methodologies for the teaching of Sciences, but certainly will establish the beginning of a long debate of the educational process.

Keywords: Following teaching; Teaching methodologies; Interdisciplinarity; Meaningful learning.

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

DNA	Ácido Desoxirribonucleico
BNCC	Base Nacional Curricular Comum
OCDE	Org. para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
USP	Universidade de São Paulo
LDB	Leis de Diretrizes Básicas
PSSC	Physical Science Study Committee
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino em Física
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
MEC	Ministério de Educação e Cultura
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
SEF	Simpósio de Ensino de Física
TC	Tomografia Computadorizada
MIVC	Meio de Contraste Intravenoso
SD	Sequência Didática
ICRP	International Commission on Radiological Protection
MeV	Microscópio Eletrônico de Varredura
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

PERCURSO PROFISSIONAL DA AUTORA

Esta digressão tem o objetivo de situar o leitor sobre os pressupostos que motivaram este trabalho.

Enquanto professora da rede estadual de educação, trabalhando com jovens adolescentes sempre senti a necessidade de buscar novos percursos metodológicos que os motivem a aprendizagem definida por Ausubel como significativa.

Essa vocação para a docência se manifestou desde minha infância. Quando eu tinha 9 anos de idade, ensinei uma vizinha de 6 anos a ler e a escrever, passávamos os livros e os cadernos pela grade, pois a mãe dela não a deixava sair de casa para brincar, então essa foi a forma que encontramos para conseguir compartilhar conhecimento, e assim quando ela foi matriculada na escola, a mãe foi avisada que ela podia pular direto para o primeiro ano e não precisava fazer nenhuma fase do jardim. Fiquei orgulhosa dela, e então comecei a me dar conta de que talvez eu tivesse mesmo um dom de ensinar, na verdade o que sempre pulsou em mim foi a vontade de ajudar aqueles ao meu redor.

Admirava a profissão de professora, corrigir provas, tarefas e sempre tive um respeito total por meus professores, observava cada atitude tentando absorver por anos apenas as coisas boas de cada um.

Como sempre trabalhei e estudei não tinha tempo suficiente para me dedicar com exclusividade aos estudos, então após alguns vestibulares sem sucesso no curso desejado, iniciei a minha graduação no curso de Ciências Biológicas na Universidade Paranaense – UNIPAR, pelo qual me apaixonei, gosto e valorizo toda a vida, desde a planta ao animal mais evoluído, lá encontrei professores que me inspiraram como a Professora Marcia Regina Royer, me dei conta de que talvez eu poderia seguir seus ensinamentos e também apoiar a formação de outras pessoas, incentivando a perseguição de seus sonhos.

Me formei no ano de 2009, mas logo antes no ano de 2008 fui aprovada no curso de Enfermagem, iniciei, pois, a área da saúde sempre me encantou, infelizmente não concluí o curso, e resolvi fazer uma especialização na área da educação na Universidade Estadual de Maringá-UEM em 2011 no curso de Anatomia e Histologia – Métodos de ensino e Pesquisa – área de concentração morfologia, onde aprendi muito sobre metodologias educacionais e como ensinar.

Como na época eu não tinha experiência na docência, resolvi me voluntariar em um cursinho para pessoas carentes oferecido pela Igreja Batista da Vila Operária em Paranaíba –IBVO, e foi ali, com 3 alunos aprovados no vestibular que eu peguei gosto e continuei estudando. Trabalhei por 10 anos como escrevente juramentada de um cartório da cidade, e nunca tive coragem de abandonar para lecionar.

Foi a partir disso, que no ano de 2013 o Estado do Paraná abriu um concurso público com 8 vagas para professor de biologia em Paranaíba, mesmo sem muito tempo para estudar, me dediquei ao máximo e alcancei o 3º lugar, garantindo em fim a tão sonhada vaga em um concurso público, e ainda podendo ensinar a matéria que mais amo, Biologia.

No ano de 2015 após esperar pela chamada do concurso, retorno à escola a qual estudei a vida inteira, só que dessa vez com um posicionamento diferente, entrando pela porta principal e sentando na sala dos professores e para minha surpresa, vários agora eram meus colegas de trabalho, foi muito emocionante, poder agradecer a eles pessoalmente por todos os ensinamentos de uma vida.

O que me ofereceram foram as turmas do ensino médio, um desafio para qualquer professor de primeira viagem, mas encarei, e me coloquei no lugar deles, dei o melhor, buscando aulas inovadoras, técnicas e metodologias diferenciadas consegui ganhar a maioria e incentivá-los a prestar vestibular e seguir com seus sonhos.

No primeiro ano foram 12 aprovados em universidades públicas. Percebi que minha metodologia poderia melhorar e então eu me aprofundi cada vez mais no ensino pré-vestibular, até ser convidada para dar aula em uma instituição particular, que me fez deixar algumas aulas no ensino público. Toda essa trajetória durou 3 anos exatos do estágio probatório, e me orgulho em dizer que foram mais de 500 vidas que passaram pela minha orientação, 60 aprovados, 60 sonhos que talvez pudessem ser esquecidos atrás de um balcão de loja ou de um cartório.

Quando no ano de 2016 surgiu a oportunidade de fazer o mestrado na área do Ensino, ao qual percebi que poderia ainda mais me aperfeiçoar e aprender o que realmente era ensinar, para ampliar as minhas ideias percebi que mais do que ensinar alunos, eu poderia ensinar professores, e alcançaria um número maior de aprovações se todos em conjunto conseguissem entender a importância de aulas que despertem nos alunos seu senso crítico e sua autonomia.

Após problemas pessoais e depois de um ano de mestrado, surgiu a oportunidade de fazer o tão sonhado curso de medicina, na Argentina, pedi licença do Estado, conclui o primeiro ano do mestrado e estou aqui lutando para concluir o que iniciei, com a ajuda de pessoas muito especiais porque nada conseguimos sozinhos, não poderia deixar de abraçar essa oportunidade única, pois ainda vejo que através da medicina poderei ajudar um número ainda maior de pessoas. Talvez como professora ou como médica não mudarei o mundo, mas o mundo de alguém esse é possível mudar. E é por isso que acredito na educação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO LITERÁRIA – O ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL.....	18
2.1 O Ensino no Brasil Imperial.....	20
2.2 O Ensino no Brasil República.....	20
2.3 A era dos projetos para o ensino de Ciências até os dias atuais.....	23
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	28
3.1. A Tomografia Computadorizada	28
3.2. Ondas eletromagnéticas.....	30
3.3. A radiação ionizante e os efeitos biológicos.....	35
3.4. A célula	44
3.4.1 Morte Celular	54
4. TEORIAS DE APRENDIZAGENS – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	57
4.1. Steam	63
5. PROPOSTA DIDÁTICA	67
5.1. Primeiro momento.....	67
5.2. Segundo momento.....	68
5.3. Terceiro momento.....	69
5.4 .Quarto momento	70
6. CONCLUSÃO	722
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	755

1. INTRODUÇÃO

A Educação tem um papel relevante na construção da sociedade. Além de ser um instrumento de promoção da justiça social, também tem influência direta na cultura e no modo de vida de toda a população (BRANCO, 2017). Partindo desta premissa, a situação do Brasil é preocupante. Os resultados divulgados pelo Programa Internacional de Avaliação de Alunos, conhecido abreviadamente por PISA, por exemplo, anunciou em 2015 que o Brasil ficou entre os piores de um conjunto de 70 países (INEP, 2017).

Apesar do foco deste trabalho não ser a eficácia dos métodos das avaliações externas, o fato é que desde sua primeira participação, em 2000, o Brasil vem se mantendo entre as últimas posições nas três áreas avaliadas, Matemática, Ciências e Português. É digno de nota que o público alvo das avaliações PISA é estudante de 15 anos, que geralmente está no primeiro ano do ensino médio. Por outro lado, os resultados poderiam ser ainda piores se a avaliação fosse ao término deste período. Alguns pesquisadores apontam que o Ensino Médio é o pior nível de ensino do Brasil porque perdeu sua identidade ao longo da nossa história.

Primeiramente o Ensino Médio foi constituído como uma etapa intermediária entre o ensino fundamental e o curso superior para a elite econômica. Com a necessidade de ampliação da Educação Básica a classe trabalhadora, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação 9.394/1.996 dá um caráter de formação humana e coloca o então Segundo Grau como uma extensão do Ensino Fundamental (RAMOS; HEINSFELD, 2019). No entanto, na prática, o que vemos é um ensino deficiente tanto para a formação humana quanto para uma etapa preparatória do ensino superior. Como prova disto, temos assistido um crescimento exponencial dos cursos pré-vestibulares que objetivam, especificamente, o êxito para a entrada no ensino superior.

Em fevereiro de 2017, o Governo Federal sancionou a Lei nº 13.415 como conversão da Medida Provisória (MP) nº 746 de 2016, a qual deu uma nova direção ao Ensino Médio. Em seu 1º artigo, altera a carga horária mínima de 800 horas, distribuídas em 200 dias letivos para 1400 horas. Ou seja, a carga horária total para cumprir os 3 anos do Ensino Médio passa de 2400 horas para 4200 horas. No entanto, é relevante ressaltar que no parágrafo 5º do artigo 35-A, estabelece que: “A carga horária destinada ao cumprimento da Base Nacional Comum Curricular não

poderá ser superior a 1800 horas do total da carga horária do ensino médio, de acordo com a definição dos sistemas de ensino” (BRASIL, 2017a). A carga horária excedente poderá ser cumprida na forma de projetos, estágios em empresas conveniadas, ensino a distância (EAD), conforme parágrafo 11º do artigo 36: “Para efeito de cumprimento das exigências curriculares do ensino médio, os sistemas de ensino poderão reconhecer competências e firmar convênios com instituições de educação a distância com notório reconhecimento [...]” No artigo 2º temos: “A integralização curricular poderá incluir, a critério dos sistemas de ensino, projetos e pesquisas envolvendo os temas transversais de que trata o caput”.

Quanto aos conteúdos, o artigo 3º da Lei nº 13.415/2017 apresenta:

A Base Nacional Comum Curricular definirá direitos e objetivos de aprendizagem do ensino médio, conforme diretrizes do Conselho Nacional de Educação, nas seguintes áreas do conhecimento:

- I - linguagens e suas tecnologias;
- II - matemática e suas tecnologias;
- III - ciências da natureza e suas tecnologias;
- IV - ciências humanas e sociais aplicadas (BRASIL, 2017a).

Ou seja, entendemos que os conteúdos do Ensino Médio, além de sofrerem redução ou até sua extinção, dependendo do itinerante formativo que o aluno escolher, não mais serão distribuídos em disciplinas, mas em áreas do conhecimento, articuladas com as tecnologias.

Na verdade, essa é a interpretação de interdisciplinaridade dada pelos organizadores destes documentos norteadores. Desta forma, na área definida como Ciência da Natureza e suas Tecnologias, os conteúdos de Biologia, Química e Física serão trabalhados de forma contextualizada, entre si e com as Tecnologias.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a justificativa para o referido agrupamento destas áreas do conhecimento é devido ao seu caráter epistemológico dos procedimentos de investigação (BRASIL, 2017b).

É digno de nota que não é foco deste trabalho discutir essas reformas e que não estamos apoiando, muito pelo contrário. No entanto, este trabalho está em consonância com essas propostas estabelecidas pela Lei 13.415/2017 e pela implantação da Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio. Por outro lado,

acreditamos que a formação do professor é fundamental para o sucesso de qualquer proposta educacional.

Inserido neste contexto, a qualidade da formação de um professor de Ciências passa por desafios peculiares da área. Por exemplo, além da aquisição do conhecimento científico, acumulado pela humanidade, é necessário que ele saiba como este conhecimento está relacionado com as tecnologias, com a epistemologia, com a história do seu desenvolvimento e com as teorias de aprendizagem que suportam as metodologias didático-pedagógicas.

Assim, na seção 2 apresentamos uma revisão bibliográfica onde discorreremos sobre o processo ensino aprendizagem no Brasil ao longo de sua história, com ênfase no ensino de Ciências, principalmente da Física. Como explícito no texto, o ensino de Ciências, assim como todas as outras áreas do conhecimento sempre estiveram sujeitas a políticas públicas fragmentadas, tão efêmeras quanto aos mandatos dos governantes que se utilizam de discursos ou leis aplicadas no vácuo financeiro.

Esta fragmentação não permite a formação sólida do professor sob um pilar teórico consistente. As pedagogias negativas, contrárias a escola tradicional, levou a expropriação do papel do professor que se posicionou como mero expectador da 'aprendizagem' do aluno. Este professor a margem do processo de ensino aprendizagem assistiu seu aluno passar de um ser passivo e receptor para um ser protagonista tanto do processo de ensino quanto balizador de sua própria aprendizagem.

Na seção 3, apresentamos a fundamentação teórica que dá suporte ao tema escolhido. Descrevemos o que é a Tomografia Computadorizada e apresentamos alguns conceitos da Física e da Biologia. Reconhecemos que a Tomografia Computadorizada envolve o conhecimento de muitos outros conteúdos além dos aqui escolhidos. No entanto, nossa escolha se baseou em critérios: conteúdos que fazem parte do currículo do Ensino Médio, fundamentais para a interpretação da imagem diagnóstica, relevante para a interpretação de outros fenômenos produzidos pela tecnologia. Neste contexto, apresentamos a definição das ondas eletromagnéticas, discutimos a radiação ionizante e alguns efeitos biológicos produzidos, apresentamos o conceito de célula e como se dá sua morte.

Na seção 4, apresentamos resumidamente algumas teorias de aprendizagem cognitivas importantes para a compreensão do processo histórico da aprendizagem

de Ciências no Brasil com ênfase na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Na sequência, apresentamos a Educação STEAM e descrevemos alguns exemplos de aplicação, como divulgados pela literatura pertinente. No capítulo 5, nas seções 1, 2, 3 e 4 apresentamos uma proposta didática atendendo, aproximadamente, a metodologia STEAM e os pilares teóricos que fundamentam a Sequência Didática como apresentada por Zabala. Ressaltamos que a ênfase foi dada, prioritariamente, a possibilidade de aplicação nas atuais estruturas do processo educacional brasileiro. Isto significa dizer que, tanto os pilares da Educação STEAM, quanto da Sequência Didática não foram atendidos plenamente em função das nossas limitações de conteúdos e estrutura organizacional.

Por fim, apresentamos as conclusões que a elaboração deste trabalho nos permite chegar. Como principal resultado, entendemos que a finalização deste trabalho, não representa o término de uma discussão, mas contribui para alavancar novas discussões para melhorar as metodologias do processo ensino aprendizagem de Ciências.

2. REVISÃO LITERÁRIA - O ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL

Assim como outras áreas do conhecimento, o ensino de Ciências está inserido numa complexa dinâmica de intervenções políticas, econômicas e sociais. Porém, a própria natureza epistemológica da Ciência se soma a este emaranhado de parâmetros de forma implícita e nem sempre positiva. As funções da escola e o ensino de Ciências se encontram numa teia complexa entre suas relações, interesses e re-significações produzidas pelo capital e pelo desenvolvimento da Ciência e suas tecnologias (NAGEL, 2001).

Portanto, discutir o ensino de Ciências, de forma geral, requer amplo conhecimento: filosófico, econômico, político, sociológico, didático, além dos conteúdos específicos. Não é objetivo deste trabalho, detalhar cada um desses tópicos, mas esclarecer ao leitor que estas relações interferem no trabalho pedagógico do professor, nos conteúdos que ele aborda, tornando a docência em ciências uma complexidade maior do que para outras áreas do conhecimento.

Para os defensores das pedagogias críticas a escola deve promover o “conhecimento poderoso”, socialmente construído e acumulado pela humanidade como ferramenta para transformação social. Para Saviani (2005), a escola é uma instituição historicamente determinada, uma construção humana que se articula no processo de produção das condições materiais de sua existência.

Porém, uma análise da história dos processos pedagógicos, revela que a educação sempre manteve uma relação direta com o capitalismo. Primeiramente numa conotação taylorista / fordista, com alta dissociação e segmentação do saber prático e teórico, depois numa conotação toyotista, com alta flexibilidade do saber, onde a interdisciplinaridade se mostrou importante e necessária (MARTINS; DUARTE, 2010).

Se por um lado, temos as influências capitalistas, econômicas e sociais, por outro, temos as questões pedagógicas, que por si só apresentam suas dificuldades. Esse caldo de complexidade resulta numa séria ineficiência do processo educacional.

Como já apontado, os resultados do Programa Internacional de Avaliação de Alunos – PISA, avaliação organizada pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, os estudantes brasileiros mostram dificuldades para responder questões muito simples, como por exemplo, que pediam

para diferenciar, a função do médico com a do enfermeiro. Essa situação demonstra o estado alarmante do analfabetismo científico no país e a incapacidade de o sistema educacional fazer com que os avanços da ciência façam parte do cotidiano do aluno (INEP, 2017).

No entanto, não é apenas por meio do resultado obtido no PISA que mostra o analfabetismo científico ao qual nossa sociedade está submersa. Todos os dias vemos veicular pelas mídias e aplicativos, mensagens sobre água imantada, colchões magnéticos para terapia, pulseiras magnéticas para estabilização e equilíbrio emocional, radiação emitida pelo forno de micro-ondas, entre outras informações absurdas, do ponto de vista científico. Crenças infundadas são transmitidas como verdades científicas.

Este comportamento da população brasileira explicita a precariedade do processo educacional brasileiro. Só o conhecimento científico será capaz de desmistificar essas crenças infundadas e este é o papel da escola.

Para isto, ela deve se preocupar com seus métodos e com seu público que difere expressssivamente do público que foi atendido pelos métodos adotados pelos jesuítas, que utilizavam a chamada Pedagogia Tradicional. Neste enfoque, o aprendiz é considerado uma tábua rasa e o conhecimento é transferido oralmente numa posição diretiva do professor para o aluno, o que se mostrou ineficiente ao longo da nossa história. No entanto, de acordo com Cachapuz (2005) essa sistemática acompanhou o ensino por muito tempo, mesmo com a saída dos Jesuítas do território brasileiro, em 1759.

No entanto, as pedagogias da negação, conhecidas por “pedagogias construtivistas” vão na contramão das metodologias tradicionais, colocando o aluno no centro do processo ensino aprendizagem. Para Gaspar (1997) o construtivismo expropriou o papel do professor como transmissor do conhecimento e levou ao esvaziamento do currículo.

