

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ

A ABORDAGEM CTS NA APLICAÇÃO DE UM LIVRETO INTERATIVO DIGITAL SOBRE A FÍSICA DA TERAPIA DO CÂNCER

Rubem Silvaney Maia da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Oeste do Pará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos

Santarém - PA
Setembro - 2018

A ABORDAGEM CTS NA APLICAÇÃO DE UM LIVRETO INTERATIVO DIGITAL
SOBRE A FÍSICA DA TERAPIA DO CÂNCER

Rubem Silvaney Maia da Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Oeste do Pará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos

Aprovada por:

Dr. Rubens Silva

Dr. Edson Akira Asano

Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos

Santarém - PA
Setembro – 2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado Bibliotecas – SIBI/UFOPA

S586a Silva, Rubem Silvaney Maia da
A abordagem CTS na aplicação de um livreto interativo digital sobre a física da terapia do câncer / Rubem Silvaney Maia da Silva. – Santarém, 2018.
132 f.: il.

Orientador: Manoel Roberval Pimentel Santos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

1. Física (Ensino médio). 2. Livreto Interativo Digital. 3. CTS. I. Santos, Manoel Roberval Pimentel, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 530.07

Bibliotecário-documentalista: Rogério Aoyama – CRB-2/1506

Dedico esta dissertação à minha família.

Agradecimentos

Primeiramente, a Deus, pela graça da vida e por me proporcionar mais esta conquista.

Agradeço a Maria de Lima, minha esposa, que esteve presente durante toda a trajetória do mestrado, com quem compartilho todos os momentos de minha vida nos últimos 17 anos.

Ao Apolo e ao Tales, filhos lindos e compreensíveis, razão maior da minha vida.

A meu orientador Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos, a quem deposito admiração imensa, por todos os ensinamentos durante o mestrado, que sempre acreditou em meu potencial e contribuiu grandemente para este trabalho. Obrigado, amigo.

A professora e amiga Cláudia Castro, pelo apoio incondicional e por acreditar que esse sonho era possível.

Ao meu Pai, Sebastião (Sabá) e minha mãe Raimunda (Mundica), pelos ensinamentos de toda a vida e pela torcida incondicional.

A meus irmãos, Rennan, Simone, Regina, Sérgio e Solange, a quem tenho o maior amor do mundo, sempre carinhosos com suas palavras e me apoiando em diversos momentos. Todos os dias agradeço a Deus pela vida de vocês! E por essa família.

Aos outros familiares que estiveram próximos de mim durante todo este trabalho, muitas vezes abdicando dos almoços de domingo com eles em prol dos estudos.

Aos colegas professores Janelson e Mariane, pelas trocas de ideias e pelo apoio incomensurável.

Aos FISICATS, que sempre vão está no meu coração e por entenderem a ausência nos últimos anos.

Aos colegas do mestrado, em especial Márcio José, amigo que me acompanha desde a graduação.

Aos professores do MNPEF, polo Ufopa, com quem tive a oportunidade de aprimorar meus conhecimentos em ensino de Física, contribuindo muito para meu crescimento como professor e como pesquisador.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para que este trabalho se concretizasse.

RESUMO

A ABORDAGEM CTS NA APLICAÇÃO DE UM LIVRETO INTERATIVO DIGITAL SOBRE A FÍSICA DA TERAPIA DO CÂNCER

Rubem Silvaney Maia da Silva

Orientador:

Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Oeste do Pará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O ensino de Física no Brasil tem sido marcado por problemas diversos, sobretudo pelas dificuldades de aprendizagem e pela falta de interesse por parte dos alunos. As aulas da disciplina Física ainda são vistas pelos alunos como um emaranhado de fórmulas sem contextualização com o cotidiano. Diante deste cenário, observa-se a necessidade de desenvolver propostas diferenciadas que permitam explorar várias possibilidades de aprendizagem no ensino de Física, de modo a despertar, nos estudantes, o senso crítico e a aprendizagem interativa. A partir daí, viu-se uma forma de reunir informações e animações, sobre a temática Câncer, utilizando um Livreto Interativo Digital (LID), em que os alunos tiveram informações concentradas, com animações e simulações. Esta dissertação discute o ensino de Física pautado na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), conduzindo os educandos a reflexões para a construção de senso crítico e produção de seus pontos de vistas a respeito do tema tratado. O LID foi aplicado em uma turma de terceiro ano, do ensino médio e após realização de análise de materiais produzidos pelos estudantes, percebeu-se a aceitabilidade e aprendizagem da temática e dos conhecimentos físicos referente a esta.

Palavras-chave: Livreto Interativo Digital, CTS, Ensino de Física

Santarém - PA

Setembro – 2018

ABSTRACT

THE CTS APPROACH TO THE APPLICATION OF A DIGITAL INTERACTIVE BOOK ON THE PHYSICS OF CANCER THERAPY

Rubem Silvaney Maia da Silva

Orientador:

Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos

Master's Dissertation submitted to the Post-Graduation Program Universidade Federal do Oeste do Pará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the Master's degree Mestre em Ensino de Física.

The teaching of Physics in Brazil has been marked by diverse problems, mainly due to the difficulties of learning and interest on the part of the students, the classes of the discipline Physics still are seen by the students as a tangle of formulas without contextualization with the daily life. In view of this scenario, it is necessary to develop differentiated proposals that allow the exploration of several possibilities of learning in physics teaching, in order to awaken in students a critical sense and interactive learning. One of the alternatives was to gather information and animations on cancer issues using an Interactive Digital Booklet (LID), where students had concentrated information with animations and simulations. This dissertation discusses the teaching of Physics based on the approach Science, Technology and Society (CTS), leading the students to reflections for the construction of critical sense and production of their points of view regarding the subject matter. The LID was applied in a class of third year of high school and later carried out the analyzes that it was realized the acceptability and learning of the cancer theme and the physical knowledge related to this theme.

Keywords: Digital Interactive Booklet, STS, Teaching Physics.

Santarém - PA

Setembro – 2018

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1. ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO NÍVEL MÉDIO	13
2.2 ABORDAGEM CTS NO ENSINO DE FÍSICA.....	16
2.3. USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TICS) NA EDUCAÇÃO BÁSICA	21
2.4. OS LIVROS DIGITAIS E A INTERATIVIDADE	23
2.5. OS DOCUMENTOS OFICIAIS E O ENSINO DE FÍSICA	24
3 METODOLOGIA.....	28
3.1 A ELABORAÇÃO DO LID	28
3.1.1 Pesquisa bibliográfica.....	29
3.1.2 Definição e detalhamento da estrutura do LID.....	29
3.1.3 Formato de distribuição e acesso ao LID	31
3.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	37
3.2.1 Preparação para aplicação	38
3.2.2 Contexto e participantes	38
3.2.3 Etapa da Aplicação do LID	39
3.2.4 A construção e análise de dados	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
4.1 ANÁLISE DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS	44
4.2 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO LID	49
4.2.1 As potencialidades do LID	51
4.2.2 Aspectos didáticos pedagógicos	55
4.2.3 Aprendizagens desenvolvidas na perspectiva CTS	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
APÊNDICES	69
APÊNDICE A – Parte textual do LID.....	69
APÊNDICE B – Termos de consentimento e livre esclarecimento para a pesquisa para os estudantes	102
APÊNDICE C – Termo de consentimento e livre esclarecimento para a pesquisa para o professor da disciplina.	105
APÊNDICE D – Termo de consentimento e livre esclarecimento para a pesquisa para a direção da escola.....	107
APÊNDICE E – Questionário de conhecimentos prévios.....	108
APÊNDICE F – Orientações para produção de relato de aprendizagem	111
APÊNDICE G – Orientações para produção de relato da roda de conversa.....	112
APÊNDICE H – Questionário Final.....	113
APÊNDICE I – Diários de campo	116
ANEXOS	130
ANEXO 1- Painel do grupo 1	130
ANEXO 2 - Painel do grupo 2	131
ANEXO 3 - Painel do grupo 3	132

LISTA DE SIGLAS

- CERN - Conselho Europeu para Pesquisa Nuclear
- CSS - Cascading Style Sheets (Folha de Estilo em Cascatas)
- CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade
- DCNEM - Diretrizes do Conselho Nacional de Educação e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais
- EM - Ensino Médio
- FMC - Física Moderna
- GTE - Guia de Tecnologias Educacionais
- HTML - HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
- IGRT - Radioterapia guiada por imagem
- IOSTE - Simpósio da *International Organization for Science and Technology Education*
- LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação
- LDBEN - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
- LHC - Large Hadron Collider (Colisor de Hádrons)
- LID - Livro Interativo Digital
- MEC - Ministério da Educação
- PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais
- PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
- SMIC - Irmãs Missionárias da Imaculada Conceição da Mãe de Deus
- TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Formato e conteúdo do LID.....	31
Quadro 2 Síntese da aplicação do LID.....	39
Quadro 3 Tipos de registros e os aspectos analisados.....	42
Quadro 4 Síntese da caracterização dos estudantes.....	45
Quadro 5 Análise do acesso ao LID.....	49
Quadro 6 Análise do conteúdo do LID.....	50
Quadro 7 Análise do processo de aplicação do LID.....	50
Quadro 8 Análise das aprendizagens a partir do LID.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Funções de cada elemento em uma página web.....	32
Figura 2 Página Inicial do LID	34
Figura 3 Página Unidade Temática I.....	35
Figura 4 Página Unidade Temática II.....	36
Figura 5 Página Unidade Temática III.....	37

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física, no Brasil tem sido marcado por problemas diversos, sobretudo pelas dificuldades de aprendizagem e o interesse por parte dos alunos. Alguns destes problemas poderiam ser superados com o uso das tecnologias da informação e comunicação, as quais têm evoluído, rapidamente, enquanto que a escola caminha a passos muito lentos no que se refere ao seu uso. As aulas de Física ainda são vistas pelos alunos como um emaranhado de fórmulas sem contextualização com o cotidiano (HECKLER et al., 2007).

Nesta disciplina os alunos necessitam fazer ligações entre conhecimento pré-aprendidos e as ideias novas que serão ensinadas. É necessário, também, construir uma relação lógica no processo de aprendizagem, além de estimulá-los com aproximação do cotidiano (BARROQUEIRO e AMARAL, 2011).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais têm apontado, neste sentido, quando orientam mudanças no processo de ensino aprendizagem, que deve estar voltado para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na sua realidade (BRASIL, 2002), esta aplicação, ajuda a diminuir a simples memorização de fórmulas e reprodução de procedimentos (PEREIRA et al 2007).

Diante do atual cenário, observa-se a necessidade de desenvolver propostas diferenciadas que permitam explorar outras possibilidades de aprendizagem no ensino de Física, de modo a despertar, nos estudantes, o senso crítico e a aprendizagem interativa. Assim, desenvolver os conteúdos contextualizados, explorar de forma mais dinâmica conceitos de Física e a utilização de mídias digitais como ferramenta de aprendizagem, podem ser possibilidades relevantes para promover melhorias no ensino de Física na Educação Básica.

As mídias digitais são utilizadas, constantemente, pelos estudantes como instrumento de comunicação digital disponível na internet. Apesar disso, poucos utilizam estes recursos como alternativas para facilitar à compreensão dos assuntos abordados durante as aulas, seja, pelo não conhecimento da existência desses recursos na internet, ou mesmo de como encontrá-los (FARIA, 2011). Das inúmeras mídias que estão disponíveis, as animações constituem um grupo especial destes recursos, pois, além de apresentar as ideias de movimento presentes nos vídeos,

permitem simular fenômenos que não podem ser facilmente observados em condições reais. Embora, possamos encontrar as animações na internet para os mais diferentes tipos de conteúdos abordados no ensino de Física, estes, dificilmente, são encontrados no mesmo site ou blog (AGUIAR et al., 2015), o que dificulta a sua utilização de forma organizada e sequencial.

Uma das formas para reunir informações e animações sobre determinada temática é a utilização de Livreto Interativo Digital (LID), em que os alunos podem ter acesso às informações concentradas, podem visualizar as animações e simulações, além de terem a possibilidade de se comunicar através dos grupos para ampliarem os conhecimentos sobre física e trocarem tais informações, pela facilidade de envio e recebimento dos arquivos.

Esta dissertação tem o objetivo de discutir um ensino de Física pautado em Física Moderna e Contemporânea (FMC), pouco discutido nas salas de aulas, além de apresentar de forma contextualizada, com base na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), uma vez que esta leva os alunos a pensarem desde os princípios da ciência envolvidos na temática até suas aplicações e tecnologias envolvidas, e ainda, conduz os mesmos a reflexões para a construção de senso crítico e produção de seus pontos de vistas a respeito do tema tratado.

Ao cursar as disciplinas obrigatórias estudadas no período normal deste mestrado ficou evidente o distanciamento entre a Física presente nos aparatos tecnológicos utilizados, atualmente e a Física ensinada na escola básica. Então, no momento da pesquisa bibliográfica entrei em contato com artigos que aliavam a Física de partículas com o tratamento do câncer, assunto tão presente na nossa realidade e ainda tratado com imenso tabu pela população em geral.

Como este tema está muito presente, hoje, na sociedade, preferiu-se desenvolver um material que abordasse o tema Câncer, amparado pela abordagem CTS, através do LID, para aproximar os estudantes dos conhecimentos referentes a essa temática.

A fim de refletir e analisar sobre as questões apresentadas, este trabalho está estruturado da seguinte forma: Introdução, na qual é apresentada a justificativa do material produzido, bem como a abordagem escolhida e o tema que foi presente nesta discussão. No capítulo 2, são realizadas as discussões teóricas metodológicas dos principais referenciais que deram suporte a essa pesquisa. No capítulo 3, consta

a metodologia, desde a construção do produto educacional produzido para aplicação e análise, passando pelo momento de aplicação e análise deste material.

No capítulo 4, são evidenciados os resultados e realizadas as discussões referentes à análise da aplicação do LID em uma turma de terceiro ano, do ensino médio, de uma escola da zona rural, do município de Santarém do Pará. No capítulo 5, são feitas as considerações finais a respeito da temática, abordagem utilizada e materiais que deram suporte para essa pesquisa. Por fim, estão as referências bibliográficas utilizadas e na sequência os apêndices e anexos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO NÍVEL MÉDIO

A Física ensinada nas escolas brasileiras de Ensino Médio, ainda, é baseada, unicamente, em Física Clássica (Mecânica, Termologia, Ótica Geométrica e Eletromagnetismo) cujos tópicos foram desenvolvidos entre os séculos XVII e XIX (TERRAZZAN, 1992). Desse modo, não leva em consideração as descobertas científicas a respeito da estrutura atômica dos materiais e da relatividade, estudados na chamada Física Moderna e Contemporânea, a partir do século XX, assim, deixa de tratar sobre avanços marcantes na Ciência e Tecnologia derivadas dessas descobertas, como, entre outros, a cosmologia moderna, a eletrônica e as aplicações da Física na medicina. Essa disciplina é ensinada, na maioria das vezes, com o auxílio do livro didático, com prática de exercícios de substituições de equações (fórmulas) desvinculadas do contexto social dos alunos e sem uma preocupação de relacioná-la com avanços nos conhecimentos científicos, levando os alunos a não diferenciarem do Ensino da Matemática (OLIVEIRA, 2006).

Há uma grande preocupação, nas últimas décadas, por parte de pesquisadores em Ensino de Física e professores, em relação à atualização do currículo de Física no Ensino Médio (KAWAMURA e HOSOUIME, 2003). Verifica-se a necessidade da inserção de temas atuais, que possuam significado para os estudantes e que façam parte do seu contexto. Artigos diversos, como Ostermann e Moreira (2000), Pereira e Ostermann (2009), D'agostin, Garcia e Leite (2007), Monteiro e Nardi (2007), entre outros, apontam nessa direção. Porém, mudanças ocorrem, apenas, pontualmente, em alguns locais em que professores se sentem preparados para essas mudanças.

A inserção de temas ligados à Física Moderna e Contemporânea - FMC no Ensino Médio - EM contribuiria para mudança do ensino meramente propedêutico atual (BRASIL, 1999, p. 209). Pode, também, contribuir para uma visão mais apropriada da Ciência, desmistificando a ideia de que esses assuntos são tratados apenas por pessoas com alto grau de inteligência. Assim como, mostrar que a Física é uma Ciência e, como tal, uma construção humana que passa por métodos científicos.

Conforme Junior e Cruz (2005) “problemas das mais variadas naturezas” acompanham este anseio. Entre eles a deficiência na formação dos professores, a limitação temporal das aulas de Física no EM, além de aspectos pedagógicos sobre a forma tradicional de ensinar Física e a macro divisão didática adotada pela grande maioria dos livros didáticos, que não articulam um conteúdo com outro (JUNIOR e CRUZ, 2005).