Na seção 4, discutiremos com mais detalhes, como as teorias de aprendizagens interferiram e, ainda interferem nos processos metodológicos do ensino de Ciências.

Diante do exposto, acreditamos que um dos problemas da educação brasileira é o professor ter consciência dessa situação e determinar metodologias eficientes que consigam fazer a transmissão do ‘conhecimento poderoso’, conforme denotado por Saviani (2005) e já considerado aqui. A escolha dessas metodologias

passa pelas lutas de classes, ancoradas pelas pedagógicas neoliberalistas ou progressistas e pela própria epistemologia das Ciências.

Nesse aspecto, pensar o papel da escola é fundamental. Assim, a escola é um espaço para desenvolver habilidades e competências cognitivas e para formar cidadãos pensantes, críticos, com capacidades de resolver problemas ou para desenvolver habilidades e competências para formar trabalhadores e manter a lógica do capitalismo? (MIRANDA, 2012).

2.1 O Ensino no Brasil Império

O Brasil Império foi de 1822 a 1889, interseccionando com a 1ª revolução industrial que foi de 1860 a 1900.

De modo geral, a 1ª revolução industrial, caracterizada pelo desenvolvimento de máquinas térmicas, mostrou para o mundo a importância da evolução da Física para o desenvolvimento econômico, mas isto não interferiu no sistema educacional brasileiro.

Em 1832, noções de Física foram inseridas no curso de Medicina sem qualquer importância ao desenvolvimento da Ciência em si (DIOGO; GOBARA, 2008).

Em 1838 começam as aulas do colégio Pedro II, uma referência para o ensino do país. No entanto os conteúdos das ciências físicas foram alocados nos últimos anos do ciclo do ensino fundamental, que se encerrava com 7 anos. E em 1876 estes dois últimos anos ficam facultativos. Uma lei permitia que o estudante ingressasse em cursos superiores com 5 anos do ciclo fundamental (ROSA; ROSA, 2012).

Em resumo, o ensino de Ciências no Brasil Império foi virtualmente nulo.

2.2 Brasil República

Se no Brasil Império não há muito o que falar sobre o ensino de Ciências, com início em 1889, no Brasil República, temos uma efervescência acentuada marcada por várias mudanças, porém nem sempre positivas e muito menos, lineares.

Já em 1890, Benjamin Constant, assinou o primeiro decreto para a reforma da política educacional do Brasil, rompendo com o ensino humanístico, característico do

Brasil Império, e introduzindo, Aritmética, Álgebra, Geometria Astronomia, Mecânica Geral, Biologia, Sociologia, Moral, Direito, Economia, todas no que hoje chamamos de Ensino Médio.

Em 1891 um decreto permite que o aluno avance para o ensino superior depois de ser aprovado em todas as disciplinas citadas, menos uma.

A Física era apenas um complemento do curso de Engenharia da Escola Politécnica, fundada em 1893 e na Escola Mackenzie, fundada em 1896. O interesse da época era formar doutor e o Brasil ficou conhecido como “doutorlândia” porque o diploma representava *status* social e era exigido para ocupar cargos importantes.

Em 1903 um decreto mostra a preocupação em equiparar outras instituições com o colégio Pedro II, referência nacional, com a implantação de laboratórios para a realização de práticas experimentais no ensino das Ciências.

Em 1920 a Lei nº 1.750 instituiu noções de Ciências no primeiro e segundo ano do ensino primário e estabelecia um sistema diretivo de transmissão do conteúdo, do professor para o aluno, citando a necessidade de observação e experimentação com o uso da indução para o ensino das ciências. Essa visão empirista indutivista nas práticas pedagógicas é verificada ainda hoje (ZANATTA; LEIRIA, 2018). Ou seja, a observação dos fenômenos era o processo que afiançava tanto a evolução das leis da Ciência, principalmente da Física quanto o processo da aprendizagem. Neste sentido, a experimentação era fundamental como metodologia de ensino.

Em 1931 o então Ministro da Educação e Saúde Francisco Campos promoveu uma reforma da estrutura orgânica do ensino, estabelecendo o currículo seriado, a frequência obrigatória, o ensino em dois ciclos: um fundamental, com duração de cinco anos, e outro complementar, com dois anos e equiparou todos os colégios secundários oficiais ao Colégio Pedro II. A reforma Francisco Campos entendeu que a educação era um caminho para o desenvolvimento social e econômico. Foi consolidado o ensino profissionalizante.

Em 1934 a Universidade de São Paulo - USP fundou a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras para formar professores para atuarem no Ensino Médio e para serem pesquisadores da área de ensino. Esta iniciativa foi importante para o avanço do ensino de Ciências no Brasil. No entanto, o número de professores formados em Física, Química ou Matemática foi e, ainda é, extremamente reduzido.

Assim como em outras áreas do conhecimento, as metodologias do ensino de Ciências eram pautadas na transmissão de informação, memorização de conceitos, observação de fenômenos descontextualizado da realidade do aluno. Estas metodologias ineficientes, suscitaram várias tentativas de reformas. No período de 1889 a 1930, houve uma sequência de tentativas frustradas de reformas educacionais, influenciadas por pesquisadores americanos, como por exemplo, John Dewey (1859 - 1952) que interferiu nas ideias do brasileiro Rui Barbosa (1849 - 1923), que defendia o movimento da Escola Nova.

Os ideais da Escola Nova foram evidenciados pelo Manifesto dos Pioneiros, de 1932, onde colocava o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem e o professor como o mediador desses conhecimentos. A preocupação se voltou para a qualidade, e não mais com a quantidade dos conteúdos (FOLMER, 2007).

O ensino de Ciências recebeu mais atenção na década de 50, quando o Brasil percebeu sua relação com o desenvolvimento tecnológico e conseqüentemente com o desenvolvimento econômico.

Em 1961 foi promulgada a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) nº 4.024. Nela constava o ensino de Ciências em todas as séries ginasiais e aumentava a carga horária das disciplinas de Física, Química e Biologia do colegial, deixando nítida a preocupação com a formação científica dos alunos. Porém, regulamentava que os primeiros quatro anos eram obrigatórios e a complementaridade de mais dois anos era facultativa.

Essa Lei foi um marco para o ensino de Ciências porque ampliou sua participação no currículo escolar, passando das últimas séries do antigo curso ginasial, para todas as séries.

Ressalta-se que mesmo com o Manifesto dos Pioneiros ou movimento escola nova em 1932, o cenário continuava sendo dominado pelo ensino tradicional, com professores que transmitiam os conhecimentos históricos acumulados pela humanidade de maneira expositiva e os alunos ouviam e memorizam.

Antes que se estabelecessem as bases para um ensino de Ciências adequado, o Brasil sofre o Golpe Militar em 1964 que conduz o processo educacional para outros patamares.

Apesar de a Ditadura Militar valorizar os conhecimentos das Ciências, como ficou explícito na segunda Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) nº 5.692/71,

onde a disciplina de Ciências era obrigatória em todas as séries do primeiro grau, a Ciência passou a ser encarada como uma ferramenta do positivismo.

Observe que antes do Golpe Militar a Ciência vinha se construindo, lentamente, como o pilar do avanço tecnológico. No entanto, depois do Golpe a Ciência foi demarcada como um conhecimento puro, praticamente não ocorrendo alusão às tecnologias produzidas. Na verdade, a Ditadura Militar e o contexto da “Teoria do Capital” que se expandiu no Brasil em fins dos anos 60 e início dos anos 70, levou a escola a deixar de priorizar o conhecimento acumulado pela humanidade e formação do cidadão crítico em detrimento do desenvolvimento econômico, provocando a fragmentação do conteúdo científico para a formação do trabalhador (KRASILCHIK, 2000).

2.3 A era dos projetos para o ensino de Ciências até os dias atuais

Com o lançamento do primeiro satélite artificial pela antiga URSS em outubro de 1957, o Sputnik I, os Estados Unidos da América, acreditou que deveria mudar radicalmente seu sistema educacional de ensino para liderar a corrida tecnológica.

Neste contexto, o ensino foi pautado em projetos, por exemplo, *Physical Science Study Committee* – PSSC, para o Ensino de Física, *Biological Science Curriculum Study* – BSCS, para o ensino de Biologia, *Chemical Bond Approach* – CBA, para o ensino de Química e *Science Mathematics Study Group* - SMSG, para o ensino de Matemática.

Neste período o desenvolvimento da Ciência rogou ao ensino principalmente o de Física o objetivo de inserir os jovens na “carreira científica” (ROSA; ROSA, 2012).

Estes projetos foram vendidos para vários países que o implantaram de forma definitiva para o ensino das Ciências, incluindo o Brasil.

Em 1963 a editora da Universidade de Brasília, disponibiliza o PSSC (*Physics Science Study Comitte*) em português para ser adotado como modelo de ensino no Brasil (MOREIRA, 2000). Porém, devido a algumas inconveniências na adaptação, o Brasil desenvolve seus próprios projetos nos mesmos princípios. Ou seja, acreditava-se que se o aluno seguisse o manual para reproduzir as atividades experimentais propostas, assistisse aos filmes, lesse os textos, a aprendizagem aconteceria naturalmente. A epistemologia pedagógica destes projetos era a

mesma, empirista com base no Método Científico como único meio de produzir Ciência. Em função disto, os projetos consistiam de 'kits' de materiais de baixo custo com manual de instrução que auxiliava os estudantes a reproduzirem experiências simples numa sequência pré-determinada. O estudante poderia seguir sozinho o manual, realizar os experimentos e completar os espaços em branco deixados pelos cadernos de atividades. O estudante só avançaria se reproduzisse o experimento. Quanto aos professores exigia-se muito pouco, na verdade, quase nada. O objetivo do ensino de Ciências era desenvolver a racionalidade, a capacidade de fazer observações controladas, preparar e analisar estatísticas, respeitar a exigência de replicabilidade dos experimentos.

A teoria da aprendizagem que fundamenta esta dinâmica é o behaviorismo tendo como metodologia pedagógica a instrução programada.

Neste contexto, podemos destacar dois projetos nacionais, entre outros, desenvolvidos para o ensino de Física:

1-Projeto de Ensino de Física (PEF), iniciativa do Instituto de Física da USP em convênio com o MEC e com mais duas outras instituições importantes da época, a FENAME (Fundação Nacional do Material Escolar) e a PREMEM (Programa de Expansão e Melhoria do Ensino).

2- FAI – Física Auto Instrutiva – desenvolvido pela USP. A interrupção se deu não devido a sua ineficiência didática, que de fato ocorreu, mas pela proibição do MEC em descartar livros e, como os guias dos alunos deveriam ser descartados, o projeto não foi aplicado durante muito tempo.

Todos fracassaram!

“Trabalhei com os cinco textos programados do FAI - Física Auto Instrutiva durante quase dois anos em várias turmas dos três anos do então segundo grau. Foi certamente o período mais frustrante de minha longa carreira de professor. De início, a sensação de minha inutilidade em sala de aula – os alunos, envolvidos em sua interação com o texto, mal notavam a minha presença – era compensada com a expectativa de que, agora sim, eles estariam aprendendo. Nunca os havia visto tão concentrados, lendo, estudando, preenchendo lacunas, alguns até com afeição e entusiasmo. [...] Com o tempo, no entanto, percebi que a aprendizagem dos alunos era estranhamente passageira, algo que não se consolidava, uma espécie de “frente de onda” que parecia conter o domínio do aluno de algum fragmento de conteúdo, talvez induzido pelos estímulos recorrentes do próprio texto ou das próprias avaliações. Mas logo o conhecimento adquirido desaparecia praticamente sem deixar rastros. [...] Desde então começou a se consolidar em mim a convicção de que não há material ou proposta pedagógica que possa prescindir da ação direta e insubstituível do professor” (GASPAR, 1997, p. 5).

Nesse sentido:

Um aspecto marcante desse período foi a maneira mecanicista de analisar as interferências da ciência e da tecnologia sobre a sociedade, que deixava de considerar os interesses e hábitos de diferentes atores sociais em suas múltiplas relações, constituindo uma debilidade importante do pensamento dessa época (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010, p. 226).

Apesar de os projetos não serem metodologias eficientes, eles realmente modificaram o ensino de Ciências no Brasil. Pela primeira vez o ensino de Ciências é discutido unanimemente. Porém, as metodologias da redescoberta do conhecimento pelo aluno, ou as chamadas metodologias ativas, fazendo-o trilhar pelos mesmos caminhos dos cientistas, acompanharam o ensino de Ciências por muito tempo.

Em 1970, na cidade de São Paulo, acontece o primeiro Simpósio do Ensino de Física, conhecido abreviadamente por SNEF. Os temas reportados foram: concepções alternativas; representações mentais dos alunos; concepções epistemológicas e formação continuada do professor; física do cotidiano; equipamentos de baixo custo; Ciência, Tecnologia e Sociedade ou enfoque CTS; história e filosofia da ciência; agregando aos dias atuais, Física Contemporânea e novas tecnologias.

Os primeiros resultados contribuíram para fortalecer o que se denominou de uma orientação construtivista do ensino e da aprendizagem de Ciência, que, parece dominar a área até hoje.

Embora existam várias formas de abordagens desenvolvidas sob o rótulo do construtivismo, é possível identificar, ao menos, duas características principais que parecem ser compartilhadas: a primeira é que a aprendizagem se dá pelo ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento e a outra é que as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo da aprendizagem (MORTIMER, 2000).

Um dos problemas observados aqui é que os resultados das pesquisas nem sempre chegam aos professores que atuam no ensino fundamental e médio. O que vemos é um crescente abismo entre os resultados de pesquisa e as práticas em sala de aula. Os professores continuam transmitindo uma Ciência dita positivista, ou seja, passam a ideia de que, o que é “cientificamente comprovado” pelo Método Científico (consistindo de um problema, hipóteses, observação, testagem das hipóteses, e

conclusão), possui *status* de verdadeiro e inquestionável. Assim, os conteúdos são passados como prontos, acabados, verdadeiros, inquestionáveis e oriundos de mentes geniais. Seus métodos de ensino priorizarão a memorização e a não valorização do papel da imaginação ou da criatividade para a construção do conhecimento científico (ZANATTA; LEIRIA, 2018).

Estas crenças alcançam também os processos de avaliação. Estes professores utilizam métodos tradicionais tais como: questionários, teste, múltipla escolha, falso/verdadeiro, correspondência, desenho, rotulagem, complete, respostas curtas, em detrimento de portfólio, interpretação de notícias em jornais ou revistas, elaboração de textos, pesquisa da história do desenvolvimento do tema.

Oliveira (2015) concorda que há um equívoco na prática pedagógica dos educadores no ensino de Ciências. Para ele:

É um reflexo da postura tradicional que ainda permeia a grande maioria dos cursos de graduação de Ciências, pois ainda se ensina o conhecimento como algo acabado, e que este modelo de conhecimento "transforma o que é dinâmico em estático e um ser que é ativo e curioso, portanto, sujeito, como objeto, como ser passivo" (OLIVEIRA, 2015, p.30).

Por outro lado, para Krasilchik (2000), as mudanças constantes nas diretrizes curriculares têm confundido o professor, tornando-o inseguro e despreparado, porque cada vez que ocorre uma mudança na legislação ou no currículo, o educador se sente pressionado a abandonar as suas crenças e práticas pedagógicas anteriormente adotadas e adotar práticas desconhecidas, sem o devido preparo.

Como resultado de nossas observações empíricas, o professor acaba abandonando qualquer concepção que se apresente como inovadora e persiste em suas velhas metodologias.

Muitos pesquisadores defendem a necessidade de um tratamento mais equilibrado entre a história/filosofia da ciência, além dos conteúdos científicos, para a formação do professor.

É neste contexto desafiador que este trabalho se insere. Trata-se de uma proposta metodológica diferenciada que atende as exigências do movimento dado pela implantação da Base Nacional Comum Curricular, onde o conhecimento científico deve ser abordado na sua totalidade num contexto de aplicações tecnológicas.

Geralmente, a prática comum no ensino de Ciências no Brasil parece estar alicerçada em pressupostos que levam em consideração aspectos puramente acadêmicos, ou seja, bem distantes da realidade que cerca os alunos. Essa maneira de educar pode privilegiar um ensino que pouco contribui para a formação do indivíduo enquanto cidadão, ou pouco significativo para o desenvolvimento de competências e habilidades para compreender o que os avanços científicos podem determinar para uma sociedade. Se pensarmos em um ensino de Ciências puramente acadêmico, que não leve em conta as necessidades e as realidades dos alunos além de seu interesse e curiosidade, não podemos sequer pensar que estamos ensinando Ciências.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. A Tomografia Computadorizada

A Tomografia Computadorizada, designada doravante por TC é um procedimento indolor, no qual o paciente deve permanecer deitado e imóvel durante alguns minutos em uma cama hidráulica e ajustável, enquanto o aparelho tomográfico realiza os registros da área a ser examinada.

A TC, também conhecida como Tomografia Computadorizada Axial, abreviada pelas suas iniciais em inglês, CAT, faz o registro utilizando raios X para construir imagens transversais ("fatias") do corpo.

Secções transversais são reconstruídas a partir de medidas de coeficientes de atenuação dos raios X quando penetram o corpo. Diferentes tecidos promovem diferentes atenuações, proporcionando diferentes tons, ou contrastes.

Há uma escala conhecida como escala de Hounsfield (UH), que categoriza a densidade de certas estruturas e lesões, auxiliando o médico a compreender melhor os sinais emitidos por determinadas lesões ou estruturas anatômicas, no quadro 01 há a representação da escala de Hounsfield.

Quadro 01 – Representação da Escala de Hounsfield cores e densidade em TC.

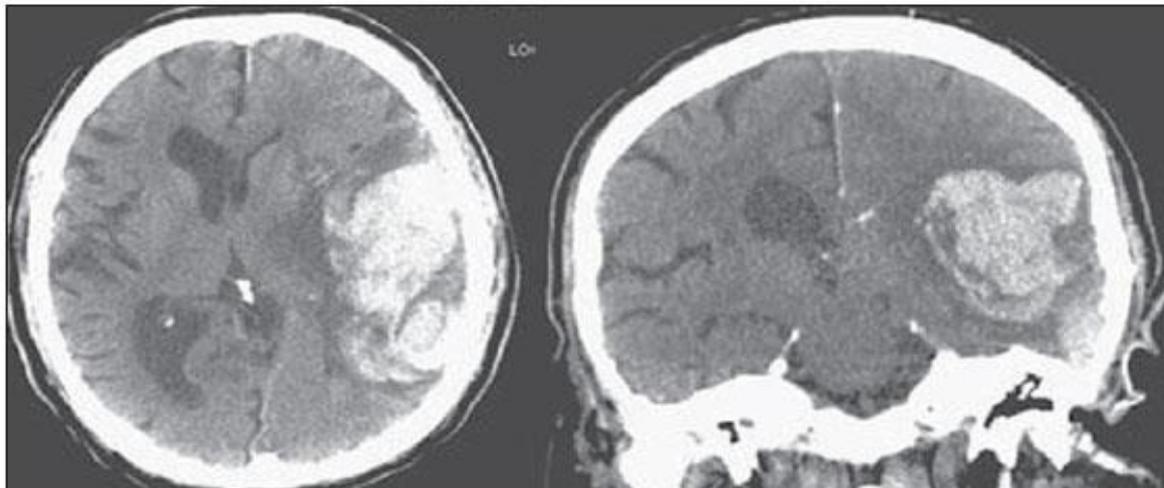
Densidade na TC	Valores de atenuação	Imagem no Filme
Meio de contraste	+100 a 1.000	Branca brilhante
Osso	100	Branca
Água partes moles	0 a 100	Cinza médio
Gordura	-60 a -100	Cinza escuro
Ar	-120 a -1.000	Preto

Fonte: <http://thenegatoscope.blogspot.com/2014/03/introducao-radiologia-e-omenclatura.html>.

Acesso em 12/05/2019.

Então, a formação de imagens se dá por pontos que variam entre o branco e o preto como é possível observar na figura 01, a identificação de uma hemorragia cerebral em cinza claro.

Figura 01 – Tomografia computadorizada com identificação de hemorragia cerebral.



Fonte: KRISHNAM; CURTIS, 2010.

Cada ponto representa uma taxa de absorção dos raios X pelo alvo que é traduzida pela cor. O branco significa absorção completa dos raios X e o preto nenhuma absorção. Isto ocorre porque o órgão alvo tem distribuição não homogênea de densidades, portanto de coeficientes de atenuação. Isto porque cada órgão tem um tecido peculiar, com diferentes medidas de densidade. Por isso, a TC tem excelente capacidade para diferenciar várias estruturas de tecidos moles e pode fornecer excelentes detalhes ósseos.

A formação de imagens de partes do corpo humano em três dimensões é eficiente para diagnósticos precoces, inferindo em um tratamento otimizado e direcionado para determinadas patologias, principalmente em cavidades corporais, onde os órgãos de interesse podem não ser acessíveis a técnicas superficiais de imagem (por exemplo, ultrassonografia). Essas cavidades incluem o crânio, tórax, abdômen e pelve.

Em comparação com outras técnicas transversais, como a ressonância magnética, ela pode ser feita tão rapidamente que é minimamente afetada pela movimentação do paciente.

Em comparação as imagens obtidas pelos raios X, a TC é mais eficiente para a detecção de lesões, fraturas ou tumores que ainda estejam muito pequenos. Isto porque, os raios X é uma única imagem da parte investigada, enquanto a TC gera 600 cortes para serem analisados.

Os problemas da TC são o custo envolvido e a emissão da radiação na forma de raios X, que é uma radiação ionizante, o que impede gestantes de fazer este exame, principalmente no primeiro trimestre da gestação.

Outro impedimento é com pacientes que tenham alergia conhecida ao meio de contraste intravenoso (MIVC), às vezes utilizado. O meio de contraste iodado é geralmente administrado por via oral previamente ao procedimento e/ou por via endovenosa durante o exame. Esta substância consegue dar maior definição às imagens tomográficas, melhorando a qualidade da informação morfológica fornecida pela tomografia (JUCHEM et al., 2004).

Quanto aos efeitos colaterais do contraste, ainda está em estudo, mas já se sabe que pacientes com insuficiência renal não devem utilizá-los. O médico deve sempre avaliar o custo-benefício deste exame.

Poderíamos estender o texto e falar da Tomografia por pósitron, mas vamos deixar apenas assinalado que o assunto é extenso e pode abordar uma infinidade de conteúdos.

3.2. Ondas Eletromagnéticas

O raio X é o fenômeno central para a obtenção de um exame por TC. Apesar de o nome “raio”, na verdade, do ponto de vista da Física Clássica, trata-se de uma onda eletromagnética.

Uma onda, por definição, é uma perturbação que viaja com velocidade definida num meio material (ou não) sem transporte de matéria.

As ondas eletromagnéticas são capazes de viajar pelo espaço vazio, enquanto as ondas sonoras se propagam apenas e exclusivamente num meio material. No entanto, a propagação das ondas eletromagnéticas num meio material pode levantar interações que explicam inúmeros fenômenos.

A existência e a natureza das ondas eletromagnéticas foram compreendidas quando o homem compreendeu a natureza da luz. Então, podemos dizer que raio X é uma luz invisível para o ser humano. Assim, como as ondas de rádio, televisão, celular, forno de micro-ondas, etc.

Historicamente falando, não foi fácil trilhar os caminhos da interpretação da natureza da luz. Para Isaac Newton a luz era constituída por um conjunto de partículas que se deslocavam no éter com diferentes velocidades.

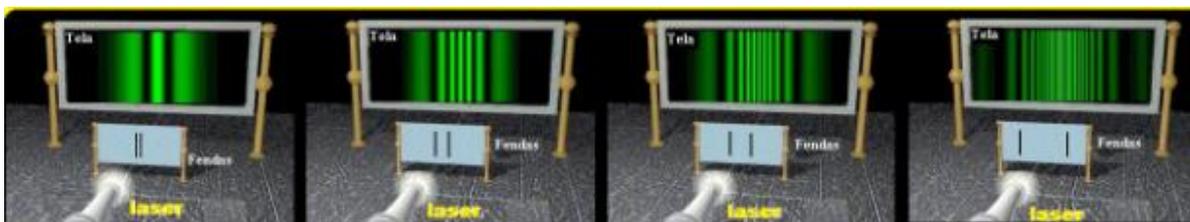
É importante ressaltar que nesta época, a humanidade conhecia apenas as ondas mecânicas, que precisam de um meio para se propagar, assim como o som, por exemplo. Eles sabiam que se a luz do Sol chega até a Terra, então ela deve se propagar por espaços vazios, então a luz não poderia ser uma onda, pelo menos, não uma onda mecânica, como então conheciam.

Os resultados de pesquisas dividiram os cientistas entre os que defendiam a luz como onda e os que a defendiam como conjunto de partículas, ou seja, constituídas por matéria. A confusão gerada entre estes dois grupos, levou a Academia de Ciências da França, em 1819, dar um prêmio para quem conseguisse uma teoria matemática coerente para explicar os fenômenos associados a luz e melhor definisse sua natureza.

Thomas Young (1773 - 1829) percebeu que a interferência não poderia ser explicada pela teoria corpuscular de Newton mas poderia ser explicado e previsto se a luz se propagasse na forma de ondas (BRENNAN, 1998).

O fenômeno da interferência é observado quando a luz atravessa uma fenda. O padrão das franjas (faixas claras e escuras) depende da quantidade de fendas e das distâncias entre elas, conforme figura 02.

Figura 02 – Experimento de Thomas Young.



Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/ondulatória/ondas/interferência-luminosa-experimento-de-young/> Acesso em 27 de junho 2019.

O experimento de Young, apesar de ser uma referência na Física, não conseguiu explicar completamente a natureza da luz. Lembre-se que nesta época, os cientistas não conheciam as ondas eletromagnéticas, apenas as ondas mecânicas que precisam de um meio para se propagarem.

Num outro contexto de pesquisas, distante dos fenômenos luminosos, em 1820, Hans C. Oersted observou que o ímã não era a única fonte de produção do fluxo de campo magnético (**B**). Ele observou que se uma corrente elétrica contínua (nesta época só existia corrente contínua) atravessasse um fio paralelo a uma

agulha de uma bússola esta sofreria deflexão. Mas se a agulha estivesse perpendicular ao fio nenhum efeito era observado.

A explicação foi dada considerando um campo magnético ao redor do fio por onde passa uma corrente elétrica e as observações mostraram que o valor do campo magnético produzido por um fio não interfere o campo magnético produzido por outro fio. Podemos dizer que um fio por onde passa uma corrente elétrica funciona como um ímã.

Em 1831 Michel Faraday observou que uma corrente 'induzida', ou seja, uma corrente obtida de forma diferente da corrente contínua, poderia ser observada num circuito (sem fonte de tensão) ou sem bateria, de 3 modos diferentes:

- i- Um circuito ligado (lâmpada e fonte de tensão) se movendo com relação a outro circuito (sem fonte de tensão), produz neste último uma corrente induzida;
- ii- O circuito ligado (lâmpada e fonte de tensão) em repouso e um segundo circuito (sem fonte de tensão) se movendo com relação ao primeiro, será observado uma corrente induzida no circuito que se move;
- iii- Mantendo os 2 circuitos em repouso, mas ligando e desligando a chave da fonte de tensão do primeiro circuito. A frequência com que se liga e desliga será a frequência de uma tensão alternada que promoverá uma corrente induzida no circuito sem fonte de tensão.

Diante destas observações, Michael Faraday teve a perspicácia de compreender que, em todos os casos, o que ele definiu como fluxo do campo magnético, simbolizado por Φ_B , estava variando.

Em resumo, uma variação temporal do fluxo de campo magnético produz uma tensão induzida que promove uma corrente elétrica induzida, cujo campo magnético associado a esta corrente criada, se opõem ao campo que a criou. Esta é a corrente que temos em nossas residências. As usinas produzem corrente alternada variando o campo magnético próximo a bobinas (fios enrolados) que captam e conduzem essa corrente.

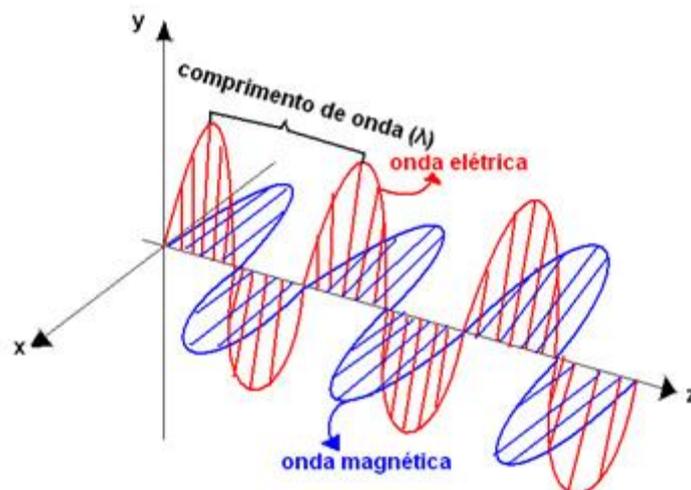
James K Maxwell (1831 – 1879) estudou os resultados obtidos por Michael Faraday e conseguiu juntar conceitos ora distintos sobre o magnetismo e a

eletricidade, chegando na conclusão de que existem ondas eletromagnéticas que podem percorrer no espaço vazio.

Em 1888 Heinrich Rudolf Hertz apresentou resultados irrefutáveis ao Congresso da Sociedade Alemã que comprovavam a existência das ondas eletromagnéticas. Assim, a ciência conseguiu desvendar a natureza da luz. Então, o que seria a luz afinal? São ondas eletromagnéticas que viajam no espaço vazio com velocidade de propagação, aproximadamente igual a $3 \times 10^8 \text{m/s}$ e quando atravessam um meio podem ou não interagir com ele, mudando sua velocidade ou seu comprimento de onda (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 1963).

A Figura 03 representa uma onda eletromagnética do tipo plano-polarizada. Ou seja, existe apenas uma direção para os campos elétrico e magnético. Observe que eles são perpendiculares entre si e com a direção de propagação. Geralmente, a onda eletromagnética apresenta várias direções para o campo elétrico e magnético, mas sempre mantêm estas relações de perpendicularidade.

Figura 03 – Diagrama esquemático da onda eletromagnética plano-polarizada.



Fonte: <http://pir2.forumeiros.com/t101841-onda-eletromagnetica>. Acesso em 20 de maio de 2019.

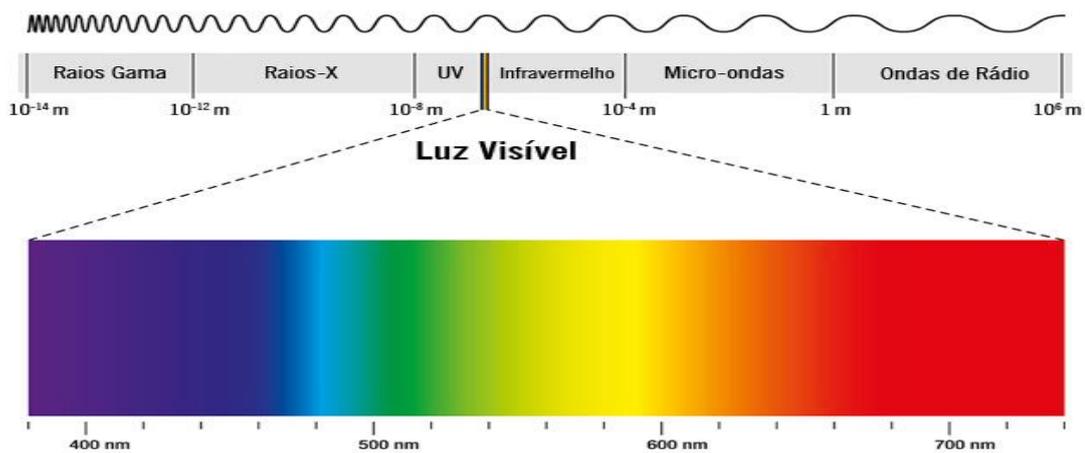
A figura 04 mostra o que chamamos de espectro eletromagnético. Ou seja, mostra como definimos os nomes para as diferentes faixas de valores da frequência e comprimento de onda. Observe que os raios X apresentam comprimento de onda menor que a luz visível ou que as micro-ondas.

É importante salientar que não existem limites teóricos, impostos pela natureza. A obtenção de uma onda eletromagnética com uma determinada

frequência depende dos limites tecnológicos. Não poderíamos imaginar o mundo de hoje sem as ondas eletromagnéticas. Existe uma infinidade de aplicações.

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 (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 1963).

Figura 04- Espectro Eletromagnético.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/ondas-eletromagneticas/> Acesso em: 20 maio 2019.

Observe da Figura 04, que o olho humano consegue ver apenas uma estreita faixa do espectro, começando pela luz vermelha, onde a frequência é de $4,3 \times 10^{14}$ Hz (Hertz) com comprimento de onda de 7×10^{-6} m até a cor violeta com frequência de $7,5 \times 10^{14}$ Hz e comprimento de onda 4×10^{-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, independente se observada ou não pelo olho humano.

Podemos dizer que os raios X são mais energéticos do que a luz visível. Se:

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

Onde h é a constante de Planck ($6,6 \times 10^{-34}$ joule.segundo) e f a frequência da onda, dada em Hertz que corresponde 1/segundo. E :

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

Onde c é a velocidade da luz se propagando no vácuo ($c = 3 \times 10^8$ m/s) e λ é o comprimento da onda dado em metros.

Usando f de (2) em (1), temos que:

$$E = hc/\lambda \quad (3)$$

De (3), temos que quanto maior o comprimento da onda eletromagnética (λ =lâmbda), menor a energia.

A luz visível, as ondas de rádio, micro-ondas são todas ondas eletromagnéticas, da mesma natureza, não ionizantes porque carregam pequenas energias para ionizar a matéria.

Ao contrário dos raios X, da radiação gama que são ondas eletromagnéticas com energia suficiente para quebrar ligações químicas entre átomos que compõem moléculas, ou seja, são ionizantes. Quando essas radiações ionizantes incidem no corpo humano, elas podem destruir ligações químicas de células, presentes no corpo, inclusive células cancerígenas.

Dependendo da dose, do tempo de exposição, do local do corpo, estas radiações também podem provocar tumores malignos.

A energia dos raios X, utilizados na radioterapia está entre 4 a 25 MV (vinte e cinco mega volts, isso significa 25.000.000V) e substituem a terapia com a radiação emitida pelo Cobalto 60 (^{60}Co) ou pelo Césio 137 (^{137}Cs), que é a radiação gama, mais energética.

3.3. A radiação ionizante e os efeitos biológicos

Em 1895, Wilhelm Röntgen descobre a existência dos raios X, a partir daí estudos começaram a ser feitos e foi verificada a possibilidade de se observar a parte interna do corpo humano, pois estes raios penetravam as substâncias sólidas e tinham o mesmo efeito que a luz visível sobre uma chapa fotográfica, surgindo assim as radiografias.

A radiobiologia é o ramo da ciência que investiga a ação da radiação ionizante em tecidos biológicos e organismos vivos. Como nosso trabalho visa discutir conceitos envolvidos na Tomografia Computadorizada, a qual utiliza o raio X, vamos nos deter a essa radiação.

Há fontes artificiais de radiação como reatores nucleares, aceleradores de partículas, tubos de raios X e fontes naturais como radionuclídeos e radiação cósmica.

Segundo Okuno (2013), radiação é a energia que se propaga a partir de uma fonte emissora através de qualquer meio, podendo ser classificada como energia em trânsito. Ela se apresenta em forma de partícula atômica ou subatômica energética tais como partículas alfa, elétrons, pósitrons, prótons, nêutrons, ou pode se apresentar em forma de onda eletromagnética.

A capacidade da onda eletromagnética de afetar o normal funcionamento do organismo é o que mais preocupa o clínico, perante uma grávida, tendo em conta que doses pequenas de radiação podem causar efeitos devastadores no feto em formação (VELUDO, 2011).

Todavia, nem todas as células respondem a radiação da mesma forma, quanto maior a sua atividade reprodutiva, mais radiosensíveis elas serão, como as células dos fetos estão em um alto grau de diferenciação e multiplicando-se em alta velocidade, tornam-se mais susceptíveis aos efeitos da radiação.