Para Ostermann e Moreira (2001) é necessário elaborar materiais de FMC acessíveis ao professor e acoplá-los aos cursos de formação inicial e continuada. Os autores chamam a atenção em relação aos conteúdos que se encontram na literatura acadêmica que, muitas vezes, por serem muito densos e demandarem de conhecimentos prévios que, em geral, o público-alvo não possui (professores de Ensino Médio, pesquisadores em ensino, não especialistas nas áreas), não são utilizados.

Silva (2017) concorda que uma das dificuldades para integração de FMC está na carga horária disponível. Para ele, o estudo de Física Clássica e de FMC, dentro da mesma programação durante os três anos no ensino médio, “talvez seja o problema mais difícil a ser enfrentado, de modo a garantir a aceitação e, conseqüentemente, as chances de sucesso da reformulação do currículo” (SILVA, 2017, p. 24-25). O mesmo autor cita ser “importante que o professor perceba que pode ser possível inserir conteúdos de FMC paralelamente à Física Clássica” e cita como exemplo a mecânica quântica, em que Ostermann e Ricci (2004) pregam sua introdução paralela, seja por meio de seus fundamentos e pressupostos mais básicos ou por sua história.

Por outro lado, trabalhos como de Ostermann e Moreira (2001) e de Siqueira (2006) apontam a viabilidade de introdução de tópicos contemporâneos de Física no EM. Isso se justifica, uma vez que não foi encontrado, nessas pesquisas, obstáculo de natureza cognitiva e nem de pré-requisitos para essa inserção. Os autores afirmam ainda que dificuldades relativas ao ensino de FMC não diferem daquelas encontradas no ensino de Física Clássica e que a abordagem deve ter um caráter qualitativo, sem a utilização do emaranhado de equações matemáticas vinculados ao tema.

Porém, ainda assim, são escassas as efetivas utilizações dos temas atuais de Física em sala de aula. Em revisão de literatura sobre o ensino de FMC, Pereira e Ostermann (2009) apontam que 22 dentre 50 artigos de pesquisas publicados entre

2001 e 2006 se referiam à inserção de temas de FMC no ensino médio e apenas um no ensino fundamental. Este número é baixo ao se considerar o todo da pesquisa, que também continha outros 52 artigos que foram classificados com bibliografia de consulta para professores sobre a temática.

De acordo com Ostermann e Moreira (1998), os temas mais relevantes relacionados à FMC são: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, laser, supercondutores, partículas elementares e relatividade restrita. Estes, conforme professores participantes da pesquisa acima mencionada precisam ser debatidos e discutidos na Educação Básica para a formação de cidadãos críticos e atuantes na sociedade atual.

A Física de Partículas é um dos temas de FMC que pode ser introduzido no Ensino Médio, pois as novas tecnologias e as pesquisas mais recentes, como as realizadas no Conselho Europeu para Pesquisa Nuclear (CERN, sigla em francês) no Grande Colisor de Hádrons (LHC, sigla em inglês), estão, constantemente, sendo apresentadas a sociedade em geral por meios jornalísticos (SIQUEIRA, 2006). Desta forma, torna-se um conteúdo adequado para ser introduzido no EM, para que jovens tomem conhecimento a partir de discussões em sala de aula, com visões mais aprofundadas dessas pesquisas, compreendendo o processo e objetivos que levaram a elas, colaborando para um pensamento mais crítico a seu respeito.

O ensino de Física de Partículas pode contribuir também para o entendimento de tecnologias e artefatos criados no mundo moderno e que colaboram para avanços na qualidade de vida e tratamentos de saúde – como a terapia do câncer – que tanto impacta o meio social.

Outro tópico de FMC que deve ser melhor aproveitado nas escolas é a Física Nuclear. Esta faz parte do cotidiano dos estudantes, é assunto atual, polêmico e controverso. É usada tanto para benefício das pessoas, quando aplicada à medicina e como fonte limpa de energia, mas também para malefício, no caso da fabricação de armamento militar com alto poder destrutivo, entre outros. Sua discussão pode, então, apresentar conhecimentos no ensino médio capazes de proporcionar aos estudantes posicionamento crítico em debates apresentados pelas mídias (Kuramoto e Apolloni, 2002; Valente et al., 2008).

No que tange a aspectos didáticos, estudo realizado por Junior e Cruz (2009) mostra que licenciandos em Física vinculam “a possibilidade do tratamento dos

temas e tópicos de FMC no EM à disponibilidade de recursos didáticos, entre eles, web, filmes, TV, softwares, mídias eletrônicas em geral”. Neste contexto, as Tecnologias de Informação e Comunicação - TICs surgem como aliadas, já que propiciam para os envolvidos interação de forma participativa e dinâmica, ampliando as chances de construir, coletivamente, novos conhecimentos (TORRES, 2011). Tal ênfase didática será abordada mais adiante. A seguir, disserta-se sobre a abordagem de ensino proposta por diversos educadores e pesquisadores da educação em nível mundial, o CTS.

2.2 ABORDAGEM CTS NO ENSINO DE FÍSICA

O Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS propõe uma nova estruturação de conteúdos e procedimentos de ensino na área das Ciências. Para além de conceitos científicos desconexos do cotidiano, objetiva orientações curriculares que incluam as implicações sociais ligadas a questões tecnológicas, e estratégias de ensino que busquem promover uma ampla aprendizagem de conceitos científicos aliada à construção de uma postura cidadã (FIRME; AMARAL, 2008, p. 252).

Até a segunda metade do século XX, período pós segunda guerra mundial, predominava na sociedade a compreensão de que o avanço científico gerava avanço tecnológico, conseqüentemente, avanço econômico e melhoria do bem estar social, modelo de desenvolvimento científico aplicado e apoiado pelos Estados Unidos (BAZZO et al, 2003). Esta compreensão fortaleceu o chamado mito da neutralidade científica, que gerou crenças na superioridade do modelo de decisões tecnocráticas; na perspectiva salvacionista da ciência e tecnologia e no determinismo tecnológico (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Este modelo começou a ser questionado pela sociedade, principalmente nas décadas de 1960 e 1970, quando se percebeu que o desenvolvimento científico tecnológico não estava gerando, de maneira natural, um progresso social. Os efeitos da guerra, a degradação ambiental, os males à saúde e as mazelas sociais colocaram em discussão a visão da ciência como promotora do bem estar social (BAZZO et al, 2003).

Colaborando para um novo pensamento, o lançamento dos livros *A Estrutura das Revoluções Científicas* de Thomas Kuhn, e *Silent Springer* de Rachel Carsons,

ambos em 1962, potencializaram as discussões sobre as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (AULER; BAZZO, 2001). Conforme Auler e Bazzo (2001), essas obras foram primordiais para o surgimento de um movimento que exigia uma maior participação da sociedade nas decisões que envolviam o desenvolvimento científico e tecnológico. Assim, objetivo principal do CTS era de ter mais decisões democráticas e menos tecnocráticas relacionadas aos avanços da ciência.

De acordo com Bazzo et al (2003), o estudo desse movimento se desenvolve em três vertentes: no campo da *pesquisa* surge como alternativa à reflexão acadêmica tradicional sobre a ciência e a tecnologia, visão, socialmente, contextualizada da atividade científica; no campo da *política pública* corrobora para regulação social da ciência, mecanismos democráticos para tomada de decisão em políticas científico-tecnológicas; e no campo *educacional* permite a criação de programas e materiais CTS no ensino secundário e universitário em numerosos países.

Segundo Aikenhead (2005 apud Miranda, 2012), os primeiros programas curriculares CTS foram iniciados em 1969, nos Estados Unidos e a primeira obra de impacto sobre educação CTS foi a de Paul Hurd em 1975 com o título “Ciência, Tecnologia e Sociedade: novos objetivos para um ensino interdisciplinar de ciências”. Estes marcos impulsionaram o desenvolvimento de novas iniciativas, como o projeto Norte-Americano *Synthesis Project*, na década de 1980. Esse projeto foi guiado por quatro metas: a ciência para a satisfação de necessidades pessoais; a ciência para resolver problemas da sociedade; a ciência para apoiar decisões de carreira; e a ciência para preparar para estudos mais aprofundados (CUTCLIFFE e MITCHAM 2001, p. 84 apud MIRANDA, 2012, p. 57, tradução livre).

A preocupação em discutir a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, buscando novas maneiras de compreender o desenvolvimento científico e tecnológico estava presente em várias partes do mundo, com maior ênfase nos países industrializados da Europa e América, sendo que em alguns países esse movimento era mais forte e com enfoques diferenciados. Prevalecendo segundo Garcia et al (1996), duas tradições, a europeia (acadêmica) e a americana (social).

Na tradição europeia, os programas acadêmicos eram compostos por cientistas, engenheiros, sociólogos e humanistas que tinham a intenção de investigar as influências da sociedade sobre o desenvolvimento científico tecnológico. Já na tradição americana, esse movimento se concentrou em caráter

mais social, dos quais participaram ativistas e pacifistas, assim como, outros grupos com apelação social, que estavam preocupados com as consequências sociais dos produtos tecnológicos.

A denominação desse movimento de CTS ainda não era um consenso para a maioria dos educadores em ciências até o início da década de 1980. Somente a partir da realização do Simpósio da *International Organization for Science and Technology Education* – IOSTE, em 1982, passou-se a utilizar a sigla CTS. (AIKENHEAD, 2005 apud MIRANDA, 2012)

No Brasil, desde a década de 1970, os educadores do ensino de Ciências já discutiam sobre as aplicações dos conteúdos científicos na sociedade (KRASILCHIK, 1980, 1987 e AMARAL, 2001 apud MIRANDA 2012). Mas foi em 1990 que as discussões sobre o enfoque CTS no ensino de Ciências se intensificaram com a Conferência Internacional sobre Ensino de Ciências para o século XXI, organizado pelo Ministério da Educação, onde foram apresentados vários estudos do movimento CTS (SANTOS, 2008).

De acordo com Santos e Mortimer (2002), alfabetizar, portanto, os cidadãos em ciência e tecnologia é, hoje, uma necessidade do mundo contemporâneo. Não se trata de mostrar somente as maravilhas da ciência, como a mídia já o faz, mas de disponibilizar diversos materiais que permitam ao cidadão agir, tomar decisão e compreender o que norteia o discurso dos especialistas. Essa tem sido a principal proposição dos currículos, com ênfase em CTS.

Desta forma, a preocupação dentro da perspectiva CTS é que, mesmo com a divulgação nos meios de comunicação, muitos cidadãos ainda possuem dificuldade de entender e se posicionar a respeito dos avanços tecnológicos resultante da ciência. Por isso, a importância, cada vez maior, de ser colocada em discussão situações que venham a atingir o meio onde se vive.

Mesmo que, timidamente, algumas atitudes já vêm sendo utilizadas, na área educacional, pelo movimento CTS, que têm contribuído para discussões acerca da ciência e da tecnologia com implicações e impactos no meio social (PINHEIRO et al 2007).

Para Medina e Sanmartín (1990), existem alguns objetivos a ser seguido para incluir o enfoque CTS no sistema educacional:

- 1) Questionar as formas herdadas de estudar e atuar sobre a natureza, as quais devem ser constantemente refletidas. Sua legitimação deve ser feita por meio do sistema educativo, pois só assim é possível contextualizar permanentemente os conhecimentos em função das necessidades da sociedade.
- 2) Questionar a distinção convencional entre conhecimento teórico e conhecimento prático - assim como sua distribuição social entre 'os que pensam' e 'os que executam' - que reflete, por sua vez, um sistema educativo dúbio, que diferencia a educação geral da vocacional.
- 3) Combater a segmentação do conhecimento, em todos os níveis de educação.
- 4) Promover uma autêntica democratização do conhecimento científico e tecnológico, de modo que ela não só se difunda, mas que se integre na atividade produtiva das comunidades de maneira crítica. (MEDINA e SANMARTÍN, 1990 apud PINHEIRO et al 2007, p. 74)

Sendo assim, é importante que haja a discussão, com os alunos, dos avanços da ciência e tecnologia, pois estes devem refletir e compreender que a ciência e sua evolução é uma criação humana. Desta forma, tem sido difundido através dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), não a criação de artefatos, mas a reflexão e compreensão das causas e impactos que podem afetar a sociedade e a vida dos cidadãos.

Tamanha importância se reflete no aumento da produção acadêmica, Pinheiro et al (2007) destaca vários periódicos, associações e autores que estão se preocupando em escrever e desenvolver práticas com o enfoque CTS por todo o mundo, inclusive no Brasil aplicado na área educacional.

Santos e Schnetzler (2003) afirmam que o ensino CTS está associado à educação científica do cidadão e o ensino do conteúdo científico deve ser articulado com o meio tecnológico e as implicações sociais. Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988 apud Santos e Mortimer 2001) reconhecem que a autoestima, a comunicação escrita e oral, a tomada de decisão, o aprendizado colaborativo/cooperativo e o exercício da cidadania são alguns dos conhecimentos e habilidades que devem estar presentes nos currículos CTS.

Assim, com a utilização do enfoque CTS, em sala de aula, o aluno passa a ser ativo durante o processo e o professor é quem vai garantir que este seja um ser crítico e questionador, logo,

“o professor é o grande articulador para garantir a mobilização dos saberes, o desenvolvimento do processo e a realização de projetos, nos quais os alunos estabelecem conexões entre o conhecimento adquirido e o pretendido com a finalidade de resolver situações-problema, em

consonância com suas condições intelectuais, emocionais e contextuais.”
(PINHEIRO et al, 2007. p. 77)

Desta maneira, o professor deixa de ser um mero transmissor de conhecimento que adquiriu durante toda a vida e passa a ser um articulador do processo de ensino-aprendizagem, em que dialoga com os alunos, dando orientação no caminho a seguir no desenvolvimento das atividades e ajuda na reflexão da utilidade da ciência e tecnologia no meio social.

Com base nos objetivos de documentos oficiais do ensino médio, como a LDB 9394/96 e PCNs, compreende-se que estes aspiram estudantes que entendam e reflitam a sua posição na sociedade, através de uma formação humana, promovendo sua autonomia, exigindo uma tomada de posição e enfrentamento de situações reais, através de evidências e fundamentos adquiridos nas discussões. Assim,

“o ensino que se pretende é aquele que propicie condições para o desenvolvimento de habilidades, o que não se dá simplesmente por meio do conhecimento, mas de estratégias de ensino muito bem estruturadas e organizadas. As propostas para o ensino do cidadão precisam levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos, o que pode ser feito mediante a contextualização dos temas sociais, na qual se solicita a opinião dos alunos a respeito do problema que o tema apresenta, mesmo antes de ser discutido do ponto de vista do conhecimento (Matemática, Física, Química, Biologia etc).” (PINHEIRO et al, 2007. p. 80)

A utilização do enfoque CTS, aplicado ao ensino médio, colabora com a aproximação dos estudantes aos temas científicos e tecnológicos e a todas as problemáticas sociais a que eles estão sujeitos. Contudo, é necessária muita reflexão dos professores antes da utilização do enfoque CTS em sala de aula, pois os professores, e mesmos os alunos, não foram formados e não estão acostumados à utilização da interdisciplinaridade no sistema de ensino atual. Pinheiro et al (2007), destaca, ainda:

“a introdução do enfoque CTS no Ensino Médio poderá promover um ensino-aprendizagem que propicie ao aluno habilidade de discussão sobre assuntos relacionados com a ciência, a tecnologia e a implicação social das

ciências nos aspectos ligados à sua área de atuação que possa levá-lo, enfim, a uma autonomia profissional crítica”. (PINHEIRO et al, 2007. p. 80)

Apreende-se, então, que a utilização do enfoque CTS é necessária para formar cidadãos críticos e autônomos, comprometidos com a vida em sociedade e abertos à discussão sobre as implicações científico-tecnológicas e sua aplicação na sociedade (PINHEIRO et al, 2007). Diante disso, acredita-se que o uso do enfoque CTS, em sala de aula, através de suas propostas, contribui para a formação de cidadãos comprometidos com um mundo mais humano.

2.3. USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TICS) NA EDUCAÇÃO BÁSICA

O ramo educativo busca por novas formas de ensinar. De acordo com Moran (2000) tanto professores, como alunos são cientes de que aulas convencionais estão ultrapassadas. O autor argumenta: “Perdemos tempo demais, aprendemos muito pouco, nos desmotivamos continuamente” (MORAN, 2000, p.137).

Na expectativa de mudanças, as Tecnologias da Informação e Comunicação - TICs são colocadas como processo de *inovação* do ensino-aprendizagem, pois de acordo com Ricoy e Couto (2014), este termo se refere à incorporação de novos componentes que permitam melhorar, produzir mudanças entendidas como elemento de renovação pedagógica.