A radiação ionizante inclui partículas beta, alfa, os raios gama e os raios X. Estas ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda curtos e frequência elevada, que possuem energia capaz de afetar a estrutura normal. A radiação interage com átomos, como resultado, modifica moléculas, transforma tecidos, interfere no funcionamento dos órgãos e finalmente pode comprometer o funcionamento normal do organismo como um todo (CRUZ, 2013).

Dependendo do tipo, intensidade e energia, a radiação ionizante pode provocar efeitos negativos no corpo humano. Pela sua alta energia a radiação ionizante pode penetrar a matéria e ionizar átomos rompendo suas ligações

químicas, causando danos em vários níveis dos sistemas e tecidos biológicos, decompondo as moléculas e formando radicais livres que afetam o DNA, podendo dar lugar a mutações.

As gestantes fazem parte de um grupo em que o uso de radiação para diagnóstico por imagem é preocupante, afinal, o embrião em formação é particularmente sensível à radiação, e é mais suscetível a sofrer alterações no seu genoma (YOSHIMURA, 2013).

Atualmente existe uma série de cuidados e métodos de proteção e barreira regulamentados pelas entidades competentes, que buscam evitar que não apenas gestantes e o público em geral façam qualquer tipo de exame por imagem sem proteção, mas também os profissionais experientes que estão expostos a radiações.

Em 1972, por exemplo, foi criado no Brasil o IRD (Instituto de Radioproteção e Dosimetria), que é um dos institutos da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que tem como objetivo atuar como centro de referência nacional nas áreas de radioproteção e metrologia das radiações ionizantes em aplicações na indústria, medicina, ciclo do combustível nuclear, assim como em todas as atividades que possam resultar na exposição do homem e do meio ambiente às radiações ionizantes.

Os seres vivos são formados de células constituídas por compostos inorgânicos (água e minerais) e orgânicos (proteínas, carboidratos, ácidos nucléicos e lipídios).

Os três principais constituintes de uma célula são: a membrana, responsável pela integridade do interior da célula, ela é uma estrutura semipermeável, responsável pelo transporte e seleção de substâncias que entram e saem da célula; o citoplasma, que sustenta todo o metabolismo e funções dentro da célula; e o núcleo, que contém a carga de informação genética do indivíduo o DNA, o conjunto de células dá origem aos diferentes tipos de tecidos.

Um grupo de células que juntas executam uma ou mais funções é referido como tecido. Um grupo de tecidos que juntos executam uma ou mais funções é chamado um órgão. Recebe o nome de sistema o conjunto de órgãos que atuam juntos para realizar uma determinada função.

Ainda segundo Bayo (2001), as radiações ionizantes são ondas eletromagnéticas que carregam energia. Ao interagirem com os tecidos, dão origem a elétrons rápidos que ionizam o meio e criam efeitos químicos como à hidrólise da

água, ruptura das cadeias de DNA, destruição de açúcares e bases nitrogenadas, podendo dar lugar a aparição a mutações que podem ser transmissíveis a descendência, quando produzidas em células germinativas.

As células humanas podem ser somáticas ou células germinativas. As células se propagam através da divisão: a divisão das células somáticas é chamada mitose, enquanto a divisão de células germinativas é chamada meiose. Quando uma célula somática se divide, duas células são produzidas, cada uma carregando um complemento cromossômico idêntico ao da célula original. As novas células em si podem sofrer divisão adicional, e o processo continua.

As células somáticas são classificadas como:

- Células-tronco, que existem para se autoperpetuar e produzir células para um população celular (por exemplo, células estaminais do sistema hematopoiético, epiderme e mucosa do intestino);
- Células de trânsito, que são células em movimento para outra população (por exemplo, reticulócito que está se diferenciando para se tornar um eritrócito);
- Células maduras, que são totalmente diferenciadas e não exibem atividade (por exemplo células musculares e tecido nervoso).

Para Cotran, Kumar e Robbins (2005), diversas situações podem perturbar esse comportamento normal das células, tais como: agentes tóxicos e exposição a radiação ionizante.

Quando as células são expostas à radiação ionizante, os efeitos biológicos resultam principalmente em danos ao DNA que é o mais crítico alvo dentro da célula; no entanto, existem também outras regiões na célula que, quando danificado, pode levar à apoptose, ou seja, a morte celular.

A morte celular pode ocorrer então por variados mecanismos, desde a inativação de sistemas vitais para a célula até sua incapacidade de reprodução.

Se o dano é oncogênico (indução do câncer), sua expressão pode ser adiada por anos (efeitos tardios da radiação). A presença ou ausência de oxigênio molecular em uma célula também pode influenciar no efeito biológico da radiação ionizante: quanto maior a oxigenação celular, maior é o efeito biológico da radiação ionizante.

De acordo com Okuno (2013), os átomos do nosso corpo estão unidos, formando moléculas, algumas muito pequenas como a molécula da água, e outras muito grandes como a molécula de DNA. Esses átomos estão unidos por forças

elétricas (a força de Coulomb). Quando uma partícula ionizante arranca um elétron de um dos átomos de uma molécula do nosso corpo, pode causar sua desestabilização que resulta em quebra da molécula.

Existem vários fatores que podem influenciar no desenvolvimento de um câncer maligno, que sendo um processo muito complexo, não é possível identificar apenas uma causa desde a radiação ionizante aos agentes químicos que causam dano ao DNA induzindo às mutações.

Câncer é um termo abrangente para designar crescimento celular descontrolado. Basicamente se desenvolve quando há falha nos processos que induzem a divisão celular, defeito no controle do ciclo de divisão celular e/ou desequilíbrio no controle da morte celular programada (apoptose). Célula cancerosa é uma célula somática com mutações acumuladas em diferentes genes ou grupos de genes, resultando em perda do controle de proliferação celular. Como consequência, forma-se massa celular denominada tumor, com capacidade ilimitada de crescimento (PASTERNAK, 2002).

O tempo de ciclo das células malignas é menor do que o de algumas células do tecido, mas durante a regeneração após a lesão, as células normais podem proliferar mais rápido.

As alterações genéticas podem ocorrer em qualquer célula, em qualquer estágio do ciclo celular, resultantes de mutações genéticas, aberrações cromossômicas, recombinações e elementos genéticos de transposição (GRIFFITHS et al., 2002).

As várias características da forma de atuação da radiação no corpo humano são descritas a seguir de acordo com Yoshimura (2013).

Sequência dos Estágios da ação

- Estágio físico em que ocorre a ionização de um átomo num intervalo de tempo aproximado de 10^{-15} s;
- Estágio físico-químico, quando ocorrem as quebras das ligações químicas das moléculas que sofreram ionização, com duração de uns 10^{-6} s;
- Estágio químico, quando os fragmentos da molécula se ligam a outras moléculas, com duração de poucos segundos;
- Estágio biológico que pode durar dias, semanas ou até várias dezenas de anos quando surgem efeitos bioquímicos e fisiológicos com alterações morfológicas e funcionais dos órgãos.

Mecanismos de ação

Eles podem ser de dois tipos:

- Mecanismo direto, quando a radiação interage diretamente com as moléculas importantes como as de DNA, podendo causar desde mutação genética até morte celular;
- Mecanismo indireto, quando a radiação quebra a molécula da água, formando assim radicais livres que podem atacar outras moléculas importantes. Esse mecanismo é importante, uma vez que nosso corpo é composto por mais de 70% de água.

Natureza dos efeitos biológicos

Quanto à natureza, os efeitos podem ser classificados em reações teciduais e efeitos estocásticos:

- Reações teciduais: resultam de dose alta e somente surgem acima de certa dose, chamada dose limiar cujo valor depende do tipo de radiação e do tecido irradiado. Um dos principais efeitos é a morte celular: se poucas células morrerem, o efeito pode nem ser sentido, mas se um número muito grande de células de um órgão morrer, seu funcionamento pode ser prejudicado. Nessas reações, quanto maior a dose, mais grave é o efeito. Um exemplo é a queimadura que pode ser desde um leve avermelhamento até a formação de grandes bolhas. Até recentemente acreditava-se que as reações teciduais eram efeitos que surgiam pouco tempo após a exposição. Os estudos epidemiológicos dos sobreviventes das bombas atômicas lançadas pelos americanos no Japão começaram a mostrar evidências de que há efeitos bastante tardios que resultam de danos nos tecidos e são doenças vasculares cardíacas e cerebrais além da opacificação do cristalino, a catarata. Esses efeitos estão sendo recentemente comprovados com a coleta de dados de pessoas submetidas a radioterapia e no caso da catarata em médicos intervencionistas.
- Efeitos estocásticos: são alterações que surgem em células normais, sendo os principais o câncer e o efeito hereditário. As recomendações de proteção radiológica consideram que esse tipo de efeito pode ser induzido por qualquer dose, inclusive dose devido a radiação natural; são sempre tardios e a

gravidade do efeito não depende da dose, mas a probabilidade de sua ocorrência aumenta com a dose. Os efeitos hereditários ocorrem nas células gaméticas e podem ser repassadas aos descendentes.

Como foi apontado, a radiação ionizante é maléfica para o ser humano, no entanto, é possível utilizar a radiação ionizante para tratamentos de câncer por meio da radioterapia.

A radioterapia é um método capaz de destruir células tumorais, empregando feixe de radiações ionizantes. Uma dose pré-calculada de radiação é aplicada em um determinado tempo a um volume de tecido que engloba o tumor, buscando erradicar todas as células tumorais, com o menor dano possível às células normais circunvizinhas, à custa das quais se fará a regeneração da área irradiada.

Segundo a Comissão Internacional para Proteção Radiológica, a utilização da radiação é muito benéfica para os pacientes, pois possibilita o acesso a diagnósticos radiológicos modernos que asseguram maior rapidez e precisão e podem ser utilizadas de forma terapêutica no tratamento de câncer, como por exemplo na radioterapia.

A ideia por trás do tratamento de câncer utilizando a radioterapia é produzir a morte das células cancerígenas. Um dos maiores problemas é a morte das células em volta do tumor. Mas os efeitos dependem do tempo de exposição à radiação e podem aparecer logo ou após anos. Para que a radiação atinja o maior número de células neoplásicas (cancerígenas) e a tolerância dos tecidos normais seja respeitada, a dose total deve ser fracionada em doses diárias iguais (BUSHBER et al., 2002).

Quando ocorrem as sessões de radioterapia, o corpo absorve certa quantidade de energia emitida pelos raios X. Essa energia da radiação incidente é convertida na quebra da ligação química entre as moléculas do corpo (de preferência quebra das moléculas do tumor).

A radioterapia pode ser radical (ou curativa), quando se busca a cura total do tumor; remissiva, quando o objetivo é apenas a redução tumoral; profilática, quando se trata a doença em fase subclínica, isto é, não há volume tumoral presente, mas possíveis células neoplásicas dispersas; paliativa, quando se busca a remissão de sintomas tais como, dor intensa, sangramento e compressão de órgãos; e ablativa, quando se administra a radiação para suprimir a função de um órgão, como, por exemplo, o ovário, para se obter a castração actínica (STECK, 2007).

Ainda segundo, Bushberg et al. (2002), existem muitos fatores que determinam a resposta biológica à exposição radiológica. Estes fatores incluem variáveis associadas com a fonte de radiação e com o sistema que é irradiado. Fatores relacionados com a radiação incluem a dose, tipo e energia da radiação, tal como a taxa de radiação e condições sob as quais a dose é administrada.

Quando falamos em submeter alguém a uma radiação ionizante, um dos parâmetros mais importantes é a dose. Temos dois conceitos para definir uma dose: dose absorvida (D) dada por Gray (Gy) e dose equivalente (H) dada por Sievers (Sv). O nome foi dado em homenagem ao médico sueco Rolf Maximilian Sievert (1896 - 1966) que estudou os efeitos biológicos da radiação. $1 \text{ Sv} = 1 \text{ Joule/kg}$ (METTLER et al., 2000).

Para se ter uma ideia de valores, doses entre 1 e 5 Sievers (Sv), recebidas em grandes áreas do corpo, afeta o sistema hemapoético. Doses entre 5 e 20 Sv afeta o sistema gastrintestinal e doses acima de 50 Sv afeta o sistema nervoso central.

A longo prazo, essas doses podem promover mutações de células reprodutoras que causam mutações nas gerações futuras podendo ou não passar para os descendentes.

Todavia, Louro et al. (2002), evidencia que a contribuição exclusivamente genética é responsável por apenas 5% de todos os tumores, e fração restante pode ser atribuída a fatores ambientais externos que atuam em conjunto com a suscetibilidade genética.

As mutações podem então ocorrer de forma espontânea, resultado do próprio metabolismo celular, ou das interações com o meio ambiente, induzidas por agentes físicos, químicos ou biológicos.

As salas onde são realizados os tratamentos médicos ou os exames por imagem devem ser revestidas por chumbo para que a radiação seja contida. Isto porque o chumbo é o material mais denso da natureza, e por isso aprisiona a radiação que, virtualmente, não consegue passar por ele.

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) e a Comissão Internacional de radiação em unidades e medidas (ICRU) são responsáveis para definir os limites máximos de radiação para o pessoal que trabalha e para o público em geral.

Radiação de alguns radionuclídeos depositados internamente não pode ser medida diretamente. A radioatividade destes radionuclídeos no corpo é determinada por bioensaios. As doses de radiação externa podem ser medidas diretamente pelos órgãos competentes, com o uso de instrumentos adequados;

Segundo Mettler et al. (2000), as doses permitidas pelos trabalhadores da radiação, o valor máximo, para 5 anos, não deve ultrapassar 100 mili Sieverts, podendo chegar a 50 mili Sievert em 1 ano.

A dose efetiva acumulada em 50 anos não pode ultrapassar 1 Sievert. Onde deve se observar os limites para cada parte do corpo humano para 1 ano de trabalho:

Corpo inteiro – 20 mili Sv

Cristalino – 150 mili Sv

Extremidades (mãos, pés, cotovelo) – 500 mili Sv

Para o público em geral não deve superar a marca de 1 miliSv por ano.

Este controle deve ser feito por dosímetros que acumulam a radiação que o usuário está sujeito e podem ser encontrados facilmente.

Segundo Rask, Elland e Vercoutere (2006), para a proteção dos trabalhadores, além do dosímetro, equipamentos de chumbo também são importantes, e manter a distância com a fonte radioativa, pois a energia cai com o inverso do quadrado da distância.

A blindagem do chumbo é devido a seu alto valor para a densidade em relação a seu custo de obtenção. Apesar de este metal não ser o mais denso já encontrado na natureza (acredita-se que o elemento químico mais denso é o Irídio), ele atende as exigências esperadas para uma boa blindagem, conforme podemos observar na tabela 01.

Tabela 01 – Relação entre a energia da radiação (raios X ou gama) e a camada de penetração no chumbo e no tecido humano.

Energia (MeV)	Camada Semi-redutora (cm)		
	Raios X ou gama	Tecido humano	Chumbo
0,01		0,13	$4,50 \times 10^{-4}$
0,05		3,24	$0,80 \times 10^{-2}$
0,10		4,15	$1,10 \times 10^{-2}$
0,50		7,23	0,38
1,00		9,91	0,86
5,00		23,10	1,44

Fonte: (RASK; ELLAND; VERCOUTERE, 2006).

A tabela mostra como os raios X, com energia de 1 Mega Eletron Volt (1.000.000 eV) podem ser blindados pelo chumbo. Observe que o raio X com esta energia citada atravessa 9,91 cm do tecido humano e apenas 0,86 cm de chumbo. Isto explica o motivo dos profissionais que trabalham com essa área devem utilizar equipamentos de proteção, como aventais de chumbo, por exemplo.

3.4 A Célula

Quando se estuda o mundo biológico, pode-se observar a existência de uma imensidão de formas viventes, como animais, vegetais, fungos, bactérias e protozoários, cada um com sua individualidade morfológica. As formas como estes seres se organizam a nível molecular e celular são campos de estudos das ciências biológicas.

Compreender e aprender os conceitos que envolvem o ensino sobre célula, suas características, tipos, funções são uma das condições essenciais para que o estudante possa entender e ter um senso crítico frente a algum processo que afete seu funcionamento normal.

O nome célula é originado da palavra grega *kyttos* (célula), e a latina *cella* (espaço vazio), esta deve seu nome a Robert Hooke, que no ano de 1665, ao investigar uma cortiça e observar finos cortes e espaços parecidos com celas mencionou seu nome pela primeira vez. Muitos autores definem célula como sendo a menor unidade anatômica e funcional do organismo, a menor estrutura do corpo que é capaz de desempenhar todas as funções vitais do organismo, formando parte da organização do corpo.

Para Robertis, Hib e Ponzio (2012), a célula é a unidade estrutural e funcional fundamental dos seres vivos, assim como o átomo é a unidade fundamental das estruturas químicas. Embora existam células que possam ser vistas a olho nu, a maioria dela é microscópicas. Os avanços nos estudos sobre células foram possíveis graças a descoberta e evolução dos estudos com a ajuda microscópica.

No século XVII, com o aperfeiçoamento do microscópio por Anton Van Leeuwenhoeck (1632 - 1723), que utilizou uma única lente de aumento que permitia

o aumento de até 300 vezes, as células foram analisadas e descritas pela primeira vez, nesta época os seres vivos eram divididos em apenas dois grupos, as plantas e os animais.

No ano de 1839, os pesquisadores alemães Matthias Scheiden e Theodor Schwann formularam a teoria celular, que defendia que todos os seres vivos são formados por células e definiram a célula como unidade morfológica e funcional dos seres vivos (LOPES, 2010).

A matéria vivente está composta pelos mesmos elementos químicos do mundo inorgânico, mas existe um ordenamento em seus componentes celulares e uma organização completa de suas funções, transformações químicas capazes de ordenar e gerar a vida.

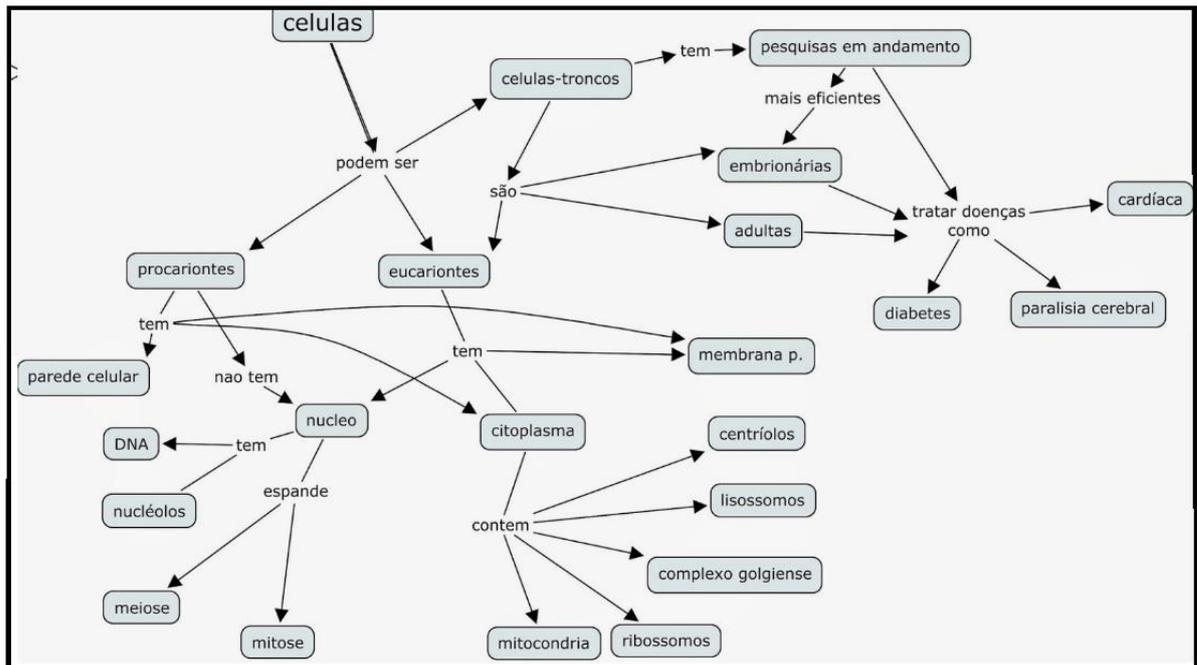
Alberts (1997), considera a célula um sistema químico dinâmico que opera distante do equilíbrio e que demanda energia livre e matérias primas adquiridos do ambiente. Toda célula é constituída por moléculas que executam em conjunto, funções específicas coordenadas para o bom funcionamento celular, na produção de aminoácidos, enzimas, lipídeos, carboídratos e vitaminas, responsáveis pela regulação do metabolismo e perpetuação da célula.

Na figura 05, exibimos um Mapa Conceitual sobre célula. De acordo com a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, como será abordado neste trabalho, é importante que o aprendiz seja capaz de fazer relações entre o conhecimento que já tem e o conhecimento novo, transmitido pelo professor. Inserido neste contexto, o Mapa Conceitual pode ser um método importante para o professor avaliar a aprendizagem significativa do aluno.

O corpo humano é composto por diversos tipos celulares distinguidos por sua forma e função, como por exemplo, células sanguíneas, ósseas, epiteliais, musculares e nervosas. O agrupamento de células forma tecidos, um agrupamento de tecidos vai formar um órgão que dará origem ao sistema e conseqüentemente ao indivíduo, ou seja formam níveis de organização celular.

Ou seja, as manifestações vitais do organismo resultam em uma série de integrados níveis de organização. De Robertis, Hib e Ponzio (2012), define que o conceito de níveis de organização se encontra no universo inteiro, tanto no mundo inerte como no mundo vivente, existem diversos níveis de complexidade, de maneira que as leis e as regras que se cumprem em um nível pode ou não se manifestar em outro.

Figura 05 – Mapa conceitual do ensino sobre células.



Fonte: <https://pt-static.z-dn.net/files/d8d/c7987b90a57e5de0e34e56fdcd643f56.jpg>. acesso em 05 de abril de 2019.

O quadro 02 mostra os limites que separam o estudo dos diferentes níveis dos sistemas biológicos. Os limites estão impostos artificialmente pelo poder de resolução dos instrumentos utilizados.

Quadro 02 – Limites dos níveis de organização celular.

Ramos da morfologia			
DIMENSÃO	RAMO	ESTRUTURA	MÉTODO
>0,1 mm	Anatomia	Orgãos	Olho e lente simples
100-10 µm	Histologia	Tecidos	Vários tipos de microscópios ópticos.
10-0,2 nm	Citologia	Células	Vários tipos de microscópios ópticos.
200-0,4 nm	Morfologia submicroscópica- Ultraestrutura	Componentes celulares	Microscopia eletrônica
< 1 nm	Estrutura Molecular e anatômica	Posição dos átomos	Difração de raios X

Obs: 1mm equivale a 1000 µm; 1 µm, a 1.000 nm.

Fonte: Adaptado de Robertis, Hib e Ponzio (2012)

A maioria das células são muito pequenas, existe a necessidade de as mesmas serem estudadas com a ajuda de microscopia óptica que possui uma resolução de $0,2 \mu\text{m}$ ($0,0000002 \text{ m}$) ou com o uso do microscópio eletrônico para observar parte das subestruturas celulares que medem entre $0,4$ a 200 nm ($0,0000000004 \text{ m}$ a $0,0000002 \text{ m}$), podendo ampliar o campo de observação até as macromoléculas.

Embora existam células que possam ser vistas a olho nu, a maioria delas é microscópica, os avanços nos estudos foram possíveis com evolução na construção dos microscópios, esses aparelhos contêm lentes que propiciam grande aumento da imagem de objetos. Os primeiros microscópios foram construídos no século XVI, mas somente no século XVII foram utilizados com função biológica.

De acordo com o percurso histórico da construção da teoria celular, para compreender a célula não basta apenas vê-la ao microscópio. Desde que a célula foi observada pela primeira vez por Robert Hooke em 1665 até a publicação da teoria celular por Schwann em 1839, podem ter ocorrido uma série de modificações em sua compreensão.

Robert Hooke foi o pioneiro na observação da estrutura que denominou de célula, porém, mesmo não havendo interesse biológico nas observações, haja vista ele analisou uma cortiça, suas contribuições foram de suma importância para o desenvolvimento da microscopia pioneira, o que o inclui no recorte da teoria celular.

De acordo com Silva e Aires (2016), as estruturas visíveis ao microscópio óptico não conduziram a noção da célula como unidade morfofuncional da vida, sendo necessário assim, entender o processo histórico que acompanha as teorias celulares.

A teoria de que todos os seres vivos são compostos por unidades biológicas microscópicas e foi sendo construída ao longo de muito tempo, a partir das contribuições de diversos naturalistas e sob a influência de diferentes concepções filosóficas dinâmicas. A forma como conhecemos hoje o termo célula teve início no século XVII, pela observação de células animais denominados glóbulos, observados por Leuwenhoek, em 1673.

Mesmo sabendo que todos os seres vivos eram compostos por células, ainda havia uma dúvida de como e onde elas se originavam, acreditava-se que surgiam do aglomerado de algumas substâncias, enquanto outros diziam que as células se originavam de outras pré-existentes, como o pesquisador alemão Rudolf Virchow.

O biólogo alemão Walter Fleming descreveu em 1878 em detalhes a divisão celular e chamou esse processo de mitose. Dessa forma a ideia da aglomeração de substâncias não era mais convincente.

Desse modo, a teoria mais aceita atualmente foi formulada no ano de 1838, pelos pesquisadores alemães Matthias Schleiden e Theodor Schwann, que defendiam que todos os seres vivos são formados por células, e se baseavam em três princípios fundamentais, o primeiro era que todo e qualquer ser vivo é formado por células o segundo que as células são unidades funcionais dos seres vivos e o terceiro que toda célula se origina de outra pré-existente.

Segundo Prestes (1998), os pilares da teoria Celular de Schwann foram a constatação funcional do núcleo nas células animais e a admissão de que estas células se originaram de maneira semelhante as células vegetais, com algumas diferenças, e em suas pesquisas foram encontrados relatos de observações de tecidos embrionários, cartilagens e tecido nervoso.

No decorrer da síntese histórica é evidente que as primeiras observações da célula ao microscópio, tenha tido diversas interpretações, influenciadas pelo contexto de cada época disponibilizada também pelo conhecimento disponível, todavia, a teoria celular colaborou para uma definição mais consistente da célula, que conhecemos hoje.

Esse mesmo autor evidencia que Schwann ainda reduz a concepção do organismo para a célula, localizando na própria célula a base de todas as funções vitais, afirmando que:

[...] “se constatamos que algumas dessas partes elementares [...] são capazes de se separar do organismo e que seguem um crescimento independente, podemos então concluir que cada parte elementar, cada célula, possui um poder próprio, uma vida independente, através da qual seria capacitada a desenvolver-se independentemente, desde que as relações com o exterior fossem semelhantes às que encontra no organismo. A célula-ovo dos animais nos fornece o exemplo de tais células independentes, crescendo à parte no organismo” (PRESTES, 1998, p.11).

Sendo assim, no decorrer da síntese histórica é evidente que as primeiras observações da célula ao microscópio, tenha tido diversas interpretações, influenciadas pelo contexto de cada época disponibilizada também pelo

conhecimento disponível, todavia, a teoria celular colaborou para uma definição mais consistente da célula, que conhecemos hoje.

Podemos classificar as células em procariontes e eucariontes. As primeiras representam um grupo dito monera, não possuem carioteca e sistema de endomembranas; as enzimas respiratórias estão associadas a membrana celular e o cromossomo é a molécula única de DNA. As segundas, podem ser divididas em unicelulares e pluricelulares; tem membrana, citoplasma e núcleo com carioteca. Há um sistema de endomembranas que formam organelas como o retículo endoplasmático, complexo de golgi, mitocôndrias e lisossomos, que desempenham diversas funções vitais para a célula.

Segundo Robertis, Hib e Ponzio (2012) os procariontes são os antecessores dos eucariontes, do ponto de vista evolutivo, apesar das diferenças essas células possuem algumas semelhanças em sua organização celular, utilizam o mesmo código genético e podem sintetizar proteínas.

No quadro 03 é possível analisar as características principais de organização das células procariontes e eucariontes.

As células estão divididas em diversos compartimentos, apresentam uma membrana plasmática dupla lipoprotéica semipermeável, através da qual realiza a troca de substâncias com o meio, possui um citoplasma gelatinoso formado por uma dissociação coloidal de biomoléculas, onde estão imersas todas as organelas celulares, cada qual possuindo uma função específica para o vital funcionamento da célula, e o núcleo que possui o material genético representado pelo DNA ou RNA.

Na figura 06, é possível observar a representação didática de uma célula animal, onde aparecem as delimitações da membrana plasmática, do núcleo e as organelas celulares imersas no citoplasma.

Outra característica importante é como ocorre a aquisição de energia, podendo ser diferenciadas autótrofas ou heterótrofas. São denominadas autótrofas as que produzem energia do seu próprio metabolismo, utilizando o processo de fotossíntese, como por exemplo, os vegetais e algumas algas.

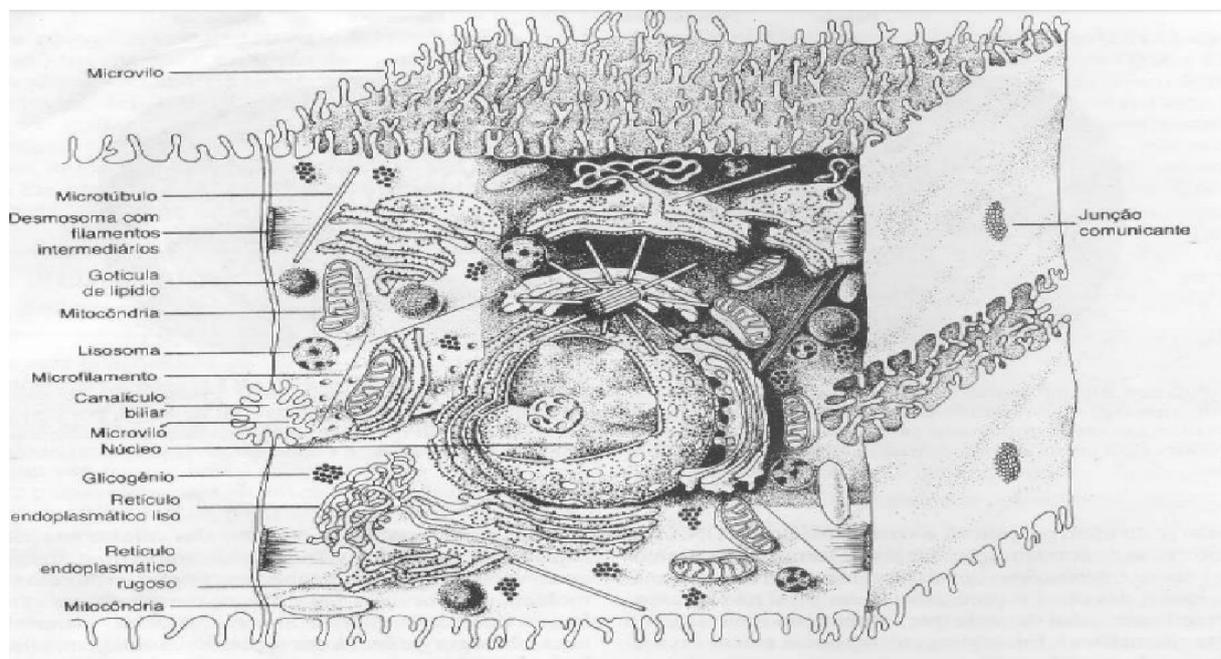
As pertencentes aos heterótrofos, no caso todos os animais, adquirem a energia necessária para sua sobrevivência através da respiração aeróbica, e obtenção e síntese de hidratos de carbono, advindos da alimentação.

Quadro 03 – Organização celular em procariontes e eucariontes.

Organização Celular de Procariontes e Eucariontes		
	PROCARIOTES	EUCARIOTES
Envoltura Nuclear	Ausente	Presente
ADN	Sem carioteca	Combinado com Proteínas
Cromossomos	Único	Múltiplos
Nucléolos	Ausentes	Presente
Divisão	Binária	Mitosis e Meiosis
Ribosomos	70S (50+30S)	80S (60S+ 40S)
Endomembranas	Ausentes	Presente
Mitocôndrias	Ausentes	Presente
Cloroplastos	Ausentes	Presente em célula vegetal
Parede Celular	Não celulósica	Celulósica em vegetais
Endocitose e Exocitose	Ausentes	Presente
Citoesqueleto	Ausentes	Presente
Obs. S é a unidade Svedberg de sedimentação, que depende da densidade e da forma da molécula.		

Fonte: ROBERTIS; HIB; PONZIO, 2012.

Figura 06 – Representação tridimensional de célula eucarionte animal, (Célula do Fígado).



Fonte: JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2000.

O corpo humano possui cerca de 100 trilhões de células, que podem desempenhar funções metabólicas de respiração, movimento, reação a estímulos externos, utilizar energia para efetuar suas tarefas e se reproduzir, graças a presença de organelas celulares, no quadro 04 é possível verificar a organização geral de uma célula eucarionte apresentando seus principais componentes e subcomponentes e suas respectivas funções.

Quadro 04 – Organização geral de uma célula Eucarionte.

ORGANIZAÇÃO GERAL DE UMA CÉLULA EUKARIOTE		
Principais Componentes	Subcomponentes	Funções
Membrana Celular	-Parede celular -Membrana plásmatica	Proteção Interações celulares permeabilidade seletiva Exocitose Endocitose
Núcleo	-Cromossomos -Nucléolos	Informação genética, síntese de ribossomos.
Citosol	-Enzimas solúveis -Ribossomos	Glucólise síntese protéica
Citoesqueleto	-Filamentos intermediários -Microtúbulos e Centrosoma -Filamentos de actina	Forma e mobilidade da célula
Estruturas Microtubulares	-Corpusculos basais -Cílios -Centríolos	Mobilidade celular
Organoides do sistema de endomembranas	-Retículo Endoplasmático -Complexo de Golgi e -Endossomas Lisossomas	Síntese e processamento de lipídios e glicídios. Digestão celular.
Outras organelas	-Mitocôndrias -Cloroplastos -Peroxisomas	Síntese de ATP Fotossíntese Destoxificação.

Fonte: ROBERTIS; HIB; PONZIO, 2012.

Segundo Lodish et al. (2005), o núcleo é a maior organela de uma célula animal, sendo circundada por duas membranas. Nos poros nucleares, as membranas nucleares parecem fundir-se, formando um complexo em forma de anel composto de proteínas de membrana específicas através do qual as substâncias se movem entre o núcleo e o citosol. A membrana nuclear interna é sustentada pela lâmina nuclear, esta confere resistência e estabelece a forma do núcleo.

O núcleo é separado do citoplasma pelo envelope nuclear, de dupla membrana, com poros. O citoplasma das células eucariontes possui um sistema de membranas muito desenvolvidas (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2000).

Os núcleos das células somáticas possuem cromossomos homólogos, estes são formados por DNA, neles está contido o projeto para a formação de um novo ser. Todos os seres vivos são resultados da transmissão de uma cópia desse “projeto” que é passado de uma geração para a outra.

O DNA estabelece como deve ser o novo indivíduo, a qual espécie vai pertencer, quais serão suas características, não sendo possível observá-lo a olho nu, porém, no momento da divisão celular ele sofre uma compactação formando cromossomos visíveis ao microscópio, a quantidade de cromossomos varia de uma espécie para outra, os cachorros por exemplo possuem 78 pares de cromossomos enquanto os seres humanos possuem 46.

O modelo da estrutura molecular do DNA foi proposto em 1953 pelos pesquisadores Watson e Crick, e é aceito até os dias atuais. Segundo esse modelo a molécula de DNA é constituída por uma dupla hélice formada por cadeias de nucleotídeos dispostos espiraladamente em torno de um eixo, unidas entre si por pontes de hidrogênio, que se formam entre as bases nitrogenadas (LOPES, 2010).

Considerado como a molécula da vida, o DNA, possui códigos específicos que desencadeiam a produção de proteínas em todos os seres vivos, de forma coordenada e complexa. As funções celulares não ocorrem de forma espontânea, o DNA desempenha uma função primordial na organização dessas reações e também é responsável pela transmissão das características herdáveis.