De forma mais ampla Ricoy e Couto (2014) definem TICs como dispositivos que geram oportunidades de importantes mudanças em diferentes aspectos da vida das pessoas por meio de conhecimento, práticas e serviços que facilitam a aprendizagem. Para as autoras, as TICs “são muito úteis no processamento, no armazenamento e na transmissão de informação” (RICOY e COUTO, 2014, p. 899).

Elas se tornam importante à medida que vivemos em uma sociedade em que crianças e jovens lidam com a tecnologia, no dia a dia, de maneira natural. Usam celulares (smartphones), tablets, computadores e players todos os dias e com poucas restrições. Como disse Moran (2000), as tecnologias trazem dados, imagens, resumos, entre outros, de forma rápida e atraente, cabe ao professor ajudar o estudante a interpretar, relacionar e contextualizar tais materiais.

O uso de TICs na escola básica poderá proporcionar o desenvolvimento do potencial intelectual, estimulando a criatividade, aquisição de habilidades de novos

conhecimentos de forma integrada e prática (ASARAI e MOURA, 2004). De acordo com Ricoy e Couto (2014), práticas inovadoras com TIC necessitam de: disponibilidade de novos dispositivos tecnológicos, acesso à internet, bom fazer dos professores e implicação ativa dos alunos.

No quesito internet, pesquisa comitê gestor da internet no Brasil mostra que 89% das escolas públicas brasileiras com computador possuem acesso à rede, independentemente do local de instalação (KOBBS e JÚNIOR, 2016 apud COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL, 2013). Em contraposição, o mesmo estudo diz que para 73% dos professores e para 71% dos coordenadores pedagógicos de escolas públicas a conexão limita o uso pedagógico desta tecnologia.

Diante das transformações vivenciadas em nossa sociedade, principalmente no que tange ao uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), podemos considerar que estamos vivendo tempos de discussão que nos permitem refletir sobre a inserção dessas tecnologias nas escolas de educação básica.

Neste contexto, as TICs são entendidas como potenciais ferramentas à educação, pois permitem às pessoas aprenderem umas com as outras e também aprenderem a partir de uma perspectiva, na qual elas próprias sejam objetos dessa aprendizagem e construtoras de conhecimento. As TICs permitem que as pessoas interajam de forma participativa e dinâmica, ampliando as chances de construir coletivamente novos conhecimentos (TORRES, 2011).

As TICs estabelecem ligações entre várias áreas do conhecimento, podendo ser utilizadas como ferramenta para dinamizar o processo de ensino aprendizagem, viabilizando potencialidades inerentes à atuação de um cidadão protagonista na sociedade tecnológica vigente (OLIVEIRA, 2013).

Como a Física é uma ciência de caráter experimental, a qual apresenta conceitos abstratos e apenas o uso do ensino tradicional, se torna inadequado, ou seja, quando os conceitos são apresentados através de uma metodologia unicamente verbal ou textual, costuma apresentar deficiências no processo de ensino-aprendizagem (SANTOS, 2006).

Portanto, o uso das TICs no ensino de Física se torna relevante para que, ao utilizarem da forma verbal e visual, os alunos consigam abstrair melhor os conceitos físicos, capazes de compreender o mundo a sua volta e melhorar a participação na sociedade em que vivem.

2.4. OS LIVROS DIGITAIS E A INTERATIVIDADE

O avanço tecnológico computacional nas últimas décadas permitiu uma nova modalidade de publicação, produção e distribuição de livros. Os livros digitais conforme Pinsky (2013), Paiva (2010), Burke (2013) e Santaella (2013) são livros planejados e produzidos para o meio digital, tendo ou não um equivalente impresso, podendo ser concebido a partir de uma edição impressa ou desenvolvido desde o início para o meio digital.

O livro digital ou *e-book* é definido como um livro em formato digital, possível de ser lido em equipamentos eletrônicos, como computadores ou, até mesmo, celulares. O *e-book* é um método de armazenamento de pouco custo e de fácil acesso devido à propagação da internet (PAIVA, 2010).

Existem vários recursos que podem enriquecer os livros digitais, como os de multimídia (vídeos, áudios, animações), as interações de toque (cliques, *zoom*, passar de páginas etc), o hipertexto e a hipermídia. Esses recursos só são possíveis devido às potencialidades do ambiente digital e aos elementos da narrativa digital (MURRAY, 2003; PAUL, 2010).

Xavier (2010) afirma que um texto impresso oferece vários caminhos para serem utilizados, através das notas de rodapé, índices remissivos, sumários com divisão de capítulos, mas este difere de um hipertexto pelo princípio básico de sua construção, ou seja, a sua não linearidade. Essa não linearidade característica do mundo virtual tem uma peça chave para a leitura não sequencial que são os hiperlinks, que apontam outras informações disponíveis, sendo o capacitor essencial do hipertexto e da hipermídia (SANTAELLA, 2013), dando outras possibilidades de leitura e percepção do que está sendo lido. Desta forma, possibilita ao leitor utilizar mídias diferentes, fazendo links com outros textos e animações, contribuindo ao estudante ter uma visão mais geral do tema em debate.

Os livros digitais são colocados em três categorias ou gerações: a primeira é aquela baseada apenas nos livros impressos, a segunda apresenta hipertextos e hipermídias e na terceira o livro é totalmente interativo e com interfaces que envolvem os leitores. Independentemente da geração, os livros digitais podem ser comprados e/ou baixados na internet por meio de sites e/ou livrarias virtuais (DARNTON, 2009). Pinsky (2013) apresenta os formatos mais utilizados na produção dos livros digitais: o PDF, que exige apenas uma transformação

automática do arquivo de texto; o *e-pub*, que pretende ser um formato padrão para as publicações digitais – sua produção pressupõe um pouco mais de trabalho de programação e formatos que fogem completamente do impresso que são aplicativos para diferentes *tablets*, utilizando funcionalidades do digital, impossíveis numa versão impressa, com mais possibilidades de interação entre usuários.

Também, faz-se necessário distinguir os termos interação e interatividade. Interação é entendida como ação exercida entre dois elementos, na qual haja interferência mútua no comportamento dos interatores, já a interatividade é a percepção da capacidade ou potencial de interação propiciada por determinado sistema ou atividade.

A interatividade é a principal diferença nos entretenimentos de narrativa digital e explorada como característica essencial do ambiente de hipermídia, podendo atuar como conceito chave para potencializar o envolvimento do leitor no fluxo da narrativa em vez de distraí-lo. (TEIXEIRA, 2015 p. 22)

Desta maneira, ao se conceber um livro digital, deve-se levar em conta as interações possíveis e em que frequência, abrangência e significância elas poderão ocorrer. Segundo o Guia de Tecnologias Educacionais (GTE) do MEC, Brasil (2008):

Embora se considere importante o uso de uma tecnologia, vale lembrar que esse uso se torna desprovido de sentido se não estiver aliado a uma perspectiva educacional comprometida com o desenvolvimento humano e com a formação de cidadãos (BRASIL, 2008).

Portanto, como visto, o livro digital contém elementos básicos do meio digital como hipertextos e hipermídias e usam a não linearidade como proposta de utilização e desenvolvimento de uma educação mais realista e humana. Neste sentido, o uso do Livro Interativo Digital se faz necessário para abranger, tanto as interações presentes neste material, como as perspectivas de formação cidadã.

2.5. OS DOCUMENTOS OFICIAIS E O ENSINO DE FÍSICA

Estabelecida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) de 1996, regulamentada em 1998 pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, a reformulação do ensino

médio orienta para uma educação que prepare o educando para a vida, qualificando-o para a cidadania.

A LDB corrobora com esse pensamento ao propor como finalidades para o ensino médio a preparação para o trabalho e a cidadania e o aprimoramento como pessoa humana. Já as DCNEM afirmam que o ensino vai além da formação profissional e atingem a construção da cidadania em que as novas perspectivas possam dotar os educandos de autonomia intelectual e capacidade para o exercício de seus direitos sociais.

Com relação ao ensino de ciências, especificamente a Física, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+ - Ensino Médio) visam à formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Para tanto, a Física deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos de forma contextualizada e articulada com outras áreas. Assim, atende, também, uma das finalidades da LDB que busca que o aluno compreenda os fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando teoria e prática.

À medida que objetiva uma formação diferenciada o PCN+ propõe um ensino a partir de competências relacionadas, principalmente com a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, a utilização da linguagem Física e de sua comunicação e a contextualização histórica e social.

A competência investigação e compreensão dos fenômenos físicos têm como proposta o uso da ciência na história, em que se busca evidenciar o desenvolvimento histórico da tecnologia e suas consequências no cotidiano e nas relações sociais de cada época, procurando ainda relacionar o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais.

Assim, as orientações propõem a utilização de seis temas estruturadores como base para o ensino dos conteúdos de Física do ensino médio, são eles:

1. Movimentos: variações e conservações
2. Calor, ambiente e usos de energia
3. Som, imagem e informação
4. Equipamentos elétricos e telecomunicações
5. Matéria e radiação
6. Universo, Terra e vida

Outro documento oficial que propõe a inserção do tema Radiação e Matéria são as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, por ser um tema fortemente ligado às tecnologias atuais, trazendo uma contextualização dos conteúdos, sobretudo de Física Moderna e Contemporânea.

Existe, também, a Matriz curricular adotada pelo Exame Nacional do Ensino Médio, visto que este exame é concebido e organizado de forma interdisciplinar, contextualizada e se faz de suma importância para a progressão acadêmica dos estudantes. Este método de avaliação busca verificar, através de questões objetivas e produção textual, a aquisição de competências e habilidades fundamentais que devem ser adquiridas no percurso da educação básica. As competências referem-se a ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer, enquanto que habilidades referem-se ao plano imediato do “saber fazer” (BRASIL, 2000).

Nos eixos cognitivos, comuns a todas as áreas, presentes na matriz, verificou-se a necessidade de uma formação em ciências que permita que o aluno seja capaz de usar adequadamente a linguagem científica (I. dominar linguagens), para com isso construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento, principalmente, para a compreensão da produção tecnológica (II. compreender fenômenos) que, por sua vez, serve de argumentos para a tomada de decisões, enfrentamento de situações problema e possível elaboração de propostas de intervenção na realidade (III. enfrentar situações-problema, IV. construir argumentação e V. elaborar propostas).

Após os eixos cognitivos temos uma subdivisão por área de conhecimento. A matriz Ciências da Natureza e suas Tecnologias dispõe de 8 competências e 30 habilidades, que aqui identificaremos por C e H, respectivamente, acrescido de seu índice. Destes, 6 competências e 23 habilidades estão ligados direta ou indiretamente a disciplina de Física e a atividade desenvolvida:

Competência de área 1 (C1)– Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

Competência de área 2 (C2)– Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

Competência de área 3 (C3)– Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Competência de área 4 (C4)– Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Competência de área 5 (C5)– Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Competência de área 6 (C6)– Apropriar-se de conhecimentos da Física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas (BRASIL, 2011).

Assim, os documentos oficiais que dão suporte para o ensino de Física na Educação Básica, estabelecem que o educando, ao final desta etapa, esteja preparado para exercer plenamente a cidadania e lidar com situações que envolvam o uso das tecnologias presentes nos equipamentos utilizados no seu dia a dia.

3 METODOLOGIA

Esse capítulo tem a finalidade de esclarecer os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa. Esta se trata de uma pesquisa qualitativa, conforme a caracterização de (YIN, 2016), que passa por cinco fases distintas: a) compilação dos dados, onde foram reunidos e organizados todos os materiais coletados durante a aplicação do produto (28 questionários iniciais, 14 relatos da roda de conversa, 22 relatos finais das atividades, 3 painéis produzidos pelos alunos, 7 diários de campo do professor e 25 questionários finais); b) decomposição dos dados, momento em que foram selecionados fragmentos relacionados com o objetivo desta pesquisa; c) recomposição dos dados, fase em que ocorreram rearranjos dos fragmentos para expor principalmente em formato de quadros e tabelas para comparação destes; d) Interpretação dos dados, fase em que foi interpretado os dados recompostos e produzido uma nova narrativa; e) conclusão, momento em que foi extraído as conclusões da aplicação do Livro Interativo Digital.

A metodologia está dividida em duas seções: a) a elaboração do LID e b) a aplicação do produto. Na seção de elaboração do LID subdividimos em: pesquisa bibliográfica, definição e detalhamento da estrutura do LID e formato de distribuição e acesso ao LID. Nesta seção, dividimos em: preparação para aplicação, contexto e participantes, etapas da aplicação e construção e análise dos dados.

A partir daí, são destacados os procedimentos de elaboração e aplicação, na sala de aula, do Livro Interativo Digital (LID) com abordagem CTS no ensino de Física Moderna e Contemporânea, além de como foram realizadas a organização dos registros e análise dos materiais para responder aos objetivos do trabalho.

3.1 A ELABORAÇÃO DO LID

O produto educacional produzido abordou sobre a temática da terapia do câncer e suas relações com conhecimentos físicos. Esta elaboração passou por três fases, a saber: a) pesquisa bibliográfica, na qual ocorreram as buscas de materiais para compor o produto; b) definição e detalhamento da estrutura do LID, em que se buscou a melhor forma de estruturá-lo para contemplar a abordagem CTS e c) a

escolha do formato de distribuição e acesso ao LID, definindo a melhor maneira de disponibilizar aos estudantes.

3.1.1 Pesquisa bibliográfica

Durante a etapa de pesquisa bibliográfica foi realizado buscas de materiais que pudessem fundamentar a escrita do LID, tanto no que se refere aos aspectos metodológicos, quanto no que tange aos de conhecimentos físicos e tecnológicos relacionados ao tema. Nas disciplinas obrigatórias estudadas no mestrado ficou evidente o distanciamento entre a Física presente nos aparatos tecnológicos utilizados, atualmente, e a Física ensinada na escola básica. Então, preferiu-se desenvolver um material que abordasse um tema conhecido pelos estudantes.

Nesta pesquisa, procurou-se associar a temática com estudos sobre a Física de partículas por motivações pessoais (visita ao CERN, 2011). E após leitura de alguns artigos observou-se a semelhança entre a Física de partículas com o tratamento do câncer, assunto tão presente na nossa realidade, e ainda tratado com imenso tabu pela população em geral.

Foram pesquisados em livros, portal de dissertações e produtos educacionais da sociedade brasileira de Física e no site de busca *google acadêmico* com uso de palavras chaves: ensino de Física, tratamento do câncer, CTS, FMC, TICs, utilizadas com combinações entre elas.

A partir da leitura dos resumos dos materiais coletados e escolhidos, foi criada uma base de dados para dar suporte à elaboração do LID. Com a leitura destes materiais ocorreu o aprofundamento dos conhecimentos físicos associados à temática câncer, bem como a apropriação da abordagem CTS e da utilização das TICs na educação básica que contribuíram para solidificar a utilização da temática e sustentação à construção.

3.1.2 Definição e detalhamento da estrutura do LID

Após a etapa de pesquisa bibliográfica com estudo mais aprofundado dos referenciais teóricos que dão sustentação a construção do produto educacional foi

escolhida uma estrutura que contemplasse a abordagem CTS e suas relações com a disciplina Física.

Nesta etapa procurou-se estruturar o LID em unidades temáticas com títulos mais abrangentes e na sequência subunidades com detalhamentos desses temas.

Na primeira unidade temática buscaram-se elementos para que fosse contemplado o contato inicial com a temática câncer, abordando sobre a ótica brasileira e mundial com os tipos de câncer, possíveis causas e prevenção. Nas subunidades temáticas foi desenvolvido sobre a doença câncer, possíveis fatores que contribuem para o câncer na Amazônia e particularmente no Oeste do Pará.

Na segunda unidade temática foi abordado sobre a terapia do câncer, aspectos históricos e suas tecnologias. Nesta unidade foi realizado um histórico das descobertas dos raios x e da radioatividade, além de suas primeiras aplicações na medicina, assim como, a descrição dos processos da *hadronterapia* e da radioterapia, sendo esta amplamente utilizada no Brasil e apresentando vários tipos, desde o convencional, ainda muito utilizado, até os mais modernos, como a radioterapia guiada por imagem (IGRT), fazendo referências aos conhecimentos científicos associados a essas tecnologias.

Na terceira unidade procurou-se esclarecer sobre as relações entre o funcionamento dos organismos vivos, fazendo referências com o visível (macro) e suas relações com as partículas subatômicas. Nesta unidade são descritos os principais fenômenos da interação com a matéria (efeito fotoelétrico, efeito Compton e produção de pares), além de expressar diferenças entre radiações ionizantes e não ionizantes e radiações por fótons e por partículas, sempre fazendo relação entre as terapias e os conhecimentos físicos associados ao câncer.

No quadro abaixo são apresentadas, resumidamente, o formato e o conteúdo do LID.