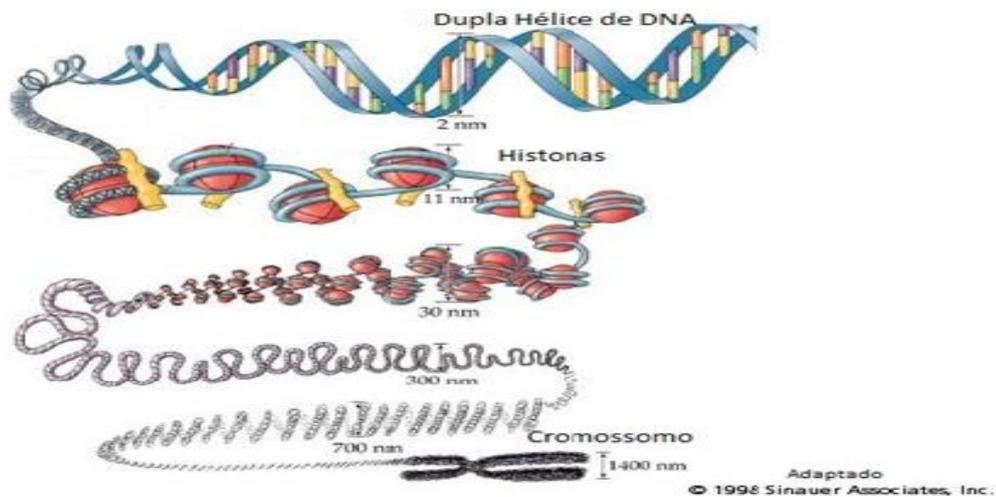
Na figura 05, pode-se observar um esquema didático de como o cromossomo é formado, com a sua desespiralização, surgem as proteínas histonas que auxiliam no enovelamento da fita dupla do DNA, até sua transformação em cromossomo.

O mecanismo de síntese de proteínas pode ajudar a compreender a manifestação de vários caracteres normais e patológicos, pois várias doenças

ocorrem pela alteração de genes que deixam de executar sua função normal, pois durante a replicação do DNA pode ocorrer a substituição incorreta de uma base causando mutações gênicas, podendo provocar alterações nas características do indivíduo, podendo ser prejudiciais ou não.

Sendo assim, outra característica primordial das células é a possibilidade que elas têm de se reproduzirem, todo esse processo é coordenado pelo núcleo e conseqüentemente dependente da ação do DNA, podendo ocorrer uma mitose ou uma meiose.

Figura 07 – Compactação do DNA de dupla hélice (no topo da figura), até o cromossomo.



Fonte: <https://www.qieducacao.com/2011/03/estrutura-do-dna-cromossomos.html>. Acesso em 11/02/2019.

A reprodução celular ocorre apenas quando o número de cromossomos é duplicado dentro da célula dando origem a uma cópia exata de si. “A estabilidade do número de cromossomos é mantida por meio de uma classe especial de divisão celular denominada mitose. Nela são gerados núcleos filhos com o mesmo número de cromossomos, sendo as células filhas idênticas a suas antecessoras” (ROBERTIS; HIB; PONZIO, 2012, p.14).

Nos seres procariontes a divisão ocorre de forma rápida por bipartição ou cissiparidade, um processo simples que consiste na duplicação do material genético e em seguida a divisão do citoplasma, podendo dar origem a uma nova geração de células, essa divisão celular leva o nome de mitose.

A célula também pode se dividir por meiose, um processo de divisão celular mais complexo, que ocorre em várias fases, uma delas chamada *Crossing over* que garante a variabilidade genética, ela ocorre dentro das gonodas masculina e feminina, ou seja nos testículos e nos ovários.

Para Robertis, Hib e Ponzio (2012 p.15) “Se os gametas masculino e feminino fossem diplóides ($2n$), o zigoto resultaria em número duplo de cromossomos. Para evitar isso, as células sexuais predecessoras dos gametas experimentam um tipo especial de divisão celular denominada meiose, em que o número diplóide se reduz pela metade, tornando-se haploide ($1n$).”

Células saudáveis se multiplicam quando é necessário e conseqüentemente são eliminadas quando o corpo não necessita mais delas, porém, quando a reprodução ocorre de forma desordenada pode gerar um desequilíbrio celular e desencadear metástase, que são divisões muito rápidas e, por vezes agressivas e incontroláveis, que dão origem ao câncer maligno, podendo invadir tecidos saudáveis e se espalharem por todo o corpo.

Um aglomerado de células cancerígenas pode prejudicar o bom funcionamento do órgão afetado, a velocidade de multiplicação celular pode diferenciar os diversos tipos de cânceres existentes.

A base biológica do câncer está fundamentada na perda da capacidade normal da célula de regular sua divisão. As células cancerígenas não param de se multiplicar. Com isso, crescem sobre as outras, invadem tecidos saudáveis e multiplicam-se muito formando massas celulares que são tumores malignos (LOPES, 2010).

3.4.1 Morte Celular

As células são verdadeiras máquinas, todos os seus processos internos são ordenados pela própria célula, elas estão em funcionamento contínuo, e dentro de todo seu desenvolvimento também chega a morte.

Para que ocorra um padrão de qualidade, constantemente as células do nosso corpo são renovadas quando chegam ao fim de suas vidas, ou quando danificadas são substituídas para que não causem danos ao organismo, esse processo é chamado de morte celular programada.

O desenvolvimento e a manutenção dos organismos multicelulares dependem de uma interação entre as células que o constituem. No desenvolvimento embrionário, muitas células produzidas em excesso são levadas a morte, contribuindo para a formação dos órgãos e tecidos (MEIER; FINCH; EVAN, 2000).

Durante muito tempo, a morte celular foi considerada um processo passivo de caráter degenerativo, que ocorre em situações de lesão celular, infecção e ausência de fatores de crescimento, porém a apoptose pode ocorrer nas mais diversas situações, como por exemplo, na organogênese e hematopoiese normal e patológica, na reposição fisiológica de certos tecidos maduros, na atrofia dos órgãos, na resposta inflamatória e na eliminação de células após danos celular por agentes genotóxicos.

As mortes celulares fisiológicas ou programadas ocorrem devido a uma série de mudanças morfológicas que recebem o nome de apoptose, termo que se usa para diferenciar as mortes celulares acidentais produzidas por traumatismos, substâncias tóxicas, obstruções vasculares que se denominam necrose (ROBERTIS; HIB; PONZIO, 2012).

Além do apoptose, alguns autores descrevem ainda a classificação de outros tipos de morte celular com a necrose e a senescência.

A necrose é um tipo de morte na qual as células sofrem um insulto que resulta no aumento do volume celular, agregação da cromatina, desorganização do citoplasma, perda da integridade da membrana plasmática e conseqüente ruptura celular. Durante a necrose o conteúdo celular é liberado, causando dano as células vizinhas e uma reação inflamatória no local (ZIEGLER, 2004).

A senescência é um processo metabólico ativo essencial para o envelhecimento e ocorre por meio de uma programação genética que envolve deterioração dos telômeros e ativação de genes supressores tumorais. As células que entram em senescência perdem a capacidade proliferativa após um determinado número de divisões celulares (MOOI, 2006).

Como é um evento regulado de morte celular e necessita de um estímulo inicial, este pode ter origem no interior da célula ou é provocado por fatores externos como a radiação ionizante ou agentes quimioterápicos.

O método de indução da morte celular pode ser, inclusive, usado no tratamento de alguns tipos de câncer, com a utilização de radiação para o controle e proliferação de um tumor em desenvolvimento. Sendo assim, o equilíbrio entre a morte celular e a sua proliferação resulta em um processo de renovação celular.

4. TEORIAS DE APRENDIZAGEM – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

As potencialidades humanas podem ser instigadas, aprimoradas e ampliadas. Geralmente, estas ações são pautadas numa crença teórica.

De acordo com Moreira et al. (2010), uma teoria é uma tentativa humana de sistematizar uma área do conhecimento, uma maneira particular de ver as coisas, de explicar e prever observações, de resolver problemas.

Desta forma, uma teoria de aprendizagem representa o ponto de vista de um autor/pesquisador sobre como interpretar este processo, quais as variáveis independentes, dependentes e intervenientes.

As teorias de aprendizagem ditas behavioristas acreditam no poder do estímulo-resposta (E-R) sem interferências da mente humana. As investigações em animais mostraram que algumas técnicas são eficientes para obtermos comportamentos desejados. No entanto, as teorias behavioristas foram criticadas pelos cognitivistas que apostaram na relevância da cognição humana no processo da aprendizagem.

Entre os teóricos que desenvolveram as teorias cognitivistas para a aprendizagem, o processo mental, ou raciocínio e a organização desempenham papel fundamental.

Dentre estes teóricos podemos destacar, Vigotski, Piaget e Ausubel como os mais significativos para o processo ensino aprendizagem no Brasil.

Ressaltamos aqui que estes teóricos descrevem processos da aprendizagem cognitiva sem considerar as diferenças específicas. Por outro lado, no sistema educacional brasileiro, a inclusão tem ocorrido de forma aleatória e sem pressupostos teóricos que embasam o trabalho do professor. Numa sala de aula do ensino regular, o professor poderá encontrar, desde alunos com altas habilidades, os que precisam de metodologias diferenciadas como cegos, surdos e mudos, ou alunos com deficiência cognitivas, diagnosticados como autistas, como desatentos ou hiperativos, com síndrome de Asperger, entre outros. Nestes casos, o professor deverá adaptar suas metodologias de forma a atender esse público específico. Uma das formas aqui sugerida, é o uso da diversidade metodológica e de atividades didático pedagógicas. Desenhos, entrevistas, elaboração de histórias e sua

representação na forma de cenas teatrais, brincadeiras e jogos que envolvam o tema. No entanto, não abordaremos essas especificidades da sala de aula.

Inserido neste contexto, resumidamente, para o psicólogo e biólogo Jean Piaget (1896 - 1980), aprender envolve o ato de organizar, estruturar e explicar a realidade a partir daquilo que se vivencia nas experiências com os objetos. Para ele, o desenvolvimento cognitivo é formado por estágios do desenvolvimento pessoal do indivíduo. Cada um destes estágios, ordenados, define um momento do desenvolvimento ao longo do qual a criança apresenta uma estrutura cognitiva e afetiva, específicas.

No Brasil, o movimento escola novista de 1932 e as Pedagogias do Aprender a Aprender da década de 90, ambas em oposição ao ensino tradicional, defendem as metodologias de ensino centradas no aluno, com base na teoria de aprendizagem de Jean Piaget. Assim, o currículo foi ajustado ao aluno com 'conteúdos significativos', interpretados aqui, como conteúdos do seu cotidiano.

Para Gaspar (1997), estas crenças embasadas na teoria da aprendizagem de Piaget levaram ao esvaziamento do currículo e a expropriação do papel do professor como transmissor do conhecimento. Isto porque, na teoria de Piaget, a aprendizagem centrada no aluno, levou a metodologias ativas como único processo viável para a promoção da aprendizagem. O aluno foi colocado no centro do processo de ensino aprendizagem. Seu nível de evolução cognitiva balizava o nível do conteúdo que deveria ser apresentado pela escola.

Esse perfil da "escola ativa" se encaixa na visão de uma Ciência positivista, ou seja, uma Ciência que se desenvolve pelo Método Científico onde a observação afiança um modelo explicativo, comprovado ou não por experimentos. E, apesar dessa abordagem ser severamente criticada pelos epistemólogos do século XX¹, é ela que aparece, ainda, nos livros didáticos e na maioria dos artigos que circulam entre os professores (ZANATTA; LEIRIA, 2018).

Ou seja, na prática, a Ciência positivista, linear, fragmentada, descontextualizada, socialmente neutra e acumulativa não se opõe as metodologias ativas. Pelo contrário, as reforçam. Isto porque nesta dinâmica o professor mantém seu papel de orientador de atividades que começam e terminam com propósitos

¹ O desenvolvimento da Física Moderna compreendida pela Teoria da Relatividade Geral e Restrita e pela Física Quântica só foi possível porque o Método Científico não foi utilizado. Os resultados que estas teorias trouxeram mudou de forma radical a definição do seja Ciência. Se ainda não há uma definição totalmente aceita do que seja Ciência, pelo menos não há dúvidas de que não é aquela defendida pelo positivismo.

específicos para demonstrações de conceitos desconexos e alienados, exatamente como os conteúdos de Física são apresentados nos livros didáticos.

Esse movimento, iniciado pela escola novista, foi reforçado na década de 90 como um movimento mundial do papel da escola pautado nos 04 pilares da educação ditado pela UNESCO: aprender a aprender, aprender a ser, aprender a fazer e aprender a conviver.

Para Martins e Duarte (2010), existe uma quase total hegemonia na enculturação das “pedagogias do aprender a aprender” que, sob o pretexto da ineficiência do ensino tradicional, promovem uma educação ineficaz para a superação da sociedade capitalista. Neste contexto, a educação assume um papel utilitário imersa num relativismo epistemológico que se reflete num currículo voltado à resolução de problemas práticos do cotidiano do aluno. Os autores ainda, citam que:

Não é de 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 (MARTINS; DUARTE, p. 38, 2010).

Diversamente, Lev Semyonovich Vygotsky (1896 – 1934) elaborou a teoria histórico-cultural para o desenvolvimento humano, a qual defende que a aprendizagem é o resultado de um processo cultural, dependente das relações pessoais. Esta teoria devolve o papel protagonista do professor ou do parceiro mais capaz e defende a pedagogia histórico-crítica como a mais promissora do desenvolvimento escolar acadêmico.

Nesta teoria o desenvolvimento humano não é pensado como algo natural nem mesmo como produto exclusivo da maturação do organismo, mas como um processo oriundo das relações sociais.

A escola surgirá então como lugar privilegiado para o desenvolvimento, pois é o espaço em que o contato com a cultura é feito de uma forma sistemática, intencional e planejada.

Apesar de no estado do Paraná adotarmos oficialmente a pedagogia histórico-crítica, a sedução do que se entende por construtivismo, ou seja, a pedagogia que centraliza a aprendizagem no aluno, leva muitos professores utilizarem as metodologias ditas ativas sem, necessariamente, tomar uma atitude crítica e reflexiva.

De acordo com o pesquisador norte-americano David Paul Ausubel (1918-2008) a aprendizagem ocorre quando o professor leva em consideração o que o aluno já sabe, definido por ele como, subsunçores.

Sua teoria é conhecida por Teoria da Aprendizagem Significativa, Ausubel (MOREIRA, 2010, p.14) define a aprendizagem significativa como sendo:

“A aprendizagem significativa processa-se quando o material novo, ideias e informações que apresentam uma estrutura lógica, interage com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade”.

Moreira (2010), defende que a proposta de Ausubel é uma explicação teórica do processo de aprendizagem do ponto de vista cognitivista, sobre esta perspectiva destaca que:

[...] “está se encarando a aprendizagem como um processo de armazenamento de informações, condensação em classes mais genéricas de conhecimento, que são incorporados a uma estrutura na mente do indivíduo, de modo que esta possa ser manipulada e utilizada no futuro” (p.13).

Além disso outro autor defique que a aprendizagem significativa pode ser conceituada da seguinte maneira:

Por aprendizagem significativa entendo uma aprendizagem que é mais do que uma acumulação de fatos. É uma aprendizagem que provoca modificação na estrutura cognitiva, que pode se manifestar no comportamento do indivíduo, na orientação futura que escolhe ou nas suas atitudes e na personalidade. É uma aprendizagem penetrante e permanente e que não se limita a um aumento de conhecimento, mas que penetra profundamente todas as parcelas da sua existência (ROGERS, 2001, p. 1).

Portanto, na perspectiva cognitivista, é a organização das informações que possui relevância no desenvolvimento da aprendizagem, a teoria cognitivista busca desenvolver habilidades de organização dessas informações e integração do material de aprendizagem à estrutura cognitiva.

Sobre esta estrutura cognitiva, os teóricos do cognitivismo tomam como premissa sua existência, e a partir disso se baseiam nesta premissa para buscar entender como essa organização e integração se processam.

De acordo com Moreira (2010, p.14) a estrutura cognitiva, segundo Ausubel, pode ser entendida como:

“A estrutura cognitiva entendida como o conteúdo total de ideias de um certo indivíduo e sua organização; ou conteúdo e organização de suas ideias em uma área particular de conhecimento”. (MOREIRA, 2010, p. 14).

Os autores ainda estendem a ideia e fornecem uma síntese sobre o que é a estrutura cognitiva: “É o complexo organizado resultante dos processos cognitivos, ou seja, dos processos mediante os quais se adquire e utiliza o conhecimento”. Ao possuímos uma definição do que é a estrutura cognitiva, podemos avançar a discussão sobre como aprendemos.

Segundo Tavares (2007), existem três requisitos essenciais para que ocorra uma aprendizagem significativa: a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica; a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva que possibilite a conexão com o novo conhecimento; a atitude explícita de aprender a conectar o seu conhecimento com aquele que pretende absorver.

O mecanismo de subsunção utiliza a ideia de ancoragem, as informações prévias relevantes e inclusivas disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz são consideradas pontos de “ancoragem”, e em tais pontos disponíveis o novo material de aprendizagem irá se ancorar.

Ainda, segundo Ausubel, essa interação possui duas características importantes, deve ser uma “experiência consciente”, ou seja, deve haver uma intenção pessoal por parte do aprendiz em interagir com novo material de aprendizagem. Outra característica destacada é a necessidade desta interação ser “articulada e precisamente diferenciada”.

Na promoção da aprendizagem significativa, deve-se considerar de forma relevante o papel do professor, pois é ele que irá conduzir os diálogos e estabelecer uma relação com o aluno de modo a interagir com o mesmo, estimulando e facilitando o processo da criação de significados e promoção de conhecimento.

O professor deve mediar a relação ativa do aluno com a matéria, inclusive com os conteúdos próprios de sua disciplina, mas considerando o conhecimento, a experiência e o significado que o aluno traz para sala de aula, seu potencial cognitivo, sua capacidade e interesse seu procedimento de pensar seu modo de trabalhar.

Dessa forma, é possível desenvolver um material potencialmente significativo no processo de aprendizagem cognitiva quando o professor se baseia no conhecimento prévio do aluno.

Neste sentido, para Moreira (2001, p.15):

“Um material simbólico é potencialmente significativo quando pode ser relacionado, de forma substantiva e não arbitrária, a uma estrutura cognitiva hipotética [...]” (MOREIRA, 2010, p. 15).