UNIDADES TEMÁTICAS		SUB UNIDADES	TÓPICOS
Unidade Temática I	CONHECENDO A TEMÁTICA DO CÂNCER	<ul style="list-style-type: none"> • O Câncer; • Fatores que podem contribuir com o câncer na Amazônia; • O câncer no Oeste do Pará 	<ul style="list-style-type: none"> • Queimadas; • Hábitos Alimentares; • Agrotóxicos.
Unidade Temática II	A TERAPIA DO CÂNCER: ASPECTOS HISTÓRICOS E AS TECNOLOGIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Histórico; • A radioterapia; • A Hadronterapia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Radioterapia Convencional • Radioterapia Conformacional 3D • Radioterapia IMRT • Radioterapia IGRT
Unidade Temática III	O CONHECIMENTO FÍSICO E O TRATAMENTO DO CÂNCER	<ul style="list-style-type: none"> • Compreendendo o visível e suas relações com o "invisível" • As Radiações • Os principais fenômenos da interação da radiação com a matéria • Radiações e o tratamento do câncer 	<ul style="list-style-type: none"> • Organismo humano • Estrutura atômica • Radiação eletromagnética • Radiações corpusculares • Distinção de radiação ionizante e não ionizante • Efeito fotoelétrico • Efeito Compton • Produção de pares • Radioterapia • Hadronterapia

Quadro 1 Formato e conteúdo do LID

Em cada unidade, estão presente, ainda, na interface complementar, textos de aprofundamento, vídeos, áudios, simulações, tabelas e outros materiais interativos para os estudantes se aprofundarem no respectivo tema, possibilitando um entendimento mais amplo a respeito da temática.

Estes materiais complementares permitem aos estudantes uma interação maior com o material e com maneiras diversificadas de acesso a informações sobre o tema, facilitando, assim, a apropriação de conhecimentos científicos referentes à temática e desenvolvendo uma formação crítica dos estudantes.

3.1.3 Formato de distribuição e acesso ao LID

Para cumprir os objetivos propostos neste trabalho, desenvolveu-se o Livro Interativo Digital (LID) capaz de dispor a temática do câncer, podendo ser carregado tanto *online*, quanto *off-line*. Para isso, utilizou-se tecnologia de sistemas Web, de

modo autocontido¹, podendo ser distribuído o material em CD-ROM ou *pendrive*. O formato de páginas Web foi escolhido devido à sua flexibilidade e possibilidade de inclusão de conteúdo interativo, foco deste trabalho. Além disso, páginas Web também são suportadas² na maioria dos dispositivos eletrônicos de propósito diversos utilizados nos dias atuais, como computadores, *notebooks*, *tablets*, telefones celulares, etc.

As tecnologias Web suportam várias linguagens de programação e marcação. Neste trabalho foram utilizadas as linguagens HTML³, CSS⁴ e JavaScript⁵. O HTML é uma linguagem de marcação de texto onde é possível apresentar textos formatados e incluir elementos interativos na página por meio de um navegador Web. Através dele pode-se, também, incluir elementos de navegação entre páginas e exibição de elementos multimídia como vídeo, áudio, etc.

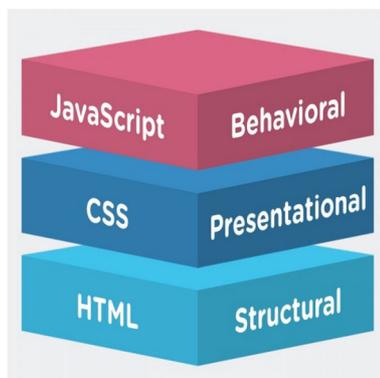


Figura 1 Funções de cada elemento em uma página web.

Fonte: <https://inditutor.com/product/complete-website-development-using-html-css-and-javascript/>

O CSS é utilizado, dentro do HTML, para fazer a estilização. É através dele que, nas páginas, são inseridas as seções e, em cada uma delas, a formatação para cada tipo de elemento, podendo ocorrer formatação do mesmo tipo de elemento, em seções diferentes, de modo distinto. Na sua versão atual, aconteceu uma série de evoluções que, em conjunto com a evolução dos navegadores, permitiu maior poder na criação de conteúdo digital.

¹ Apesar das tecnologias de páginas Web ter sido projeto para o trabalho em ambiente distribuído, onde vários computadores se interligam por meio da rede, também é possível a criação de páginas referenciando conteúdo que esteja no mesmo local das páginas, o que torna possível a disponibilização de todo o conteúdo multimídia de modo *off-line*.

² A maior dos equipamentos modernos, tem algum tipo de navegador de internet (conhecidos também como *browsers*).

³ <https://www.w3.org/html/>

⁴ <https://www.w3.org/Style/CSS/>

⁵ <https://www.w3schools.com/js/>

Em conjunto com o HTML e o CSS, o JavaScript é uma linguagem de Script executada no navegador Web para implementação de interatividade e funções executadas dentro de uma página. Através do JavaScript é possível criar desde animações como incremento e melhorias na parte visual, até programas completos que executam funções complexas e dão resultados na própria página sem necessitar de conectividade. A integração dos três elementos e suas funções pode ser observada na Figura 1.

O conteúdo foi planejado para ser disposto neste formato de modo que possa ser disponibilizado tanto *online*, conectado à Internet, através do endereço http://www.cloudi.com.br/lid_rubem, como *off-line*, disponibilizado através de CD-ROM e *Pendrive*. Para isso, todo o conteúdo proposto no livreto interativo digital (artigos, textos em formato PDF, vídeos, imagens e simulações), foi baixado de seus sites de origem, incluído como conteúdos extras e referenciados. Isso foi necessário devido a um requisito básico da geração deste conteúdo que é a possibilidade de executá-lo de modo *off-line*, para atender àquelas escolas que não dispõem de conexão à Internet, como é o caso da escola escolhida para aplicação deste livreto.

O LID na sua página inicial aparece nas abas superiores o nome do livreto e os botões de navegação pelas páginas, separado em início, unidade temática I, unidade temática II e unidade temática III que podem ser acessados com o clique nos referidos botões (figura 2).

Na coluna da esquerda da figura 2, consta a apresentação do livreto, sendo descrito o tema e a sua relevância no contexto atual, além de apresentar suas possibilidades e potencialidades.

Na coluna da direita consta, novamente, como alternativa de acesso as unidades temáticas com suas subunidades que dão uma caracterização maior dos temas e subtemas tratados em cada unidade temática, sendo utilizadas como possibilidade para o acesso as unidades temáticas. Então, o acesso ao livreto pode ser realizado de duas maneiras, uma pelas abas superiores e outra pelos hiperlinks disponibilizados a direita da apresentação.



Apresentação

Este material didático aborda a introdução de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio por meio de abordagens CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), ancoradas em documentos que norteiam a Educação Básica Brasileira e nas pesquisas que defendem a reformulação do Ensino de Física neste nível de ensino.

Além de ser um material didático, ele pretende ser um material educativo em saúde para que os estudantes tomem conhecimento do mesmo e possa contribuir para a mudança de atitudes no dia a dia, como no desenvolvimento de hábitos alimentares saudáveis.

Ele faz parte de uma proposta pedagógica desenvolvida como trabalho de conclusão do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPTEF) na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Esperamos que ele ajude os professores, na formação e para o auxílio no preparo de aulas motivadoras e diversificadas e, para alunos que desejem o contato com FMC, tão presente no mundo tecnológico que vivemos atualmente, possibilitando a aquisição de novos conhecimentos.

Unidade temática I - Conhecendo a temática do câncer

- Sub unidade 1 – O câncer
- Sub unidade 2 – Fatores que podem contribuir com o câncer na Amazônia
- Sub unidade 3 – O câncer no Oeste do Pará
- Sub unidade 4 – Tipos de cânceres e tratamentos

Unidade temática II – A terapia do câncer: aspectos históricos e as tecnologias

- Sub unidade 1 – Histórico
- Sub unidade 2 – A radioterapia
- Sub unidade 3 – A hadronterapia

Unidade temática III – O conhecimento físico e o tratamento do câncer

- Sub unidade 1 – Compreendendo o visível e suas relações com o "invisível"
- Sub unidade 2 – As Radiações
- Sub unidade 3 – Os principais fenômenos de interação de radiação com a matéria

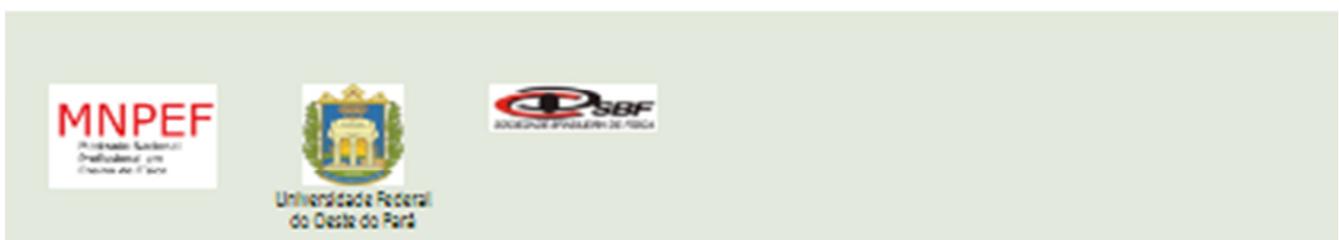


Figura 2 Página Inicial do LID

Na unidade temática I, figura 3, na coluna da esquerda é apresentado o texto do livreto, composto por informações desenvolvidas a partir das pesquisas

bibliográficas realizada na fase inicial deste trabalho, na coluna da direita são colocados os hiperlinks que dão possibilidades de interação com o material digital, divididos em cores para facilitar o acesso ao material.

Na cor salmão temos as caixas ampliando o conhecimento com textos em pdf, vídeos, áudios que devem ser acessados pelos alunos e que os conteúdos estão diretamente relacionados aos temas discutidos no texto do LID.

A Física na terapia do Câncer
UNIDADE TEMÁTICA I
UNIDADE TEMÁTICA II
UNIDADE TEMÁTICA III

UNIDADE TEMÁTICA I - CONHECENDO A TEMÁTICA DO CÂNCER

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), O número de mortes no mundo por conta do câncer aumentou 22% desde o ano 2000, chegando a 8,3 milhões de óbitos em 2015, atualmente uma a cada seis mortes é causada por câncer.

Os tipos mais comuns de câncer no mundo, conforme o Instituto Nacional do Câncer (INCA) é apresentado na figura abaixo:

10 tipos de câncer mais comuns diagnosticados no mundo todo

Tipos de Câncer	Estimativa de Casos (em milhões)
Pulmão	~1,2
Mama	~0,8
Intestino	~0,7
Próstata	~0,6
Estômago	~0,5
Fígado	~0,4
Colo do útero	~0,3
Esôfago	~0,2
Bexiga	~0,2
Linfoma Não-Hodgkin	~0,1

Fonte: Cancer Research UK, Globocan, Estimativas de 2012.
 Figure 1: Casos de Câncer com maior incidência no mundo. Fonte: INCA, ESTI04710A - 2016.

No Brasil, estima-se, que no biênio 2017-2019 seja registrada e ocorrida de 1,2 milhão de novos casos de câncer. Essas estimativas refletem o perfil de um país que possui os cânceres de próstata, pulmão, mama feminina e colo e reto entre os mais incidentes entre os brasileiros (INCA, 2016).

Na região Norte a estimativa indica a incidência de aproximadamente 23.303 novos casos de câncer em cada ano deste biênio, onde os mais comuns nos homens é o de próstata e estômago e nas mulheres o do colo do útero e o de mama.

Sub unidade 1 - O Câncer

Câncer é o nome dado ao conjunto de inúmeras doenças caracterizadas pelo crescimento desordenado de células (neoplasias malignas) que se proliferam por tecidos e órgãos, com a possibilidade de espalhamento para o restante do corpo (metástase). O desenvolvimento de um câncer é o resultado de alterações no mecanismo de regulação celular, ocasionando um desequilíbrio na formação das células e comprometendo as funções vitais dos órgãos do corpo (INCA, 2016; NORDESA, 2012).

Sub unidade 2 - Fatores que podem contribuir com o câncer na Amazônia

Queimadas

Devido ao Programa Queimadas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, indicam que em 2017 ocorreram mais de 211 mil focos de incêndio em todo o território nacional, sendo mais de 133 mil em estados amazônicos.

Essa alta incidência de queimadas, tem gerado na população amazônica problemas de saúde, principalmente ligados ao sistema respiratório.

Estudos realizados por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Fundação Oswaldo Cruz e Universidade Federal de Rondônia (UFRO), indicam que a fumaça das queimadas na Amazônia pode causar até o câncer. Isso acontece, de acordo com a pesquisa, devido ao dano da fumaça no DNA, este pode ser tão grave a ponto de a célula perder o controle e começar a se reproduzir descontroladamente, evoluindo para o câncer de pulmão.

Conforme a pesquisa do projeto Clima & Saúde da sub Rede de Mudanças Climáticas do INPE/INCT Rede Clima, os mais atingidos são, principalmente, famílias que estão em áreas de risco sem alternativa de sair. Segundo ela, crianças menores de cinco anos, prejudicadas pelo aumento do nível do mar com consequentes secas prolongadas da floresta das queimadas, desastres e alterações ambientais, que afetam

Ampliando o conhecimento

TIPOS DE CÂNCER

Vídeo: Câncer, Conhecer, Prevenir e Vencer

Tipos de câncer mais incidentes:

- Pulmão
- Mama
- Intestino (Colonial)
- Próstata

Ampliando o conhecimento

QUEIMADAS

Vídeo: Queimadas na Amazônia uma ameaça ao ambiente e à saúde

Reportagem: [Queimadas na Amazônia pode causar câncer](#)

Ampliando o conhecimento

ALIMENTAÇÃO

Vídeo: Alimentação e câncer

Figure 2: Queimadas na Amazônia
 Fonte: SIA/Amazônia.org.br

Figura 3 Página Unidade Temática I

Nas caixas “*Para saber mais*” na cor azul estão disponibilizados materiais que podem acrescentar no conhecimento, tanto dos estudantes, quanto dos professores

que desejam desenvolver essa temática, além de disponibilizar ainda links de aprofundamento do tema.

As caixas “Pesquisa/produção” na cor amarela são propostas de materiais que devem ser utilizadas pelos professores como elementos de avaliação e/ou recursos de aprendizagens para ser desenvolvido durante a aplicação do LID.

A navegação no LID pode ocorrer pelas abas superiores, clicando em cada unidade temática que levará ao conteúdo específico de cada unidade, ou nas barras laterais direita com subunidades que também direcionará para o texto do livreto.

Na unidade temática II, figura 4, nas caixas para saber mais, na cor azul, consta os materiais e links que acrescentam as discussões a respeito da temática, nas caixas para o professor, na cor verde, são discutidos outros materiais a respeito da temática, nas caixas com outras propostas de atividades são apresentadas sugestões de propostas que podem ser utilizadas durante a aplicação do LID e a caixa pesquisa/ produção, na cor amarela, apresentam propostas de trabalhos avaliativos e fixação da aprendizagem da temática.

A Física na terapia do Câncer
Início
UNIDADE TEMÁTICA I
UNIDADE TEMÁTICA II
UNIDADE TEMÁTICA III

UNIDADE TEMÁTICA II - A TERAPIA DO CÂNCER: ASPECTOS HISTÓRICOS E AS TECNOLOGIAS

Nesta Unidade Temática será discutida com maior ênfase a radioterapia e a hadronterapia por se tratarem de terapias que envolvem emissão de radiação no corpo do paciente. Será descrito um histórico das descobertas científicas e sua utilização no tratamento do câncer, além de apresentar diferentes técnicas de tratamento utilizadas atualmente.

Sub unidade 1 – Histórico

Os avanços científicos em diversas áreas proporcionaram uma evolução nos aparelhos utilizados na terapia médica. O quadro a seguir faz uma síntese dos principais marcos históricos desse progresso.

Sub unidade 2 – A radioterapia

A radioterapia é uma das formas mais comuns de tratamento do câncer. Consiste em uma terapia a partir de radiação eletromagnética ionizante, que será abordado mais adiante. De acordo com a American Society of Radiation Oncology (ASTRO), dois em cada três pacientes com câncer são tratados com radioterapia, isoladamente ou em combinação com outros métodos terapêuticos.

A aplicação da radioterapia é, sempre, cuidadosamente, planejada de modo a preservar o tecido saudável, tanto quanto possível. No entanto, sempre haverá tecido saudável que será afetado pelo tratamento, causando possíveis efeitos colaterais.

A aplicação da radioterapia é, sempre, cuidadosamente, planejada de modo a preservar o tecido saudável, tanto quanto possível. No entanto, sempre haverá tecido saudável que será afetado pelo tratamento, causando possíveis efeitos colaterais.