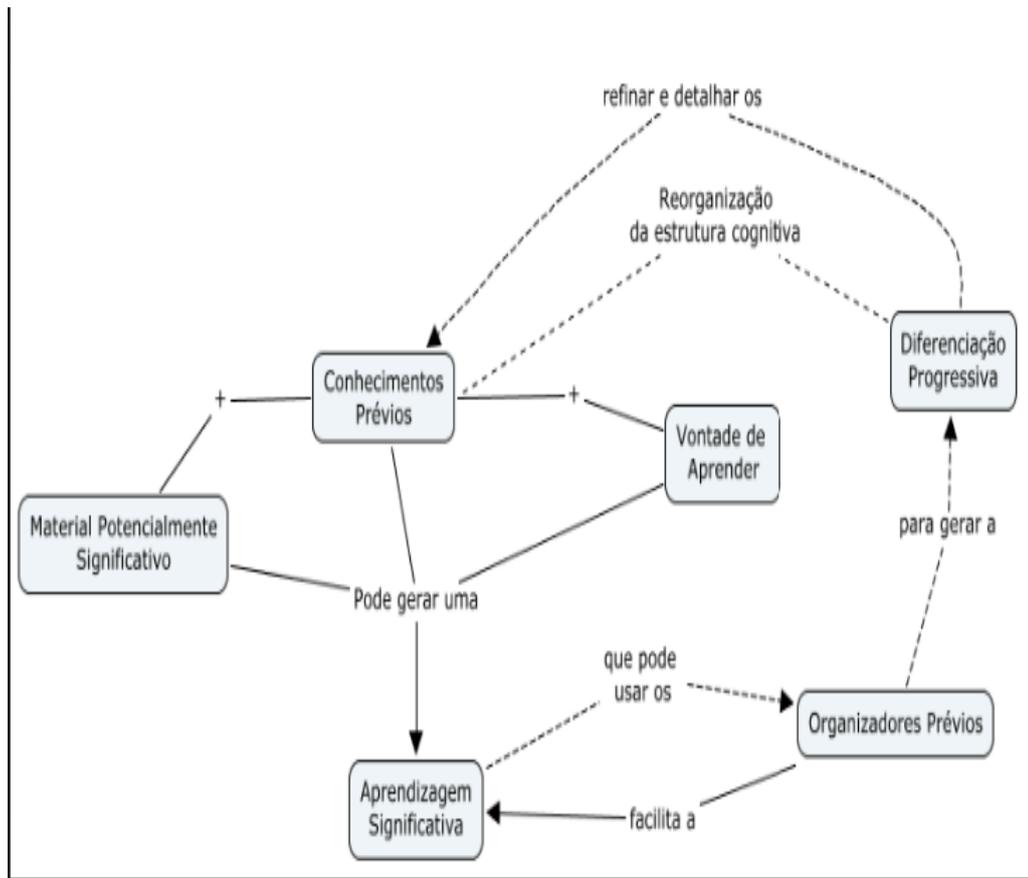
Uma técnica para a sondagem da aprendizagem significativa, é a utilização dos mapas conceituais. Eles têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Uma proposição é constituída de dois ou mais termos conceituais unidos por palavras para formar uma unidade semântica (NOVAK; GOWIN, 1988).

Segundo Novak e Gowin (1998), através do mapa de conceitos podemos analisar e classificar as proposições estabelecidas, a hierarquia, as ligações cruzadas, os exemplos, observar a presença de subsunçores, inclusão de conceitos e a presença de palavras de ligação. Para Almeida, Souza e Urenda (2003), a proposição é válida quando se instaura significado entre os conceitos, bem como as ligações cruzadas sejam ligações na horizontalidade, que indicam a complexidade das relações do conceito na estrutura cognitiva do aprendiz.

Na figura 08, podemos observar um exemplo de um Mapa Conceitual para demonstrar as relações da aprendizagem significativa. Observe que a aprendizagem significativa promove uma alteração na estrutura cognitiva do aprendiz. Diferentemente da aprendizagem mecânica.

Segundo Moreira e Buchwertz (1987), não há um mapa certo ou errado, pois, o mesmo é fruto dos conceitos e das relações que o indivíduo estabelece. Como a estrutura cognitiva se reorganiza constantemente, tanto por diferenciação progressiva – diferencia os conceitos do mais geral aos mais específicos quanto por reconciliação integrativa – relaciona as ideias ou conceitos já existentes, os subsunçores se modificam e os mapas conceituais construídos nesses momentos também são mutáveis. Construir, “negociar”, apresentar e refazer os mapas conceituais são processos facilitadores da aprendizagem significativa.

Figura 08 - Mapa Conceitual da Teoria da Aprendizagem Significativa.



Fonte: Ferreira, Cohrs e Domenico (2012).

Sendo assim, a construção dos mapas conceituais pelos aprendizes, pode torná-los ativos no momento de reorganização do conhecimento, estabelecendo uma aprendizagem significativa que se opõe a aprendizagem mecânica.

Esta ferramenta pode solucionar um problema já identificado no ensino de Física que é a existência de dois conceitos distintos sem que um interfira no outro. Ou seja, o aprendiz pode utilizar o conhecimento do senso comum para explicar fenômenos naturais e na escola reproduzir os conceitos transmitidos pelos professores de tal forma que um não modifica o outro.

Todavia, evidencia-se a importância do papel do professor que faz a conexão entre a teoria e a prática, ele deve refletir sobre qual o seu papel na construção do conhecimento do aluno, na forma de desenvolver o seu trabalho levando o educando a sair do senso comum e se tornar um questionador na busca do conhecimento. Desse modo, a teoria de Ausubel contribui de forma significativa na construção da sociedade do saber.

4.1 STEAM

A Educação STEAM (acrônimo formado pelas iniciais dos nomes, em inglês, das disciplinas Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) divulgada, pelos Estados Unidos, como uma provável solução do processo educacional para o século XXI, ainda não é amplamente conhecida no Brasil. Pelo menos não com esta nomenclatura! Uma rápida pesquisa no Google acadêmico, na primeira quinzena de abril de 2019, utilizando o termo “Educação STEAM”, resultou em 04 artigos.

Acreditamos que este modesto número de publicações, em português, será expressivamente alterado ao longo dos próximos anos. Isto porque além do tema estar ganhando visibilidade a nível mundial, ele se traduz numa proposta de solução para um problema relevante: como proceder, de forma eficaz, um ensino interdisciplinar e em consonância com as novas tecnologias? É um consenso que, no Brasil, o ambiente escolar tem sido minimamente alterado ao longo dos últimos 100 anos! Além disso, é fato que os alunos não realizam a Aprendizagem Significativa no sentido dado por Ausubel.

Neste sentido, quando a pesquisa utiliza o termo “STEAM education”, nas mesmas condições, 3120 trabalhos são encontrados, principalmente como artigos, disponíveis gratuitamente, em: “The STEAM Journal”.

De acordo com Sanders (2009), o “STEAMmania” foi fomentado pelas análises de Thomas L. Friedman quando mostrou, em seu livro: “The World is Flat: A brief history of the twenty-first century”², a importância do domínio das tecnologias como forma de controle do poder econômico (SANDERS, 2009).

Os norte americanos perceberam que se os chineses exportarem produtos com rótulos “inventado na China” ao invés de “feito na China”, colocará o país na vanguarda do crescimento econômico. Temendo este resultado, em 15 de dezembro de 2015, o presidente Obama assinou uma lei que inclui o financiamento para fomentação da educação STEAM nas escolas (CATTERALL, 2017).

Porém, de acordo com Wengao (2019), os chineses, também perceberam tanto o potencial do desenvolvimento tecnológico para o crescimento econômico quanto o potencial da educação STEAM. Vários projetos têm sido relatados como propostas de aprendizagem STEAM, inclusive para o ensino da língua inglesa. Ou

²O livro foi lançado em 2005 nos Estados Unidos e relançado em 2006 e 2007 pela editora Objetiva LTDA.

seja, podemos dizer que a educação STEAM está se estendendo para todas as áreas do conhecimento ao redor do mundo.

No entanto, Catterall (2017) alerta que alguns equívocos na interpretação do que vem a ser a Educação STEAM tem favorecido o comércio de livros, kits, materiais didáticos. De fato, isto já pôde ser observado no Brasil. O grupo Positivo³ disponibilizou um 'e-book', como designado pelo autor, para disseminar o uso de materiais da LEGO® para promover a Educação STEAM. Como exemplo, o uso de soluções de Robótica, como o LEGO® MINDSTORMS® Education EV3 e o LEGO® Education WeDo 2.0, é possível aplicar situações do mundo real na resolução de problemas, desenvolver soluções por meio do trabalho em equipe; aprender a construir, testar e avaliar robôs, além de realizar experimentos com programação, sensores, motores e unidades inteligentes. A Robótica auxilia ainda no desenvolvimento do pensamento crítico, expande as ideias dos alunos e incentiva as criações por meio de experiências lúdicas de aprendizagem.

Para Henriksen (2007), a falta de capacitação dos professores dificulta não apenas a compreensão do significado da Educação STEAM, mas também dos mecanismos que podem ser desenvolvidos como propostas metodológicas, já que para a autora, a Educação STEAM permite o desenvolvimento de vários modelos metodológicos.

De fato, a Educação STEAM é muito mais do que uma metodologia e pode ser empregada em diferentes contextos. A questão é como utilizá-la na perspectiva do contexto brasileiro para promover uma aprendizagem significativa do ponto de vista de David Ausubel⁴.

É relevante esclarecer que, apesar de vários artigos apresentarem o termo metodologia STEAM, vamos adotar o termo "Educação STEAM", conforme defendido por Bybee (2010). A diferença se justifica pela extensão da ação de cada um dos termos. A Educação STEAM é muito mais do que uma mera metodologia. Ela representa todas as dimensões do processo ensino-aprendizagem, como currículo, avaliação, processo metodológico, objetivos, mudança na estrutura da sala de aula.

³ O material pode ser acessado pelo endereço <http://www.positivoteceduc.com.br/>

⁴ David Paul Ausubel (1918 – 2008), psicólogo judeu nascido em Nova York defini a aprendizagem significativa como um processo de ancoragem do conteúdo novo com os conceitos relevantes e inclusivos já disponíveis na estrutura cognitiva, para então ser reelaborado pelo aprendiz, alterando seu *status quo*. Ou seja, na aprendizagem significativa, o aluno transpõe os saberes entre as diferentes áreas do conhecimento.

O que hoje se define por Educação STEAM teve seu início na década de 90, como método STEM, assim nomeado pela National Science Foundation (NSF)⁵, para qualquer programa ou prática de ensino que envolvesse uma ou mais áreas relacionadas às Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemática (BYBEE, 2010).

Depois de alguns anos, a Arte foi incorporada para auxiliar o desenvolvimento da criatividade e hoje o STEAM configura uma forma de educação que busca o desenvolvimento da criatividade do aluno, ou “design thinking”.

A ideia por trás do STEAM na educação é romper barreiras entre disciplinas. Trata-se da interdisciplinaridade por excelência. As disciplinas STEAM são trabalhadas de forma conjunta permitindo ao estudante a mobilização de habilidades e saberes de forma integrada e concorrendo para uma aprendizagem significativa. Há a ênfase no trabalho em conjunto, que propicia, a cada estudante, o desempenho de funções e atividades que utilizem e desenvolvam suas habilidades e competências contribuindo para a aprendizagem comum. Também incentiva o desenvolvimento de um pensamento crítico e dota os estudantes de uma melhor capacidade para enfrentar a complexidade do mundo.

A Educação STEAM está inserida no contexto das metodologias conhecidas por *Maker*, *hands on* ou *Problem Basic Learning*, todas elas valorizam a produção do aluno para resolver problemas reais. Ou seja, as bases teóricas que suportam estas metodologias fazem parte do construtivismo, mas com ênfase na criatividade. Líderes empresariais e educadores estão avaliando a criatividade como parâmetro de qualidade para liderança (JURKOWSKI, 2019).

Jurkowski (2019), alerta que há muitas pesquisas na Índia sobre as experiências de aprendizagem e os benefícios que as metodologias *Makers* podem fazer pelo aluno, mas não há pesquisas significativas sobre as experiências do professor que trabalha desta forma. Sua pesquisa abordou o ponto de vista dos professores, seus desafios e como estas metodologias afetam o ambiente de sala de aula.

Alguns exemplos:

⁵ A National Science Foundation (NSF) é uma agência federal independente criada pelo Congresso norte americano em 1950 para promover o progresso da ciência, a saúde nacional, a prosperidade, o bem-estar e para garantir a defesa nacional dos cidadãos. Para isto, a NSF apoia a pesquisa básica que cria conhecimento para transformar o futuro. Você pode visitar sua página na internet e conhecer alguns de seus projetos: <https://www.nsf.gov/about/glance.jsp>. Acesso em 18 de abril, 2019.

No Brasil, o Colégio Bandeirantes de São Paulo, adotou o STEAM como uma disciplina com carga horária de 2 aulas semanais (100 minutos cada). Nessa disciplina, os alunos são guiados a explorar os conceitos que serão utilizados no desenvolvimento de projetos, numa etapa denominada por 'Open Studio'. Os alunos pesquisaram sobre as formas de energia e foram estimulados a construir uma máquina mecânica que envolvesse ao menos, duas transformações (LORENZIN; ASSUMPÇÃO; RABELO, 2017).

O Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática – REAMEC, relata o STEAM como um projeto que faz parte de uma disciplina de doutorado. Como um exemplo, descrevem um passeio, monitorado e dirigido por professores de diferentes áreas, pelo Parque Mãe Bonifácia, localizado no coração da cidade Cuiabá. Os alunos foram orientados a coletar informações sobre aspectos físicos, estruturais, diversidade de flora, fauna, microbiota. Em sala de aula, os alunos se auto-organizaram em grupos para desenvolver um aplicativo para celular que fomente a resolução de problemas levantados na aula-passeio.

Na Coreia o STEAM foi empregado num museu de História Natural. Dois professores foram treinados para desenvolver um projeto no qual os visitantes eram convidados a resolver um problema: a partir da análise de uma pegada, eles deveriam propor soluções para os moradores que tinham suas lavouras destruídas pelo animal desconhecido. Apesar de o projeto não contemplar todos os tópicos (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) de forma equilibrada, como relatado pelos autores, o projeto foi considerado eficiente e atendeu aos objetivos da proposta STEAM (PARK; PARK; RYU, 2014).

Este tema como um todo, permite aos educadores uma reflexão sobre a prática pedagógica, tanto na maneira de ensinar e no aprimoramento da aplicação das diferentes tecnologias como no modo de interação com o aluno, reconhecendo a importância de se compreender e respeitar as experiências de vida do estudante, ampliando o diálogo e estimulando, a conexão dos conhecimentos prévios com os novos ensinamentos de modo a construir um conhecimento científico baseado na aprendizagem significativa.

5. PROPOSTA DIDÁTICA

A proposta didática pode ser composta por diversas atividades cujo objetivo é torná-la uma unidade didática potencialmente significativa para promover a aprendizagem significativa.

De acordo com Ausubel, o professor deve avaliar o conhecimento prévio do aluno para então expor os conteúdos. Outra questão relevante para Ausubel é que o professor deve explicitar todo o conteúdo antes de compartimentá-lo em unidades fragmentadas.

Nossa proposta agrupa atividades para 4 momentos de aula para o professor trabalhar a interdisciplinaridade STEAM com os conceitos de Ciência presentes na Tomografia Computadorizada. Ressaltamos que o tempo disponível para aplicação desta proposta didática não contempla a compreensão dos conteúdos elencadas de forma vertical. Isso porque o número de aulas de Física ou Biologia nas escolas públicas tem sofrido drásticas reduções. Em acordo com a nova Lei nº 13.415, aprovada em 2017, tudo indica que este número continuará reduzido ou até mesmo, extinto dependendo da área escolhida pelo estudante do Ensino Médio, público alvo desta proposta.

5.1 PRIMEIRO MOMENTO

Tempo estimado – 2 aulas consecutivas (100 minutos).

Objetivo específico – identificar o conhecimento prévio dos alunos.

Subsunçoes esperados:

- i- Diferenciar conceitualmente o comportamento das ondas e das partículas.
- ii- Diferenciar elementos radioativos de não radioativos.

Conteúdo – Apresentação histórica do acidente de Goiânia com o Cs137. O tema foi notícia publicada pela BBC News, no dia 14 de outubro de 2018 e pode ser encontrado em <https://www.bbc.com/portuguese/geral-45783343> acesso em 22/01/2019.

Metodologia

- I. Apresentação do projeto, de todos os conceitos envolvidos, dos objetivos, do processo de avaliação.

- II. Leitura oral do texto sobre o acidente de Goiânia.
- III. Discussão oral sobre o texto.
- IV. Organização de grupos para responder no caderno questões como: Afinal a radiação é amiga ou inimiga da humanidade?; qual a diferença entre luz que vemos, micro-ondas e raios X; como ocorre o cozimento por micro-ondas?
- V. Um representante de cada grupo vai ao quadro replicar a resposta encontrada pela equipe. Cada resposta deve ser avaliada por todos e corrigida juntamente com o professor que deve explorar a energia das ondas eletromagnéticas.

5.2 SEGUNDO MOMENTO

Tempo estimado – 2 aulas consecutivas (100 minutos).

Objetivo específico – identificar a energia associada às ondas eletromagnéticas.

Subsunçor esperado:

- I. Identificar as diferentes energias das ondas eletromagnéticas.

Conteúdos: história e definição da radiologia, definição da energia das ondas eletromagnéticas, diagnósticos médicos por imagem.

Metodologia:

- I. Apresentar um mapa conceitual sobre os temas até aqui abordados (ondas, partículas, radiação, energia);
- II. Apresentar um texto didático sobre a interação das ondas eletromagnéticas com a matéria tratando de alguns fenômenos como: refração, reflexão, difração, efeito fotoelétrico, Compton.
- III. Abrir espaço para discussões, dúvidas;
- IV. Pedir para que os alunos respondam as questões: como obter uma imagem do interior do corpo humano? Permitir que os alunos utilizem a rede mundial de computadores para auxiliar e complementar as informações que permitam obter a resposta durante um tempo fixo e pré-estabelecido.
- V. O professor deve reproduzir o vídeo: “A história da radiologia – a evolução do raio X” com duração de 14 minutos e 56 segundos disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=DtkvmwwaR7g>. Acesso em 21 de janeiro de 2019.