Diferentes técnicas de tratamento foram desenvolvidas, sendo as principais: a radioterapia convencional, a radioterapia conformacional, radioterapia com intensidade de feixe modulado (IMRT) e radioterapia guiada por imagem (IGRT), que são sintetizadas nos quadros (3-5) que seguem.

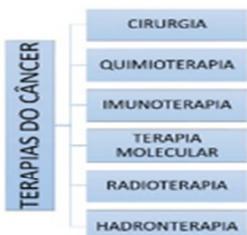


Figura 7: Terapias para o Câncer

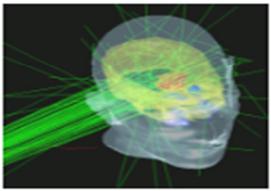


Figura 8: Ilustração da radioterapia e espalhamento da radiação sobre o tecido saudável.

Fonte: <http://meubloguezinho-udu.blogspot.com/j/radioterapia.html>

Para saber mais

[Equipamentos de radioterapia](#)
[Elétron-volt \(eV\)](#)
[Radiação no diagnóstico por imagem](#)

Para o Professor

[Tecnologias no tratamento do câncer](#)
[Apostila educativa: Energia Nuclear](#)

PARA SABER MAIS/ASPECTOS COMPLEMENTARES

[Aplicação tecnológica da Energia Nuclear](#)
- LHC
LHC: o que é, para que serve e como funciona
Entrevista USP aceleradores de partículas.

▶ 0:00 / 0:00 ◀

[Histórico da Radioterapia](#)
- HADRONTERAPIA
[Hospitais e centros de pesquisa com Hadronterapia](#)
[IRM SIMPLIFICADA](#)

OUTRAS PROPOSTAS DE ATIVIDADES

- Discuta com seus colegas sobre:
Evoluções tecnológicas e o tratamento do câncer
Entre a Hadronterapia e a radioterapia: possibilidades e impossibilidades

Para saber mais

[Aplicação tecnológica da Energia Nuclear](#)

Figura 2 Página Unidade Temática II

Na unidade temática III, figura 5, do LID, que trata do conhecimento físico e o tratamento do câncer, segue a mesma estrutura com o texto principal na coluna a esquerda e as caixas para saber mais, para o professor e curiosidades no lado direito, com possibilidades de navegação e interação com os materiais.

A Física na terapia do Câncer
Início
UNIDADE TEMÁTICA I
UNIDADE TEMÁTICA II
UNIDADE TEMÁTICA III

UNIDADE TEMÁTICA III – O CONHECIMENTO FÍSICO E O TRATAMENTO DO CÂNCER

Sub unidade 1 – Compreendendo o visível e suas relações com o "invisível"
Organismo humano

No corpo humano existem muitos tipos de células, com diferentes formas e funções que organizadas de maneira integrada desempenham juntas, uma função determinada.

Ao procurar entender o funcionamento do corpo humano, podemos analisá-lo por meio de diferentes níveis de organização. Podemos estudá-lo analisando os sistemas do corpo ou, então, seus tecidos e, até mesmo, suas células. De maneira resumida, podemos representá-los da seguinte forma:



Figura 12: Representação dos níveis de organização do corpo humano Fonte: Site Biologia.Net

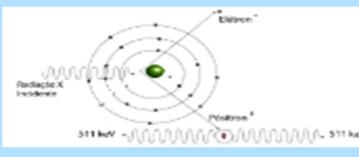
O organismo pode ser definido como um conjunto de sistemas, estes, por sua vez, é composto por órgãos que estão interligados para desempenhar uma determinada função, como capturar os nutrientes presentes nos alimentos e realizar a captura eficiente de oxigênio e a liberação de gás carbônico.

Os órgãos são formados por tecidos que são células iguais, unidas e desempenhando uma mesma função – o tecido muscular é responsável pela contração e realização de movimentos, enquanto o tecido ósseo garante nossa sustentação.

A Figura abaixo mostra o corte transversal de um joelho com os tecidos associados.

Para saber mais

Produção de pares

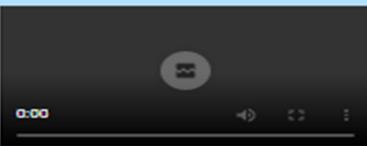


Para o Professor

Formação de Pares
Princípios Físicos da Radioterapia

Para saber mais

O que é a Dualidade Onda-Partícula?



[Biotópos](#)
[Meia-vida](#)
Acidente radiativo no Brasil



Figura 3 Página Unidade Temática III

3.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO

Após a etapa de elaboração do produto educacional (Livreto Interativo Digital) realizou-se o planejamento e a aplicação deste produto, utilizando, para isso, uma preparação de materiais, visitas à escola e conversa com a direção e coordenação pedagógica, além de desenvolver as atividades na sala de aula com estudantes.

3.2.1 Preparação para aplicação

Nesta etapa foi realizado um planejamento de preparação de multimídias, como vídeos, power point, áudios, simulações e outros, para que os estudantes entrassem em contato com diferentes materiais de estudo, ajudando-os a desenvolver o espírito questionador e a participarem ativamente do processo de aplicação do produto educacional.

Nesta etapa foram preparados os termos de consentimento da realização da pesquisa para a direção da escola, para o professor da turma e o termo de compromisso dos alunos participantes dessa pesquisa. Também, foram desenvolvidos os materiais de orientações para escrita de relato, de procedimentos para a roda de conversa, de como produzir painéis e como acessar o LID online e off-line.

Na visita a escola e conversa com a direção e coordenação pedagógica ficou certo que a aplicação do LID ocorreria numa turma de terceiro ano, que estava com ausência de professor, de licença maternidade e, ainda, não ter uma substituta e que esta aplicação deveria ocorrer, também, utilizando aulas de outros professores, para que fosse mais rápida e não interferisse nas atividades do bimestre, uma vez que seria realizado logo no início.

3.2.2 Contexto e participantes

O LID foi aplicado em uma turma de 28 alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola da rede pública estadual, localizada na zona rural do município de Santarém, no turno da manhã, que funciona em um prédio que pertence à congregação das Irmãs Missionárias Da Imaculada Conceição da Mãe De Deus (SMIC), que cedem para o município de Santarém, para funcionar a Educação Infantil e Ensino Fundamental e alugam para o Estado do Pará para funcionar as 10 turmas de Ensino Médio.

Nessas 10 turmas, frequentam 348 alunos de 15 comunidades circunvizinhas a escola. O corpo de funcionários da rede estadual é composto por uma diretora, uma coordenadora pedagógica, 17 professores, 2 auxiliares administrativo, 2 serventes e 2 vigias, o Ensino Médio funciona apenas no horário da manhã e as outras modalidades no turno da manhã e tarde.

3.2.3 Etapa da Aplicação do LID

A Aplicação do LID ocorreu em seis etapas, conforme quadro abaixo, durante as aulas da disciplina Física e de outras disciplinas, além de uma etapa preliminar para verificação de conhecimentos prévios e uma etapa posterior para aplicação do questionário final que são descritas detalhadamente, abaixo.

ETAPAS DA APLICAÇÃO	TÓPICOS DO LID	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS
Etapa preliminar (Uma aula de 45 min)		Apresentação da proposta Questionário de conhecimentos prévios
Primeira (Duas aulas de 45 min)	Unidade temática I	Divisão da turma em grupos Orientações de leitura do LID Apresentação do cronograma Debate inicial da temática Pesquisa para casa Orientações para a roda de conversa
Segunda (Três aulas de 45 min)	Unidade temática I	Roda de conversa Orientações para produção do relato da roda Orientação para leitura das unidades II e III
Terceira (Três aulas de 45 min)	Unidade temática II e III	Debate das unidades II e III Apresentação multimídia Aprofundamento das tecnologias associadas a temática Aprofundamento dos conhecimentos físicos
Quarta (Duas aulas de 45 min) Contra turno	Unidades temáticas I, II e III	Produção de painéis
Quinta (Duas aulas de 45 min)	Unidades temáticas I, II e III	Apresentação dos painéis Aprofundamento dos conhecimentos físicos Orientação para produção de relato de aprendizagem final
Sexta (Duas aulas de 45 min)	Unidades temáticas I, II e III	Produção do relato final
Etapa Posterior (uma aula de 45 min)	Unidades temáticas I, II e III	Questionário final

Quadro 2 síntese da aplicação do LID

O detalhamento das etapas de aplicação do Produto Educacional na turma do terceiro ano da escola é apresentado a seguir.

Na etapa preliminar (uma aula de 45 min) foi apresentada a proposta para os alunos, explicando os objetivos e a finalidade da aplicação do Produto Educacional na referida turma e, em seguida, foi aplicado um questionário de conhecimentos

prévios para verificar o nível de conhecimento dos alunos em relação a temática câncer para nortear as etapas posteriores.

Na primeira etapa (duas aulas de 45 min) foi dividida a turma em 4 grupos de alunos e entregue um pen drive (LID off line) para cada grupo para que estes, posteriormente, compartilhassem e reproduzissem com todos os membros do grupo. Em seguida, foram realizadas as orientações sobre o desenvolvimento das atividades nos encontros seguintes, ou seja, um cronograma das atividades posteriores. Ainda, neste momento os estudantes foram orientados a usarem os materiais de aprofundamento de estudos dispostos no LID em formato online e, também, off-line.

Na sequência, realizou-se uma apresentação multimídia da primeira unidade temática para que os estudantes se familiarizassem com o tema. Nesta apresentação lançaram-se diversos questionamentos aos alunos e pedido para que contribuíssem com as discussões dando opiniões a respeito da temática câncer com possíveis causas e tratamentos.

No final, orientou-se a tarefa de pesquisa/consulta com familiares e/ou profissionais da saúde sobre o envolvimento da temática câncer no seu cotidiano, além das orientações para realização da roda de conversa do encontro seguinte.

Na segunda etapa (três aulas de 45 min) foi realizada a roda de conversa sobre os temas presentes nos hiperlinks de aprofundamento do LID, sendo eles: tipos de câncer, queimadas, hábitos alimentares e agrotóxicos.

Os alunos foram orientados para realizarem um semicírculo maior com suas cadeiras, para que os alunos que não tivessem participando da roda diretamente (grupo de observação), e um semicírculo menor no lado oposto para sentarem nestas os alunos das equipes que iriam participar dos debates mais diretamente (grupo de verbalização).

Foi solicitado para que a equipe que estudou com maior profundidade os tipos de câncer, possíveis causas e tratamento, ocupasse o semicírculo menor para iniciar a roda, o professor fazia as perguntas norteadoras que eram debatidas entre os integrantes da equipe. Em seguida, para o grupo de observação para que, também, pudessem participar. Foi repetida essa metodologia a fim de que todos participassem das discussões de seus grupos, dando opiniões e se expressando a respeito da temática.

Ao final da roda, os educandos foram orientados a produzirem um relato de aprendizagem referente às discussões feitas, envolvendo todos os temas dos grupos para ser entregue no encontro seguinte; além de reafirmar a importância dos estudantes continuarem o contato com o LID e se apropriarem dos conhecimentos propostos para se aprofundarem nos momentos de discussão.

Foi finalizada a aula lembrando aos alunos para consultarem o LID online ou off-line para se apropriarem de conteúdos referentes às unidades temáticas II e III para o debate da aula seguinte.

Na terceira etapa (três aulas de 45 min) discutiram-se as unidades temáticas II e III do LID, com o auxílio de apresentação multimídia e a participação dos estudantes sobre os avanços das tecnologias associadas à terapia do câncer, além de discutir os conhecimentos físicos associados a essas tecnologias. Ao final desta etapa, realizou-se, novamente, uma roda de conversa da equipe responsável pelo tema alimentação, em que os alunos presentes debateram e discutiram sobre o referido tema, fazendo referências com os temas das outras equipes.

Na quarta etapa a atividade foi desenvolvida no contra turno, no horário de Educação Física. Os alunos foram orientados a produzirem painéis que representassem a temática câncer, apresentando as possibilidades presentes no LID e o que foi discutido nas aulas. Neste momento, devido à ausência e esvaziamento de um grupo, foi realocado o restante dos integrantes nos outros três grupos.

Os estudantes foram incentivados a utilizarem a criatividade para produzirem os painéis e alguns alunos se sobressaíram, dando opiniões de como proceder a equipe e como melhor ficaria organizado os painéis. Os estudantes procuravam tirar dúvidas com o professor sobre as relações entre o tema câncer, tecnologias e conhecimentos científicos associados e o professor os incentivava a utilização e consulta ao LID para perceberem esta relação. Ao final da tarde, um grupo não finalizou a atividade, ficando para o término na casa de um integrante da equipe.

Na quinta etapa (duas aulas de 45 min) foram apresentados os painéis pelas equipes, na sala de aula e, em seguida, o professor aproveitou para discutir alguns conceitos científicos associados ao tema que não foram bem explorados durante a apresentação dos painéis pelos estudantes.

Na sexta etapa (duas aulas de 45 min) pediu-se aos estudantes para produzirem um relato de aprendizagem referente à aplicação para servir de base para análise da dissertação.

Na etapa posterior (uma aula de 45 min) foi aplicado o questionário final para os estudantes exporem o nível de contato com o material, explicitando as dificuldades e aprendizagens referentes à temática, assim como, o modo de interação com o LID.

3.2.4 A construção e análise de dados

Os registros que serviram de instrumentos para análise dos dados foram produzidos durante a aplicação do produto educacional, esses registros foram: questionários de conhecimentos prévios aplicado para os alunos antes de iniciar as atividades (QI), relato produzido pelos alunos da roda de conversa (RC), relato de aprendizagem referente à aplicação do LID (RF), Painéis (P) produzidos pelos alunos no momento da atividade, diário de campo do professor/pesquisador dos momentos de aplicação (DC) e questionário final (QF) que foram analisados com base na pesquisa qualitativa dentro dos referenciais CTS.

No quadro abaixo estão organizados os tipos de registros e os aspectos que foram analisados que deram base para gerar os resultados dessa pesquisa.

ASPECTOS ANALISADOS	TIPOS DE REGISTRO
Percepções iniciais de estudantes em relação a temática câncer associados aos conteúdos científicos e suas tecnologias	Questionário de conhecimentos prévios (QI)
As potencialidades do LID, quanto a recursos digitais, aos conteúdos e a dimensão CTS	Relato de aprendizagem final (RF) Relato da roda de conversa (RC)
Os aspectos didáticos pedagógicos da atividade proposta	Diário de campo (DC) Relato da roda de conversa (RC) Questionário final (QF) Relato de aprendizagem final (RF)
Aprendizagens desenvolvidas na perspectiva CTS levando em consideração o conteúdo científico, a dimensão de comportamento e os aspectos atitudinais presentes na formação cidadã.	Painéis (P) Questionário final (QF) Relato de aprendizagem final (RF)

Quadro 3 Tipos de registros e os aspectos analisados

Os códigos indicativos dos registros apresentados nos resultados seguem o padrão: código do registro e a indicação do referido estudante que produziu esse

registro. Assim, por exemplo, o código QIE05, se refere ao registro do questionário inicial produzido pelo estudante 5.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados e discutidos com dois focos principais. O primeiro está relacionado com as percepções iniciais de estudantes em relação à temática câncer, associada aos conteúdos científicos e suas tecnologias, verificadas a partir de um questionário inicial aplicado de maneira preliminar antes do desenvolvimento das atividades. O segundo foco está relacionado às potencialidades do LID, quanto a recursos digitais, aos conteúdos e à dimensão CTS; aos aspectos didáticos pedagógicos da atividade proposta e às aprendizagens desenvolvidas na perspectiva CTS, levando-se em consideração o conteúdo científico, a dimensão de comportamento e os aspectos atitudinais presentes na formação cidadã. Para esta análise foram utilizados os relatos da roda de conversa, relatos de aprendizagem final, questionário final e os painéis produzidos durante a aplicação do LID em sala de aula.

4.1 ANÁLISE DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS

Esta análise ocorreu para observar que percepções os estudantes tinham a respeito da temática câncer e suas relações com o conteúdo CTS, e a partir desta se desenvolveria toda a aplicação do produto educacional.

No momento da aplicação do Questionário de Conhecimentos Prévios QI (Apêndice E) estavam presentes 28 alunos e abaixo está apresentado um quadro com a síntese da caracterização dos envolvidos na pesquisa que engloba as seis primeiras questões do questionário.

QUESTÃO	RESPOSTAS	QNT	%	
1. Idade	16 anos	6	21%	
	17 anos	19	68%	
	Acima de 18 anos	3	11%	
2. Sexo	Feminino	13	46%	
	Masculino	15	54%	
5. Acessa Internet?	No próprio telefone	26	81%	
	No computador	4	13%	
	No telefone dos colegas.	2	6%	
6. Você conhece alguém com diagnóstico de câncer e que tenha se submetido a algum tratamento?	Não	13	46%	
	Não respondeu	2	7%	
	Sim	Pessoa: Família e amigo.	13	46%
		Tipos de câncer: útero, tireoide, Leucemia, próstata.		
		Tipos de tratamento: Quimioterapia, cirurgia, radioterapia.		
Local do tratamento: Santarém, Manaus, Fortaleza, Brasília, Região Sul.				