O professor deverá ir no quadro para elaborar a resposta da questão em conjunto com os alunos. Neste momento o professor deve falar em constituição molecular do corpo humano, densidade dos elementos constituintes, como por exemplo, cálcio, água, carbono.

Este texto deve ser copiado no caderno para que o registro o ajude a repensar nos conceitos envolvidos. Observe que a teoria de Ausubel não impede que o professor construa o texto e o aluno apenas o copie. Na verdade, nesta etapa da aprendizagem o que o professor deve buscar é a reconciliação dos conceitos apresentados com os pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno.

De modo geral, os alunos de hoje apresentam facilidades na aprendizagem quando o professor utiliza vídeos, filmes da rede mundial de computadores. No entanto, eles devem ser curtos. Nossos alunos apresentam uma disponibilidade pequena de tempo para manter foco na mesma atividade.

Por isso, o professor deve utilizar várias metodologias para abordar os mesmos assuntos. Depois da explanação do conteúdo geral, o professor deve ir fragmentando e reunindo numa dinâmica contínua de idas e vindas entre os fragmentos e o tema central.

5.3 TERCEIRO MOMENTO

Tempo estimado – 2 aulas consecutivas (100 minutos).

Objetivo específico – identificar possíveis efeitos biológicos devido a interação do raio X com o DNA da célula.

Subsunçoes esperados – conceito de célula.

Conteúdos - A reprodução celular, a morte celular e a função do DNA na célula.

Metodologia

- I. O professor deve apresentar oralmente o papel da célula no corpo humano, definições, características, diferenciações entre as diferentes células;
- II. Para sistematizar a fala, o professor poderá utilizar um texto sobre os Efeitos biológicos da radiação ionizante, disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/medicina/efeitos-biologicos-da-radiacao-ionizante/36124>. Acessado em 14 de janeiro de 2019;

- III. Após a leitura e discussão do texto, o professor pedirá para que os alunos construam um texto dissertativo sobre os conceitos: definição de célula, morte e reprodução celular, a importância do DNA na divisão celular, e como a exposição e a interação com os raios X podem causar rearranjos ou mutações, causando efeitos somáticos ou hereditários;
- IV. Os alunos serão convidados a lerem seus textos, caso desejarem.
- V. Devido a complexidade do tema, o professor deve propor um debate sobre o assunto, onde cada grupo deverá evidenciar os prós e os contras da utilização de radiação para a obtenção de exames por imagem. Esta atividade, dependendo da turma poderá ser realizada na próxima aula. O professor deve sugerir que entrevistas com médicos seriam interessantes para agregar conhecimento do tema.
- VI. O professor convidará o aluno que deseja falar sobre o tema aos colegas, para que haja uma abordagem clara do assunto para todos. Esta atividade não deve ser impositiva e nem causar desconforto.
- VII. Ao final o professor solicitará para os alunos, como tarefa, que tragam exames por imagem, caso tenham disponíveis, principalmente de tomografia computadorizada.

5.4 QUARTO MOMENTO

Tempo estimado – 2 aulas consecutivas (100 minutos).

Objetivo específico – identificar as possíveis vantagens e desvantagens dos diagnósticos por imagens, principalmente pela tomografia computadorizada (aspectos econômicos e a interação onda – matéria).

Subsúncos esperados – densidade de órgãos, comportamento celular, ondas eletromagnéticas.

Conteúdos abordados - a Tomografia Computadorizada.

Metodologia

- I. O professor deve verificar quem trouxe os exames diagnósticos, recolher e mostrar para todos fazendo um levantamento da diversidade de órgãos e diagnósticos que eles podem atuar.

- II. Em seguida o professor pedirá a leitura individual do texto: “A importância da Tomografia em Diagnósticos Clínicos”. Disponível em <http://revista.unilus.edu.br/index.php/ruep/article/view/546/u2016v13n30e546>. Acesso em 22/01/2019.
- III. Para finalizar o tema o professor deverá pedir a construção de um Mapa Conceitual individual, o qual, os alunos deverão apresentar todos os conceitos relacionados.
- IV. Por fim, o professor deverá selecionar exercícios de livros didáticos, como por exemplo, o cálculo da energia, da frequência e do comprimento de onda e mostrar que é possível, utilizando apenas o sombreado, fazer desenhos incríveis.

6. CONCLUSÃO

A produção deste trabalho exigiu pesquisas em diferentes áreas do conhecimento, como por exemplo, histórico, conceitual, metodológico didático. E, como resultado final, propomos um trabalho didático que utiliza a TC como tema motivador para promover a aprendizagem de diferentes conceitos da Ciência, como proposto pelas atuais reformas educacionais.

Atualmente, os livros didáticos de Ciências não contemplam tal possibilidade de trabalho docente e nem o professor está preparado para assumir essa metodologia de integração dos conteúdos. Assim como a formação docente, os livros trazem o conteúdo fragmentado e compartimentado em capítulos sem que eles estejam correlacionados.

Acreditamos que quando os conteúdos são fragmentados e compartimentados, os professores recém-formados, que não possuem domínio completo dos conteúdos conseguem estudar tópico a tópico antes de entrar na sala de aula, trazendo a falsa sensação de domínio.

Ou seja, estamos assumindo a premissa de que os professores apresentam deficiências em suas áreas de formação e salientamos que esta característica, aliada a Educação STEAM, se implantada no Brasil será completamente equivocada. Conforme relatos em artigos pertinentes, a Educação STEAM, para ser implantada, recebeu investimentos para uma completa reestrutura da escola e do professor, inclusive alterando sua formação e promovendo a capacitação continuada.

No Brasil, os professores, geralmente utilizam os livros didáticos como receitas prontas, seguindo uma sequência nem sempre lógica ou motivacional. Alguns autores, especificamente na área de Ciências, complementam o tema com aplicações tecnológicas, mas na forma de textos complementares que nem sempre são lidos ou valorizados em sala de aula.

Seguir o livro com conteúdos fragmentados sem correlações com outras áreas do conhecimento tem sido a dinâmica mais tradicional conduzida pelo professor em sala de aula. Conforme expusemos no texto, os professores brasileiros se mantêm alheio as mudanças educacionais porque elas são efêmeras, fragmentadas e oriundas de gabinetes políticos onde não se valorizam um diagnóstico real e profundo da sua realidade.

Pelo contrário, vivemos cortes e contingenciamentos constantes, ausência de pactos em torno das grandes questões educacionais a fim de manter uma estabilidade mínima ao sistema educacional. Essa dinâmica descaracteriza a boa vontade do professor que acaba se rendendo a mesmice do seu trabalho. Inclusive, como protagonista deste sistema, quando novos profissionais são inseridos no contexto da escola e mostra alguma esperança ou vontade de promover mudança é logo rechaçado pelos colegas.

A mudança deste quadro está no investimento e qualificação da formação de professores. Os índices revelam que a concorrência entre os cursos de licenciaturas são os mais baixos e, ainda com alto índice de evasão. Estes números mostram que o perfil de despreparo destes candidatos que geralmente são trabalhadores, além de estudantes. A questão deveria ser tratada com políticas permanentes de capacitação continuada de professores com uma cultura mais colaborativa e mais aberta às ideias inovadoras.

A ausência dessa oportunidade de capacitação contínua, garantida pelas políticas públicas de governo, levou os professores acreditarem nas pedagogias negativas que valorizam positivamente o indivíduo que constrói por si só, de forma criativa, seus conhecimentos, enquanto que são valorados menos enriquecedores aqueles conhecimentos que são adquiridos pela transmissão de outras pessoas.

Estas pedagogias construtivistas, no contexto das pedagogias negativas, utilizam as teorias de Piaget como cerne do embasamento teórico para posicionar o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem. Ou seja, o aluno é o centro do processo e sua estrutura cognitiva é seu balizador do processo de ensino. No Brasil, estas pedagogias construtivistas são conhecidas por pedagogias: do aprender a aprender, do professor reflexivo, das competências, dos projetos e da multiculturalidade, iniciadas com o movimento escola novista.

Nesta perspectiva, além do esvaziamento do currículo, houve a expropriação do papel do professor que deixou de ser um mediador entre o aluno e o patrimônio intelectual mais elevado da humanidade, para ser um organizador de atividades que promovem o que alguns chamam de negociação de significados no cotidiano dos alunos.

Quanto ao ensino de Ciências, especificamente não temos uma identidade nacional ou tradição para o ensino dessa área do conhecimento o que compromete a qualidade a cada modismo mal implantado. Então, podemos dizer que

vivenciamos as duas pontas antagônicas: o professor se aventura em reproduzir as mudanças sem embasamento teórico ou continua seguindo seu livro com conteúdos fragmentados e desconexos. Ambas as dinâmicas não são adequadas.

Por fim, ressalta-se que estamos diante de mais uma reforma, a implantação da BNCC e alterações na Lei de Diretrizes e Bases da Educação, a 9.394/96 pela 13.315/2017. E, por experiências passadas, não acreditamos que ela trará melhorias no processo educacional se não houver investimentos sólidos na formação do professor.

Nessa perspectiva, apesar dos discursos e do forte apelo midiático, a atual reforma educacional e a implantação da BNCC, ao que se observa, incorrem nestes mesmos erros e, embora o Governo brasileiro divulgue, por meio de propagandas, que houve debates com ampla participação de pais, alunos e educadores, na prática, principalmente dentro das unidades escolares, não é esse o sentimento compartilhado, de forma que, novamente, ocorre uma reforma verticalizada, com pouca discussão e participação das comunidades escolares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTS, B. **Biologia molecular da célula**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 1997.

BAYO, N. Reacción celular ante la radiación. **Radiobiología**, v. 1, n. 1, p. 9-11, 2001.

ALMEIDA, F. C. P.; SOUZA, A. R.; URENDA, P. A. V. **Mapas conceituais: avaliando a compreensão dos alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico**. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru - São Paulo: Atas. Bauru, 2003.

BRANCO, E. **A implantação da BNCC no contexto das políticas neoliberais**. 2017. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ensino: Formação Docente Interdisciplinar) - Unespar Universidade Paranaense, Paranavai, Parana, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação do Brasil. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular. Brasília: SEB/MEC, 2017a**. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf Acesso em: 15 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. **Resolução CNE/CP Nº 2, de 22 de dezembro de 2017**. Brasília. 2017b. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/RESOLUCAOCNE_CP222D_EDEZEMBRODE2017.pdf Acesso em: 15 jul. 2019.

BRENNAN, Richard. **Gigantes da Física**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Editor Zahar, 1998.

BUSHBER, J. T. et al. **The essential physics of medical imaging**. 2. Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.

BYBEE, R. W. What Is STEM Education? **Science**, v. 329, n. 5995, p. 996-997, 2010.

CACHAPUZ, A. **A necessaria renovação do Ensino de Ciências**. 1. Ed. São Paulo: Cortez, 2005.

CATTERALL, L. G. A Brief History of STEM and STEAM from an Inadvertent Insider. **The STEAM Journal**, v. 3, n. 1, p. 5-10, 2017.

COTRAN, R. S.; KUMAR, V.; ROBBINS, S. L. Robbins pathologic basis of disease. 4. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005

CRUZ, G. P. R. **Radiação na Gravidez: Abordagem da Mulher grávida exposta a radiação ionizante**. 2013. 32 f. Dissertação (Mestrado em Mestrado Integrado em Medicina) - Universidade do Porto, Porto, 2013.

DIOGO, R. C.; GOBARA, S. T. Educação e ensino de Ciências Naturais/Física no Brasil: do Brasil Colônia à Era Vargas. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v, 89, n. 222, p. 365-383. 2008

FERREIRA, P.B, COHRS, C.R., De DOMENICO EBL. Software CMAP TOOLS® para a construção de mapas conceituais: a avaliação dos estudantes de enfermagem. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 46, n. 4, p. 967-972, 2012.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **The Feynman Lectures on Physics. Reading**. 1. Ed. Massachusetts: Addison-Weslwy, 1963.

FOLMER, V. **As concepções dos estudantes acerca da natureza do conhecimento científico: confronto com a experimentação**. 1997. 76 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2007.

GASPAR, A. 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**, v. 15, n. 1, p. 1-13, 1997.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Introdução à Genética**. 7. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

HENRIKSEN, Danah. Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. **The STEAM Journal**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2017.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Pisa no Brasil**, 2015. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/pisa-no-brasil> Acesso em: 15 jul. 2019.

JUCHEM, B. C.; DALL'AGNOL, C. M.; MAGALHÃES, A. M. M. Contraste iodado em tomografia computadorizada: prevenção de reações adversas. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 57, n. 1, p. 57-61, 2004.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, José. *Biologia Celular e Molecular*. 7. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

JURKOWSKI, K. **Teachers Experiences with Learning Through Making**. 2019. 189 f. Dissertação (Doutorado eo Filosofia) - Walden University, Estados Unidos, 2019.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

KRISHNAM, M. S.; CURTIS, J. *Emergency radiology*. 1. Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

LODISH, H. et al. **Biología celular y molecular**. 4. Ed. Médica Panamericana: New York, 2005.

LOPES, S. **Biologia: Volumes 1, 2 e 3**. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

LORENZIN, P. L.; ASSUMPÇÃO, M. R.; RABELO, M. A. Metáforas mecânicas: Uma proposta STEAM para o ensino de Ciências. **6 Congresso Pesquisa do Ensino Educação e Tecnologia: revisitando a sala de aula**, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2017.

LOURO, I. D. et al. **Genética molecular do câncer**. 2.Ed. São Paulo: MSG Produção Editorial, 2002.

MARTINS, L. M.; DUARTE, N. **Formação de professores: limites contemporâneos e alternativas necessárias**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.

MEIER, P.; FINCH, A. EVAN. G. Apoptosis in development. **Nature**, v. 407, n. 1, p. 796-801, 2000.

METTLER, F. A. J. et al. CT scanning: patterns of use and dose. **Journal of radiological Protection**, v. 20, n. 4, p. 353, 2000.

MIRANDA, A. C. T.; MAIO, E. R. **Educação na contemporaneidade e formação humana: algumas considerações**. **Pedagogia em Foco**, v. 11, n. 6, p. 116-134, 2012.

MOOI, W. J. Oncogene-induced cell senescence—halting on the road to cancer. **New England Journal of Medicine**, v. 355, n. 10, p. 1037-1046, 2006.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 94- 99, 2000.

_____. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro Editora, 2010.

_____; BUCHWERTZ, B. Mapas conceituais: instrumentos didáticos de avaliação e de análise de currículo. São Paulo: Moraes, 1987.

MORTIMER, E. F. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-TecnologiaSociedade) no Contexto da Educação Brasileira. **Ensaio – pesquisa em educação em ciências**, v. 2, n. 2, p.133-162, 2000.

NAGEL, L. H. O estado brasileiro e as políticas educacionais a partir dos anos 80. 1. Ed. Cascavel: Edunioeste, 2001.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista Histedbr**, v. 10, n. 39, p. 225-249, 2010.

NOVAK, J.D.; GOWIN, D.B Teoria y práctica de la educación. 1. Ed. Barcelona: Martínez Roca,1988.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **estudos avançados**, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013.

OLIVEIRA, J. B. A. Repensando a educação brasileira: o que fazer para transformar nossas escolas. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2015.

PARK, Y. S.; PARK, J. H.; RYU, H. S. Exploring the Characteristics of STEAM Program Developed by Docents and its educational impact in the Natural History

Museum. **Journal of the Korean society of earth science education**, v. 7, n. 1, p. 75-90, 2014.

PASTERNAK, J. J. *Genética Molecular Humana: Mecanismos de Doenças hereditárias*. Rio de Janeiro: Manole. 2002.

PRESTES, M. Mecanismos versus vitalismo no aparecimento da teoria celular. **Fundamentos Biocognitivos da Comunicação**, v. 1, n. 1, p. 25-29, 1998.

RAMOS, F. R. O.; HEINSFELD, B. D. S. S. Reforma do Ensino Medio de 2017 (LEI Nº 13.415/2017): Um estímulo a visao utilitarista do conhecimento. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24107_11975.pdf Acesso em 22 mai. 2019.

RASK, J.; ELLAND, C. S.; VERCOUTERE. **Radiation biology educator guide**. 3. Ed. California: National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2006.

ROBERTIS, E.; HIB, J.; PONZIO, R. **Biología Celular Y Molecular**. 15. Ed. Buenos Aires: El Ateneo, 2012.

ROGERS, C. R. **Tornar-se pessoa**. 5. Ed. São Paulo: Martins, 2001.

ROSA, C.,W.; ROSA, Á. B. O ensino de Ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 58, n. 2, p. 1-24, 2012.

SANDERS, M. **STEM, STEM Education, STEMmania**. The Technology Teacher, 2009. Disponível em: <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf>. Acesso em: 1 mai. 2019.

SAVIANI, D. *Pedagogia historicocrítica: primeiras aproximações*. 9. Ed. Campinas: Autores Associados, 2005.

SILVA, E.; AIRES, J. Panorama Histórico da Teoria Celular. **Revista História da Ciência e Ensino Construindo interfaces**, v. 14, n. 1, p. 1-18, 2016.

STECK, J. H. *Principios de cirurgia oncologica*, 2007. Disponível em: <http://www.hospvirt.org.br/cironcologica/index.html> Acesso em: 24 abr. 2019.

TAVARES, R. Construindo Mapas Conceituais. **Ciências & Cognição**, v. 12, n. 1, p. 72-85, 2007.

VELUDO, P. C. **Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Medicina de Coimbra, Coimbra, 2011.

WENGAO, L. **Analysis of Maker Education Model and Cultivation of Students' Innovative Ability**. 1. Ed. New York: Francis Academic, 2019.

YOSHIMURA, E. O. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: Acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p.185-200, 2013.

ZANATTA, S. C.; LEIRIA, T. F. Uma análise das atividades experimentais publicadas em artigos científicos. **Ensino & Pesquisa: Revista multidisciplinar de licenciatura e formação docente**, v. 16, n. 1, 120-149, 2018.

DA VITÓRIA, C. Campus de União; ALEIXO, Antonio Carlos. Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. **Ciências**, v. 5, n. 15, 2017.

ZIEGLER, U.; GROSCURTH, P. Morphological features of cell death. **Physiology**, v. 19, n. 3, p. 124-128, 2004.