Quadro 4 Síntese da caracterização dos estudantes

Percebe-se que a maioria dos alunos está na faixa dos 17 anos de idade e acessam a internet no próprio telefone, demonstrando ser possível utilizar o LID online nos seus próprios celulares. Não aparece no quadro acima as questões 3 e 4 do questionário (QI), pois registrou o telefone e o e-mail dos alunos, para facilitar o contato e não foi necessário colocar neste quadro. Na questão 3, os estudantes podiam marcar mais de uma opção, devido a isso a porcentagem total foi superior a 100%.

Quando foram perguntados sobre conhecer alguém com o diagnóstico do câncer e que tenham se submetido a algum tratamento, observou-se que a maioria não tinha conhecimento de casos e os que tinham esse conhecimento, o doente era uma pessoa muito próxima de sua convivência como parte da família ou amigo. Quanto aos tipos de câncer, foram citados, câncer do útero, da tireoide, leucemia e de próstata e os tratamentos foram por quimioterapia, cirurgia e radioterapia.

Das questões 7 (sete) à 18 (dezoito) abordaram sobre os conhecimentos gerais dos estudantes. Foi perguntado se os mesmos já haviam desenvolvido atividades com as outras disciplinas das ciências da natureza (Física, Química e Biologia) e foi verificado que já havia trabalhos coletivos com um projeto de horta escolar, porém, a maioria não conseguiu descrever como estas três disciplinas se relacionam; apenas 11% dos alunos perceberam alguma relação entre essas disciplinas.

Queríamos saber se os estudantes já haviam tido contato em alguma disciplina sobre o assunto câncer e, somente, 30% dos estudantes responderam que, em algum momento estudaram ou ouviram falar sobre o câncer nas disciplinas escolares, evidenciando que o tema é relevante para discussão com os alunos.

Foi perguntado, ainda, quais os conteúdos ou assuntos eles considerariam relevantes aprender ao estudar a Física e o tratamento do câncer. Nesta pergunta, a maioria percebeu alguma relação entre os conhecimentos científicos, as tecnologias e as situações sociais, mas citaram que não conseguiram ver a sua relação com Física, mas sim com a Química, conforme se verifica nas respostas dos alunos, abaixo:

“Em química, sobre a radiação que causa o câncer.” QIE05

“Podemos aprender tipos de tratamentos, como terapia.” QIE19

“Certos assuntos de Física nos ajuda no nosso cotidiano e o tratamento de câncer para podermos ter mais conhecimento sobre a doença.” QIE25

Procuramos saber o que os estudantes conheciam sobre o diagnóstico e o tratamento do câncer e foi observado que 54% dos estudantes têm alguma percepção inicial sobre o diagnóstico e o tratamento, percebida nas falas, abaixo:

“Sei que é uma coisa muito dolorida e arriscada, na qual a pessoa está condenada a morte.” QIE05

“Sei que quanto mais tarde for descoberta a doença, mais a doença se agrava e o tratamento é muito desgastante.” QIE07

“Câncer é uma doença que pode matar ou deixar a pessoa sem cabelo, mas há os tratamentos para essa doença.” QIE15

“As chances de cura são maiores quando descoberto no início, o tratamento é feito por quimioterapia, radioterapia, terapia alvo.” QIE17

Percebe-se que os alunos têm alguns conhecimentos, porém, na maioria das vezes, esse conhecimento não é alicerçado pela dimensão CTS. Nesse sentido, no ensino de Ciências é necessária a discussão sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, buscando dar sentido aos conteúdos escolares e potencializando suas utilidades e funcionalidades em todos os âmbitos, colaborando para a formação de cidadãos que se expressam e tomam decisões responsáveis a respeito dos problemas do cotidiano.

Então, foi perguntado de onde provém esse conhecimento acerca do diagnóstico e do tratamento e 59% dos alunos responderam que sabem por intermédio dos meios de comunicação (televisão, internet, jornais) e somente 4% dizem que receberam informações na escola, evidenciando que os alunos podem, apenas, estar recebendo as informações sem passar por um debate mais criterioso que é uma das tarefas da escola para a formação de cidadãos.

Como afirmam Santos e Mortimer (2002), alfabetizar cidadãos em ciência e tecnologia é uma necessidade do mundo contemporâneo. Os meios de comunicação geralmente só mostram as maravilhas da ciência e da tecnologia. A escola é responsável por disponibilizar diversos materiais que permitam ao estudante agir, tomar decisão e compreender os discursos de especialistas.

Quando perguntado o que os estudantes gostariam de aprender e as suas curiosidades referentes à prevenção, diagnóstico e tratamento do câncer, estes foram bem diversificados nas respostas, mas a maioria (71%) conseguiu relacionar sua resposta com algumas percepções CTS e citaram vários fatores, como:

“Eu gostaria de aprender sobre a transmissão do câncer e a prevenção.”
QIE04

“Eu gostaria de aprender ou estudar mais sobre câncer, como ele pode ser prevenido, qual o tratamento etc.” QIE08

A partir daí, nota-se o interesse dos alunos em aprender sobre a prevenção, pois muitas pessoas a sua volta estão morrendo e elas não conseguem ser curadas. Quanto às curiosidades referentes à prevenção, diagnóstico e tratamento do câncer os alunos indagaram:

“É possível a elaboração de uma vacina de prevenção ao câncer?” QIE17

“Quais os tipos de curas para o câncer? Porque o cabelo cai?” QIE18

Quando perguntado sobre a diferença entre os conceitos de átomo, molécula e partícula, necessários para entender parte do tratamento do câncer, a grande maioria não respondeu ou desconhece essa diferença, mostrando ausência de conhecimento básico de tais conceitos e os que responderam expressaram uma vinculação entre eles, mas sem conceituar de forma precisa. As respostas que mais apresentaram coerência aparecem abaixo.

“O átomo é uma substância a molécula é sua estrutura e a partícula é uma parte da estrutura.” QIE15

“Moléculas são componentes presentes em todas as coisas, partícula pequena parte. Átomos são estáveis, mas eles podem reagir.” QIE16

“Átomo é a menor parte da célula. Molécula é a união dos átomos. Partícula é a união das moléculas.” QIE17

Ao serem questionado sobre o entendimento deles acerca dos modelos atômicos e qual era o mais aceito, atualmente, viu-se que muitos estudantes não responderam, revelando um desconhecimento desses modelos. Entre os que citaram que conhecem algum modelo, nenhum citou o quântico, mostrando desconhecimento a respeito, mas apresentaram, principalmente, o que se assemelha ao modelo planetário. Algumas respostas dos alunos a respeito disso são apresentadas a seguir.

“O modelo de Rutherford porque é o modelo mais fácil de compreender, como é a estrutura do átomo e sua órbita e seu núcleo.” QIE04

“Modelo de Rutherford por conta da melhor compreensão dos átomos e suas propriedades.” QIE17

“O modelo de Thomson, pois inovou várias outras, foi o primórdio.” QIE19

Ao serem questionados sobre os conhecimentos a respeito das relações entre partículas elementares e o tratamento do câncer, assim como, sobre as tecnologias associadas a temática e curiosidades que gostariam de aprender, a maioria dos estudantes não respondeu, pois não conseguiu relacionar os tratamentos com as tecnologias e com as partículas elementares, mostrando, novamente, a ausência de conhecimento a respeito da temática. Apenas dois estudantes tiveram êxito na relação entre a temática e a dimensão CTS, como mostra as falas abaixo.

“Partículas são o que compõem o átomo.” QIE16

“Que o tratamento (do câncer) é feito com base nelas.” QIE27

Quanto aos conhecimentos científicos básicos esperava-se que já soubessem, pois estão no terceiro ano, do ensino médio, porém, estes, ainda, têm muitas dúvidas e dificuldades de compreender conceitos como o do átomo, dos

modelos atômicos e outros, por serem trabalhados, muitas das vezes de maneira descontextualizada.

Foram analisadas as respostas do questionário inicial, pois segundo Pinheiro et al (2007) as propostas para o ensino da cidadania precisam levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, o que pode ser realizado mediante a contextualização dos temas sociais, na qual se solicita a opinião dos alunos a respeito do problema que o tema apresenta, mesmo antes de ser discutido do ponto de vista do conhecimento (PINHEIRO et al, 2007. p. 80)

4.2 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO LID

Primeiramente, serão expostas algumas questões fechadas presentes no questionário (QF) que serviram como comparativo de análise, quanto ao acesso ao LID, ao conteúdo disposto, ao processo de aplicação do LID e das aprendizagens a partir do LID.

I – Do acesso ao LID		
1. Quanto ao contato com o Livro Interativo Digital (LID) você classifica que utilizou:	Na íntegra (leitura do texto principal, leitura de textos complementares, vídeos e etc)	4%
	Parcialmente/em classe e extraclasse (leitura do texto principal e alguns materiais complementares)	20%
	Parcialmente/somente em classe (leitura fragmentada e discussões em sala de aula)	32%
	Não teve contato direto com o material do LID	44%

Quadro 5 Análise do acesso ao LID

Pelas respostas do questionário QF, percebe-se que a maioria dos estudantes teve acesso ao LID (na íntegra ou parcialmente), mas uma grande parcela não teve contato direto com o material do LID.

II – Do conteúdo disposto no LID		
3. Como você avalia a adequação da linguagem apresentada no conteúdo principal do LID?	Excelente	40%
	Muito boa	20%
	Boa	28%
	Regular	4%
	Não respondeu	8%
4. Como você classificaria o entendimento da temática “A FÍSICA NA TERAPIA DO CÂNCER” presente no Livreto Interativo Digital (LID):	Excelente	36%
	Muito bom	36%
	Bom	24%
	Não respondeu	4%

Quadro 6 Análise do conteúdo do LID

Dos conteúdos presentes no LID, quanto à linguagem e entendimento da temática, a maioria dos estudantes classificou como excelente ou muito bom.

III – Do processo de aplicação do LID		
6. Quanto à aplicação avalie os seguintes aspectos:		
a) Quantidade de aulas	Excelente	24%
	Muito bom	28%
	Bom	24%
	Regular	16%
	Não respondeu	8%
b) Orientação para explorar o LID	Excelente	32%
	Muito bom	24%
	Bom	32%
	Não respondeu	12%
c) Orientação para desenvolvimento de atividades	Excelente	46%
	Muito Bom	21%
	Bom	25%
	Regular	4%
	Não respondeu	4%
d) Debate nas rodas de conversa	Excelente	40%
	Muito bom	36%
	Bom	20%
	Não respondeu	4%
e) Materiais de avaliação (discussões, relatos, painéis)	Excelente	28%
	Muito bom	48%
	Bom	8%
	Regular	4%
	Não respondeu	12%

Quadro 7 Análise do processo de aplicação do LID

Quanto ao processo de aplicação do LID, no que se refere às quantidades de aulas, orientação para explorar o LID, orientação para desenvolvimento de atividades, debate nas rodas de conversa e materiais de avaliação (discussões, relatos, painéis) a maioria dos alunos, também, classificou em excelente ou muito bom.

IV – Das Aprendizagens a partir do LID		
8. Como você avalia a sua aprendizagem a partir das situações vivenciadas no LID, no que se refere às relações entre a problemática abordada do câncer, às tecnologias associadas ao tratamento e a os conteúdos científicos de física abordados.	Excelente	20%
	Muito bom	48%
	Bom	12%
	Regular	12%
	Não respondeu	8%
9. Classifique a potencialidade do LID na promoção da aprendizagem dos conteúdos de Física presente na temática do câncer	Excelente	40%
	Muito Bom	28%
	Bom	20%
	Regular	8%
	Não respondeu	4%

Quadro 8 Análise das aprendizagens a partir do LID

Quando se referem às aprendizagens a partir do LID, esses mesmos alunos, concluem que o LID tem um grande potencial para facilitar o aprendizado dos conteúdos de Física associando ao tema câncer.

A análise da aplicação do livreto interativo digital seguirá três aspectos: as potencialidades do LID, os aspectos didáticos pedagógicos e as aprendizagens desenvolvidas na perspectiva CTS.

4.2.1 As potencialidades do LID

A análise das potencialidades do LID foi realizada a partir da leitura e organização dos materiais produzidos pelos estudantes, tais como, questionário, relatos e painéis. Estes, por sua vez, dividiu-se em categorias base que serão apresentadas a seguir:

a) Acesso e recursos digitais

Quanto aos recursos digitais analisados e o acesso ao LID foi observado que os estudantes tiveram contato com vários recursos digitais para se apropriarem da temática do câncer no desenvolvimento das atividades. Estes recursos foram desde os vídeos online, presentes no LID, até aqueles utilizados nas aulas pelo professor. Como é citado nas falas dos estudantes:

“O conteúdo é bem explicativo, além de conter vídeos sobre o assunto.”
QFE13

“Porque o LID fez com que a gente tivesse mais comunicação na internet para aproveitar melhor.” QFE17

“Pelo contato dos slides na sala percebi que a linguagem abordada é excelente, tem como entender o que o livro quer mostrar.” QFE06

“Porque eu não tive tanto contato com o material online, mas eu tive contato com os slides que o professor apresentou, a linguagem foi bem explicada.”
QFE09

Além dos vídeos observou-se o uso de outros materiais extraclasse, como relata o aluno RCE03:

[...] Obtivemos também o uso de materiais que serviram para nos orientar e nos ajudar a entender mais sobre a metodologia de trabalho do professor e nos ajudar a estudar sobre o assunto, não só na escola, mas em casa também. RCE03

No entanto, verificou-se que foram encontradas dificuldades de acesso ao LID, principalmente devido à falta de recursos como internet para acesso online e computador para acesso off-line, tanto na escola, quanto em casa, como citado abaixo.

Bom, não tive contato, pois onde eu moro não pega internet. QFE03

Eu tive um pouco de dificuldade pra acessar pela internet, pois a minha internet é muito ruim e eu não tinha o pendrive para acessar no computador.
QFE02

Não li porque não tenho acesso a internet e não tenho nada para fazer a pesquisa e teve muito pesquisas. QFE10

Não tenho muito acesso a internet. QFE25

Primeiro de tudo que não pude ter contato com o material porque não consegui baixar [...]. RCE05

Tais dificuldades mostraram que embora a proposta seja boa, do ponto de vista de dar outras possibilidades de aprendizado aos alunos, não é de fácil utilização quando a realidade dos alunos ainda está distante da esperada, quanto ao acesso às TICs, como é o caso dos alunos da escola onde foi realizada esta pesquisa.

b) Conteúdos do LID

Um dos fatores analisados no LID foi a linguagem presente em seu conteúdo, procurou-se verificar se ela se adequava aos educandos. Sobre isto, segue alguns relatos:

A linguagem possibilita o melhor entendimento possível. É possível compreender o que é exposto somente pela leitura, que é auxiliada por vídeos, textos complementares e outros. QFE18

Pois as matérias assistidas e lidas usa-se uma linguagem técnica mas que é de fácil entendimento e esclareceu muitas dúvidas. QFE02

Porque no LID está tudo que a gente precisa, tem todas as explicações. QFE07

Nós conseguimos entender muito bem sobre o conteúdo que foi dado. QFE03

O LID é bem claro e específico em relação ao assunto. QFE11

Percebe-se nas falas que o conteúdo do LID estava acessível aos estudantes e que este proporcionou um bom entendimento da temática “A Física na terapia do Câncer” e, conseqüentemente, uma aprendizagem a respeito da mesma, evidenciado nas falas dos estudantes:

[...] também é interessante relatar que pessoas que tem históricos de câncer na família podem ou não desenvolver doença, mais alguns tipos de câncer, como o de mama, estomago, podem ter influências genética [...].RCE04

[...] Atualmente o câncer é a segunda causa de mortes no Brasil, perdendo apenas para doenças cardiovasculares. RCE04

Em relação ao tratamento da doença câncer eu vi que o tratamento evoluiu bastante, como, por exemplo, a Hadronterapia na qual ao emitir radiações, afeta apenas a célula cancerígena e não compromete outros órgãos. RFE09

Outros instrumentos analisados que demonstram a aprendizagem sobre a temática foram os painéis produzidos em grupo, expostos e explicados, oralmente, em classe. No painel PG01 os estudantes definiram o câncer e mostraram com ilustrações as causas, como: uso de agrotóxicos, queimadas e sedentarismo; e, ainda, demonstraram através de ilustrações as formas de prevenção, como: alimentação saudável, exames periódicos e atividade física. No painel PG02 foram

expostas imagens com orientações para uma nutrição saudável e foi chamada a atenção para os agrotóxicos presentes em alguns alimentos. No painel PG03 apresentaram figuras dos principais tipos de câncer e suas formas de prevenção.

Além da aprendizagem sobre a temática, notou-se que houve desenvolvimento da compreensão de conteúdos de FMC utilizados no tratamento do câncer, ratificados nos relatos:

[...] A radioterapia, por exemplo, mesmo convencional, devolve aos portadores da doença [câncer] a oportunidade da cura total, pois o tratamento objetiva a destruição de células anormais causadoras da doença[...]. RFE03

[...] A relação principal que o câncer tem com a física é o fato do câncer ser controlado ou eliminado com o uso da radiação [...]. RFE04

[...] pois explica de forma específica bem o que é o câncer, e como ele se desenvolve no corpo humano. [...]. O avanço que mais me chamou atenção, foi os raios de radiação lançados no nódulo do câncer para destruir as células “super evoluídas”. [...] Uma das principais relações com a física com o tratamento do câncer é o manuseio e máquinas de radioatividade [...]. RFE10

[...] A física está inserida na área da medicina e conseqüentemente, no estudo do câncer. A radioterapia, por exemplo, utiliza radiações, geradas por aceleradores de partículas semelhantes aos de laboratórios de física atômica e nuclear, dentre muitas outras aplicações da física na medicina oncológica [...]. RFE12

[...] Com o avanço da tecnologia em que me chamou mais atenção foi a radioterapia no uso dela e que ela emite radiações ionizante para destruir ou inibir o crescimento das células anormais que forma o tumor [...]. RFE13

O conteúdo de FMC, também, foi demonstrado nos painéis. No PG01 os estudantes ilustraram os métodos de radioterapia e *hadronterapia* no tratamento do câncer, associando-os com o efeito fotoelétrico, efeito Compton e a produção de pares. No PG02 apresentaram figuras dos fenômenos de fissão e fusão nuclear e dos métodos de *hadronterapia* e radioterapia conformacional e radioterapia IMRT.

Nota-se que os estudantes perceberam a importância dos conteúdos presentes no LID e conseguiram relacionar os conhecimentos da Física com as tecnologias do tratamento do câncer.

c) A dimensão CTS presente no LID

Neste tópico, buscou-se verificar como a dimensão CTS estava presente no LID e se os estudantes conseguiam observar essa relação. Constata-se que pelas falas de alguns estudantes há a presença da dimensão CTS no livreto interativo digital.

Porque com o avanço da tecnologia melhorou o tratamento do câncer, porém há tratamento que ainda necessitam de aperfeiçoamento. QFE02

Com base no que foi proposto [no LID] é possível perceber situações que até então eram desconhecidas. O aprofundamento na relação física e câncer nos tratamentos, causas, prevenção da doença e sua relação com o nosso dia a dia. QFE18

O progresso da ciência permitiu que a medicina trouxesse novas técnicas de diagnósticos e tratamento. O grande beneficiado disso tudo é o paciente, ou beneficiado seja, a sociedade, pois tempos atrás falar em câncer era quase dar a sentença de morte, hoje o paciente consegue conviver anos com a doença até chegar a cura [...]. RFE11

Porque a física tem a ver com a terapia do câncer, com a terapia você pode melhorar sua vida, mas mesmo assim com a doença morta você tem que se cuidar porque essa doença pode voltar. QFE19

O aprofundamento nos conhecimentos sobre o câncer e sua relação com os estudos da física possibilita uma ampla visão em relação aos tipos da doença, causas e prevenção da mesma. [...] As discussões sobre os temas propostos ressaltam a importância da informação que possibilita a associação da doença do câncer a diversas situações que até então eram desconhecidas. Situações estas que rodeiam as pessoas e fazem parte de seu cotidiano. RCE12

4.2.2 Aspectos didáticos pedagógicos

Nesta parte da análise procurou-se verificar como os estudantes se envolveram com a aplicação do produto educacional e como os procedimentos metodológicos utilizados nesta aplicação colaboraram para o entendimento da temática câncer na sala de aula.

a) Procedimentos metodológicos

A atividade exigiu a participação ativa dos estudantes, principalmente na produção de materiais, dentre elas, as orientações para explorar o LID, para desenvolver as atividades e para produção de relatos. Nesta parte da análise avaliou-se que as orientações foram suficientes e que agradaram os educandos, possibilitando o bom andamento da atividade, como relatam os alunos abaixo.

As orientações foram suficientes, mas muitos não conseguiram ter acesso. QFE02

Foi bom, tive um pouco de dificuldade no começo, mas consegui. QFE07

Muito bom, pois foi mostrado passo a passo como o LID pode ser usado. QFE12

Excelente, porque o professor além de disponibilizar o assunto online também disponibilizou pen drive para cada equipe. QFE13

O LID foi exposto em sala de aula e foram disponibilizados pen drives possível acesso online e off-line do conteúdo. QFE18

Informação sobre cada atividade foi adequadamente explicadas para que fizéssemos tudo direito. QFE06

Fomos bem orientados, fizemos painéis, rodas de conversa. QFE09

[...] A maneira que foi trabalhado sobre o assunto fez com que estimulasse mais o nosso conhecimento [...]. RF01

[...] Foi um projeto pouco complexo com uma metodologia de ensino um tanto motivadora e que exigiu bastante a participação dos alunos ativamente nas atividades proporcionadas [...]. RFE09

[...] Foi uma ótima metodologia, pois influenciava a todos os alunos a fazer um comentário sobre o assunto, para que todos tenham o mesmo tipo de conhecimento e no mesmo "ritmo". [...] Eu particularmente aprendi muito com os métodos de ensino [...]. RFE10

[...] Foram feitos debates em equipe, onde todos os alunos puderam participar e compreender mais sobre essa doença e compartilhar suas ideias com todos [...]. RCE04

Com base nas falas dos estudantes, é possível dizer que os procedimentos metodológicos foram bem aceitos por eles e estimularam a participarem das aulas, influenciando, positivamente, e, ainda, compartilhando suas opiniões a respeito dessa temática.

b) Produção/ Avaliação

Na aplicação do produto foram realizadas diversas atividades com os alunos, dentre elas, produção de relatos de experiência e de aprendizagem, pesquisas/consultas, rodas de conversa e confecção de painéis. Sobre as atividades, foram expressos os seguintes comentários:

Aconteceu a participação dos alunos, notando a compreensão e entendimento sobre o assunto, foram propostas ideias e a relação do ambiente com a doença do câncer. QFE18

O debate em si foi o principal passo para que eu me empolgasse e aprendesse. QFE08

Excelente, pois cada um pôde dar a sua opinião em relação ao assunto. QFE12

Muito bom, extraímos informações para debatermos todo o assunto que estava sendo discutido. QFE14

[...] O método da sala nos ajudou a debater bastante o assunto. RF02

[...] A oportunidade de expor os conhecimentos através de debates, relatos escritos e apresentação por painéis do que foi absorvido nas aulas fortalecem o aprendizado e a aplicação prática do que foi debatido [...]. RFE03

[...] Passamos por inúmeros métodos de aprendizado, o assunto exigia bastante participação dos alunos nas atividades [...]. RFE05

Nota-se a grande aceitação das atividades por parte dos estudantes, principalmente da dinâmica de roda de conversa, em que os alunos mostraram-se satisfeitos em poder participar da aula, expressando suas opiniões e conhecimentos adquiridos, mostrando, assim, que a atividade propiciou aos alunos a habilidade de discussão de conteúdos científicos, relacionados com a tecnologia e suas implicações sociais, levando-os a uma autonomia profissional crítica, indo ao encontro do que propõe Pinheiro et al (2007. p. 80) para a introdução do CTS no Ensino Médio.

4.2.3 Aprendizagens desenvolvidas na perspectiva CTS

A aplicação do produto educacional gerou nos estudantes muitas interrogações que foram temas de discussões entre alunos e entre professor e alunos. Percebeu-se que as aprendizagens desenvolvidas em sala de aula ampliaram os conhecimentos científicos ligados à temática e possibilitaram uma aprendizagem na dimensão comportamental e atitudinal.

Essas aprendizagens contribuíram para que os estudantes sejam mais responsáveis e comprometidos com a vida em sociedade, além de desenvolverem autonomia e a busca de soluções para as adversidades da vida, exercendo, assim, a sua cidadania.

a) Conteúdos científicos

Na perspectiva CTS, o ensino do conteúdo de ciências deve apresentar-se articulado com o contexto dos estudantes, com o mundo tecnológico que o cerca e com os problemas sociais a que estão sujeitos (SANTOS e SCHNETZLER, 2003). Essa forma de educação científica propicia a criação de uma cidadania alfabetizada, cientificamente, para o século XXI (MORAES, ARAÚJO, 2012, p.45). Assim, buscaram-se falas dos estudantes que trouxessem o conteúdo científico associado a tecnologias, principalmente, de diagnóstico e tratamento da doença câncer, e suas implicações para a sociedade.

[...] O câncer tem muita relação com o conhecimento físico. Foi através da física que surgiram os tratamentos para o câncer, e é através da física que estes tratamentos vêm se modernizando [...]. RFE12

Favoreceu a sala que tudo o que estudamos é fundamental para sabermos a tratar de nossa saúde e que a física tem muito haver com nossa rotina e que ela ajuda em tratamento do câncer que é doença bem perigosa. QFEO1

No entanto, existem tipos de câncer que são hereditários e estão ligados a fatores internos, estes precisam ser diagnosticados precocemente para aumentar as chances de cura. RCE02

O que mais chama atenção no material estudado é o foco sobre determinado assunto chamado câncer, os textos que relatam sobre a alimentação, queimada, tipos de câncer e agrotóxicos, e que no alimento que consumimos a uma enorme quantidade de venenos pelo fato dos agricultores borrifar veneno no campo em suas plantações [...] RCEO1

[...] são os alimentos que chegam à mesa contaminados, o descaso com os riscos da exposição ao veneno pode ser causa do mau a saúde da pessoa, altos índices de agricultores doente.[...] Da mesma forma é a alimentação, há muitos fatores de risco que podem levar a outras doenças como o câncer como o grupo falou que a má alimentação é um dos principais fatores de risco para câncer. RCE04

[...] Teve coisas que achei muito importante, como saber mais sobre os tipos de canceres e suas causas, saber que uma pessoa pode nascer com uma mutação genética que herdou dos pais, uma mutação que é responsável por uma pequena porcentagem de canceres. [...] O ambiente ao nosso redor pode conter substancias químicas nocivas que podem aumentar o risco de câncer. [...] ser submetido a agrotóxicos constantemente sem a proteção adequada pode causar vários tipos de canceres. [...] As queimadas também são causadoras de canceres, principalmente o câncer de pulmão. [...] A alimentação é um fator determinante na causa do câncer RCE06

Pelo resultado apresentado acima, podemos inferir que os estudantes perceberam relações entre os conhecimentos científicos e a temática do câncer, principalmente no que se refere aos equipamentos utilizados no tratamento. E, ainda, que os avanços científicos ocorridos na Física impactam, positivamente, nas melhorias e modernização das técnicas de tratamento.

b) Aspectos atitudinais/ comportamentais

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio no seu artigo 12 aponta para o currículo do ensino médio no sentido de garantir a educação tecnológica, transformação da sociedade e da cultura, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania. E afirma, ainda, que devem ser adotadas metodologias de ensino e avaliação da aprendizagem que estimulem as iniciativas dos estudantes e, de tal forma, que, estes, apresentem domínio de conteúdos científicos e tecnológicos.

Deve-se destacar que o propósito central da educação CTS com o foco na cidadania está no desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão na

sociedade científica e tecnológica e no desenvolvimento de valores (SANTOS 2008). Observaram-se, nesta pesquisa, alguns traços de mudanças nos aspectos atitudinais/ comportamentais como destacado nas falas dos estudantes abaixo.

Muito bom já aprendi algumas [formas de] prevenção e já posso conscientizar outras pessoas. QFE23

Sabemos que existem fatores externos que contribuem para o aparecimento da doença e que podemos ter práticas de vida saudável como a alimentação rica em fibra, legumes e verduras, prática de exercícios físicos e evitar o consumo de bebidas alcoólicas e cigarro. [...] O que pude perceber é que diversos tipos de câncer possuem em comum o fato de estarem associados ao estilo de vida e que, portanto, a mudança está em nossas mãos. RCE02

[...] O mais importante é que devemos nos prevenir, ter uma vida saudável, pois o câncer muitas vezes levam a morte, todos esses fatores que levam ao câncer tem suas causas, suas prevenções mais tem sua forma de tratamento para melhorar a saúde [...].RCE04

[...] mas se continuar assim mais tarde pode prejudicar a nossa saúde então vamos se conscientizar e comer pouca besteira no nosso dia a dia e comer coisa saudável para nossa vida. Então que eu aprendi até aqui foi muito bom com todas RCE05

[...] A interação entre o câncer e os estudos físicos estimulou o meu interesse, pois apresentou situações que até então não eram imaginadas. [...] Portanto, algumas atitudes, como a não utilização de agrotóxicos em alimentos, alimentação saudável, exercícios físicos, exames periódicos ajudam a prevenir e distanciar a doença [...]. RFE03

Meu interesse foi muito estimulado pelo conteúdo abordado, de forma que, futuramente, os conhecimentos adquiridos possam ser usados. [...] O câncer pode ser prevenido com exercícios físicos e uma alimentação saudável e balanceada, ou seja, hábitos saudáveis [...].RFE04

[...] existem alguns hábitos que precisam ser mudados, como começar a ingerir alimentos saudáveis que por conta da falta de tempo disponível, acabamos nos cedendo a comer alimentos industrializados e também reduzir ou eliminar o uso do cigarro de um membro da família que sofre de câncer de tireoide e isso nos afeta só a ele, mas também a nós que convivemos com ele. RFE09

Percebe-se que os estudantes, além de desenvolverem os valores e atitudes frente a assuntos tecnológicos do seu cotidiano, demonstraram a tomada de decisão. As aulas estimularam os estudantes a pesquisarem e se aprofundarem no assunto da temática e a refletirem sobre hábitos saudáveis de vida, conforme citado abaixo.

[...] Podemos ter uma vida mais saudável com alimentos mais saudáveis, mais esportes que mexam com o físico da pessoa e se proteger contra o sol e etc [...] Ao longo das discussões desenvolveu curiosidades e estimulou a nós alunos a pesquisar mais a fundo sobre o tema câncer. RFE10

A oportunidade [...] de estudar [...] sobre o câncer [...] foi de extrema relevância, pois foi possível estudar de forma detalhada e ainda permitiu a reflexão sobre a temática. RFE11

Aprender sobre o câncer foi muito importante pra mim, antes das aulas eu não tinha muito interesse, as aulas estimularam o meu interesse em saber mais sobre o câncer. [...] O hábito diário de consumir alimentos industrializados pode causar câncer. Por esse motivo devemos manter uma alimentação saudável e comer alimentos de origem vegetal. RFE11

Aprender sobre o câncer foi muito importante pra mim, antes das aulas eu não tinha muito interesse, as aulas estimularam o meu interesse em saber mais sobre o câncer. [...] Teve um tratamento em particular que mais me surpreendeu, a hadronterapia, achei muito interessante a forma como ela funciona. [...] O hábito diário de consumir alimentos industrializados pode causar câncer. Por esse motivo devemos manter uma alimentação saudável e comer alimentos de origem vegetal. RFE12

[...] mas logo que comecei a ter aulas sobre esse tema, fiquei bastante curiosa para saber mais [...] Para prevenir-se é necessário como no câncer de pele usar diariamente o protetor solar, não quando só ficar exposto ao sol, o câncer de mama fazer mamografia anualmente [...] Sobre isso tudo, descobri muita coisa, aprendi bastante, fiquei curiosa, com dúvidas que foram esclarecidas nas discussões na sala de aula, sim tive um desenvolvimento porque tratei do assunto com minha família sobre o tema câncer. RFE16

Este projeto sensibilizou os educandos a pesquisarem mais, a refletirem sobre as causas, prevenções e tratamento do câncer, além de estimular seu interesse em pesquisar e melhor se informar a respeito da temática e suas relações com o conhecimento físico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Física, no Brasil, tem sido marcado por problemas diversos, sobretudo pelas dificuldades de aprendizagem e no interesse por parte dos alunos. Mesmo com a publicação de vários documentos norteadores da educação básica no Brasil, nas últimas décadas, esses não surtiram efeitos em sala de aula. O Ensino de Física, ainda, é pautado em memorização de fórmulas e reprodução de procedimentos.

Neste trabalho, desenvolvido em uma turma de terceiro ano, do ensino médio de uma escola da zona rural, do município de Santarém, do estado do Pará, buscou-se verificar como a aplicação de um Livreto Interativo Digital (LID) com abordagem CTS, articulou o ensino de Física com a formação cidadã.

Esta prática possibilitou verificar como os estudantes se interessam quando são desenvolvidas práticas em que não são utilizadas, na sala de aula, apenas o livro didático, pincel e quadro, como esses estudantes, ainda, são carentes de materiais de suporte de aprendizado, como eles ficam curiosos e aumentam o interesse quando estão motivados.

Como práticas de metodologias que valorizam a interação entre os alunos e entre o professor e os alunos, tais como, a roda de conversa, facilitam a participação dos estudantes e colaboram para formação de alunos atuantes e transformadores da sociedade, possibilitando a vivência de valores humanos, além de desenvolverem competências e habilidades que correspondam a pessoas responsáveis, criativas e dinâmicas que possam agir, criticamente, no seu contexto.

Neste sentido, percebeu-se que os estudantes têm conhecimentos pré-estabelecidos, sobre a temática câncer e vistos como estes conhecimentos estão inter-relacionados com a abordagem CTS utilizada na análise desta pesquisa.

Verificou-se que o Livreto Interativo Digital (LID) apresenta um grande potencial no que se refere a recursos digitais e ao seu acesso, mesmo com algumas dificuldades por parte dos estudantes e que a temática presente no conteúdo do mesmo despertou nos estudantes a possibilidade de pesquisarem sempre mais.

Outro ponto a destacar é a contribuição para a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, presente, principalmente, nas técnicas de tratamento do câncer, numa perspectiva mais próxima da realidade dos estudantes, colaborando para a aprendizagem destes.

Uma das maiores dificuldades enfrentadas durante o desenvolvimento deste trabalho foi o tempo disponibilizado pela escola para a sua aplicação. Para não interferir muito no dia a dia da escola, foi necessário acelerar as etapas, ficando pouco tempo disponível entre uma etapa e outra.

Fica como sugestão para aplicações futuras a possibilidade de interação com os professores das outras áreas das ciências da natureza, como Química e Biologia, pois este material tem grande potencial, também, nestas disciplinas e, conseqüentemente, ocorrendo a articulação com todos os professores desta área o tempo disponível e as atividades ficarão melhores desenvolvidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. P.; SANTOS, L. S; ROCHA, J. A. M. Blog como instrumento para disponibilização de links de animações para o ensino de Biologia. Revista Tecnologias na Educação, v. 12, p. 1, 2015.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2001.

AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências, v. 3, n. 1, p. 01-13, 2001.

BARROQUEIRO, Carlos; AMARAL, Luiz. O uso de TIC no Processo de ensino aprendizagem dos alunos nativos digitais nas aulas de física e matemática. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 2, n. 2, p. 123 a 143, 2011.

BAZZO, W. A; LINSINGEN, I.von; PEREIRA. L. T. do V. (Eds.). Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Cadernos de Ibero-América. Madri: Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2003.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio/ Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC, 1999.

_____, Ministério da Educação e Cultura. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Matriz de Referência do ENEM.2000. Disponível _____ em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf>. Acesso em: abril de 2018.

_____, Ministério da Educação - Secretaria de Educação Média e Tecnológica: MEC; SEMTEC. PCN + Ensino médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: 2002.

_____, Ministério da Educação. SEMT. Guia de tecnologias educacionais. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Brasília, 2008. Disponível

em:<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/Avalmat/guia_de_tecnologias_educacionais.pdf> Acesso em abril de 2018.

_____, Conselho Nacional de Educação. Parecer CNB/CEB nº 5/2011, aprovado em 04/05/2011. Trata da homologação das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12992>. Acesso em: abril de 2018."

D'AGOSTIN, A.; GARCIA, N.M.D.; LEITE, A. E. Física moderna e contemporânea no ensino médio: revisitando artigos de revistas. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, VI. Atas... Florianópolis, 2007.

DARNTON, Robert. A questão dos livros: passado, presente e futuro. Versão ebook. São Paulo: Companhia das letras, 2009.

FARIA, E. T. Tecnologia Educacional e digital no cenário contemporâneo. In: RAMOS, M. B. J.; FARIA, E. T. Aprender e ensinar: diferentes olhares e práticas. Porto Alegre: EDIPUCRS, p.13-25, 2011.

FIRME, R.T; AMARAL, E. M. R. Concepções de professores de química sobre ciência, tecnologia, sociedade e suas inter-relações: um estudo preliminar para o desenvolvimento de abordagens CTS em sala de aula. *Ciência & Educação*, v. 14, n. 2, 2008.

GARCÍA, J. L. et al. *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología*. Madrid: TECNOS, 1996.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. F. O.; FILHO, K. S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

JUNIOR, M. F. R.; CRUZ, F. F. S. Física Moderna E Contemporânea Na Formação De Licenciandos Em Física: Necessidades, Conflitos E Perspectivas *Ciência & Educação*, V. 15, N. 2, p. 305-21, 2009.

JUNIOR, M.F.R.; CRUZ, F. F. S. Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: formação ou informação? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM

EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. Atas... Bauru: ABRAPEC, 2005. 1 cd-rom.

KAWAMURA, M.R.D; HOSOUME, Y. A contribuição da Física para um Novo Ensino Médio. São Paulo. Física na Escola, v.4, n.2, 2003.

KOBS, Fabio Fernando; CASAGRANDE JUNIOR, Eloy Fassi. O papel das tecnologias digitais na educação: perspectivas para além dos muros da escola (p. 41-73). Revista de Ciências da Educação, [S.l.], jun. 2016. ISSN 2317-6091. Disponível em: <<https://www.revista.unisal.br/ojs/index.php/educacao/article/view/489>>. Acesso em: abril de 2018.

KURAMOTO, R.Y.R; APOLLONI, C.R. Uma breve história da política nuclear brasileira. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 19, 3, 379-392, 2002.

MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. Ciencia, Tecnología y Sociedad: estudios interdisciplinares en la universidad, en la educación y en la gestión pública. Barcelona: Anthropos, p. 114–121, 1990.

MIRANDA, Elisangela Matias. Tendências das perspectivas Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nas áreas de educação e ensino de ciências: uma análise a partir de teses e dissertações brasileiras e portuguesas / Elisangela Matias Miranda. -- São Carlos : UFSCar, 2013. 292 f. Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R. Tendências das pesquisas sobre o ensino da Física Moderna e Contemporânea In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VI. Atas... Florianópolis, 2007.

MORAES, J. U. P; ARAUJO, M. S. T. O Ensino de Física e o Enfoque CTSA: caminhos para uma educação cidadã. Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2012.

MORAN, José Manoel. Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologia. Informática na Educação: teoria e prática, Porto Alegre, v. 3, n. 1, set. 2000.

MURRAY, Janet. Hamlet no holodeck: o futuro da narrativa no ciberespaço. São Paulo: Itaú Cultural: Unesp, 2003.

OLIVEIRA, D.. As TICs no trabalho pedagógico interdisciplinar. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Especialização em Coordenação Pedagógica) - Universidade de Brasília, 2013.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de. O ensino de Física Moderna com enfoque: uma proposta metodológica para o Ensino Médio usando Tópico de Raios X. Rio de Janeiro: Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE), Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.18, n.2, p. 135 – 151, Ago. 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Tópicos de física contemporânea na escola média brasileira: um estudo com a técnica Delphi. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 6., 1998, Florianópolis. Atas. Florianópolis: Imprensa UFSC, 1998. 19p. [Seção de Comunicações Orais] 1 CD-Rom.

OSTERMANN, F.; RICCI, T.F. Conceitos de física quântica na formação de professores: relato de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 22, n. 01, p. 09-35, 2005.

OSTERMANN, F; MOREIRA, M. A. Uma Revisão Bibliográfica sobre a Área de pesquisa Física Moderna e contemporânea no Ensino Médio; Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, 2000.

PAIVA, Ana Paula Mathias de. A aventura do livro experimental. São Paulo: EDUSP, 2010.

PAUL, Nora. Elementos das narrativas digitais. In: FERRARI, Pollyana. Hipertexto e Hipermídia. São Paulo: Contexto, 2010.

PEREIRA, A. S.. Um estudo exploratório das concepções dos alunos sobre a física do ensino médio. In: SIMPOSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17., 2007

PEREIRA, A.P.; OSTERMANN, F. Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma Revisão da Produção Acadêmica Recente. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 393-420, set. 2009.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A relevância do enfoque CTS para o Contexto do Ensino Médio. *Ciência & Educação*. v. 13, n.1, p. 71-84, 2007.

PINHEIRO, N.A.M., et al. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A Relevância do Enfoque CTS para o Contexto do Ensino Médio. *Revista Ciência e Educação*. v.13, n.1, p.71-84, 2007.

PINSKY. Do papel ao digital: como as novas tecnologias desafiam a função do editor de livros de história. 2013. 178 pp. Dissertação (Mestrado) - Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013b.

RICOY, M.; COUTO, M. As boas práticas com TIC e a utilidade atribuída pelos alunos recém-integrados na universidade. *Educação e Pesquisa*, v. 40, n. 4, p. 897-912, 1 dez. 2014.

SANTAELLA, L. Comunicação ubíqua. Repercussões na cultura e na educação. São Paulo: Paulus, 2013.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p.95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em uma Perspectiva Freiriana: Resgatando a Função do Ensino CTS. *Alexandria*, v.1 n1, p.109-131, mar., 2008. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37426/28747>>. Acesso em: abril 2018.

SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 2, n. 2, dez. 2002.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação Científica Humanística em uma Perspectiva Freireana: resgatando a função do ensino de CTS. *Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. A formação do cidadão e o ensino de CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade. In: Educação em química: compromisso com a cidadania. 3.^a ed., cap. 3., p.57-90. Ijuí: Unijuí, 2013.

SIQUEIRA, M. R. P. Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio. 2006. 257f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

TEIXEIRA, Deglaucy J. A interatividade e a narrativa no livro digital infantil: proposição de uma matriz de análise. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TORRES, T. Z.; AMARAL, S.F. Aprendizagem colaborativa e Web 2.0: proposta de modelo de organização de conteúdos interativos. ETD – Educação Temática Digital, v. 12, n. esp. p. 49-72, 2011.

VALENTE, L.; BARCELLOS, M.E.; SALÉM, S.; KAWAMURA, M.R.D. Física nuclear: caminhos para a sala de aula. In: Encontro de pesquisa em ensino de Física, XI. Atas... Curitiba, 2008. Disponível em:<www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0124-1.pdf>. Acesso em: mai. 2018.

XAVIER, A.C. Leitura, texto e hipertexto. In: MARCUSCHI, L.A; XAVIER, A.C. Hipertexto e gêneros digitais: novas formas de construção de sentido. São Paulo: Cortez Editora, p. 207-220, 2010.

YIN, R. K. Pesquisa qualitativa do início ao fim. Porto Alegre (RS): Penso, p. 313, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Parte textual do LID

MNPEF MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
POLO 49 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ



SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A FÍSICA NA TERAPIA DO CÂNCER

Autor: Rubem Silvaney Maia Da Silva
Orientador: Dr. Manoel Roberval Pimentel
Santos

SUMÁRIO

<u>APRESENTAÇÃO</u>	71
<u>UNIDADE TEMÁTICA I - CONHECENDO A TEMÁTICA DO CÂNCER</u>	72
<u>Subunidade 1 – O Câncer</u>	72
<u>Subunidade 2 – Fatores que podem contribuir com o câncer na Amazônia</u>	73
<u>Queimadas</u>	73
<u>Hábitos Alimentares</u>	73
<u>Agrotóxicos</u>	74
<u>Subunidade 3 - O câncer no Oeste do Pará</u>	76
<u>UNIDADE TEMÁTICA II - A TERAPIA DO CÂNCER: ASPECTOS HISTÓRICOS E AS TECNOLOGIAS</u>	78
<u>Subunidade 1 – Histórico</u>	79
<u>Subunidade 2 – A radioterapia</u>	79
<u>Subunidade 3 – A Hadronterapia</u>	82
<u>UNIDADE TEMÁTICA III – O CONHECIMENTO FÍSICO E O TRATAMENTO DO CÂNCER</u>	85
<u>Subunidade 1 – Compreendendo o visível e suas relações com o “invisível”</u>	85
<u>Organismo humano</u>	85
<u>Estrutura atômica</u>	87
<u>Subunidade 2 – Tipos de Radiações</u>	89
<u>Radiação eletromagnéticas</u>	89
<u>Radiações corpusculares</u>	91
<u>Distinção de radiação ionizante e não ionizante</u>	92
<u>Subunidade 3 - Os principais fenômenos da interação da radiação com a matéria</u>	93
<u>Efeito fotoelétrico</u>	94
<u>Efeito Compton</u>	95
<u>Produção de pares</u>	95
<u>Predominância de cada interação</u>	96
<u>Subunidade 4 - Radiações e o tratamento do câncer</u>	97
<u>Radioterapia</u>	97
<u>Hadronterapia</u>	99
<u>REFERÊNCIAS</u>	100

APRESENTAÇÃO

Prezado (a) Professor (a) e Prezados (as) Alunos (as)

Este material didático aborda a Introdução de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio por meio da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), ancorados em documentos que norteiam a Educação Básica Brasileira e nas pesquisas que defendem a reformulação do Ensino de Física neste nível de ensino.

Além de ser um material didático, ele pretende ser um material educativo em saúde para que os estudantes tomem conhecimento do mesmo e possa contribuir para a mudança de atitudes no dia a dia, como no desenvolvimento de hábitos alimentares saudáveis.

Ele faz parte de uma proposta pedagógica desenvolvida como trabalho de conclusão do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

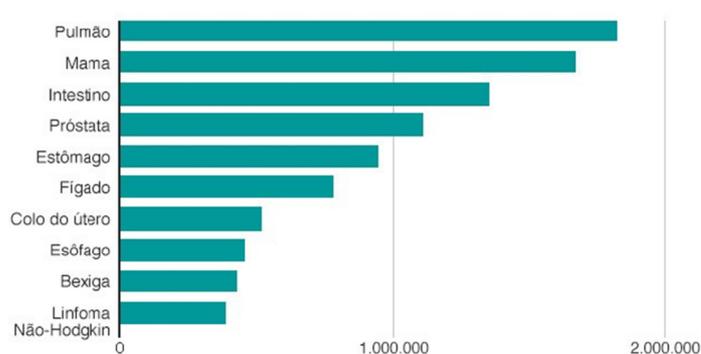
Esperamos que ele ajude os professores na formação e para o auxílio no preparo de aulas motivadoras e diversificadas e motive os alunos que desejam o contato com FMC, tão presente no mundo tecnológico que vivemos, atualmente, possibilitando a aquisição de novos conhecimentos.

UNIDADE TEMÁTICA I - CONHECENDO A TEMÁTICA DO CÂNCER

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o número de mortes no mundo por conta do câncer aumentou 22% desde o ano 2000, chegando a 8,8 milhões de óbitos em 2015, atualmente, uma a cada seis mortes é causada por câncer.

Os tipos mais comuns de câncer no mundo, conforme o Instituto Nacional do Câncer (INCA) é apresentado na figura abaixo:

10 tipos de câncer mais comuns diagnosticados no mundo todo



Fonte: Cancer Research UK, Globocan, Estimativas de 2012

Figura 4: Casos de Câncer com maior incidência no mundo. Fonte: INCA, ESTIMATIVA - 2018.

No Brasil, estima-se, que no biênio 2018-2019 seja registrada a ocorrência de 1,2 milhão de novos casos de câncer. Essas estimativas refletem o perfil de um país que possui o câncer de próstata, pulmão, mama feminina e cólon e reto entre os mais incidentes entre os brasileiros (INCA, 2018).

Na região Norte, a estimativa indica a incidência de aproximadamente 23.360 novos casos de câncer em cada ano deste biênio, onde os mais comuns nos homens é o de próstata e estômago e nas mulheres o do cólo do útero e o de mama.

Subunidade 1 – O Câncer

Câncer é o nome dado ao conjunto de inúmeras doenças caracterizadas pelo crescimento desordenado de células (neoplasias malignas) que se proliferam por tecidos e órgãos, com a possibilidade de espalhamento para o restante do corpo (metástase). O desenvolvimento de um câncer é o resultado de alterações no mecanismo de regulação celular, ocasionando em desequilíbrios na formação das células e comprometendo as funções vitais dos órgãos do corpo (INCA, 2018; MOREIRA, 2013).

Subunidade 2 – Fatores que podem contribuir com o câncer na Amazônia

Queimadas

Dados do Programa Queimadas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), indicam que, em 2017, ocorreram mais de 275 mil focos de incêndio em todo o território nacional, sendo mais de 132 mil em estados amazônicos.

Este alto índice de queimadas, tem gerado na população amazônica problemas de saúde, principalmente ligados ao sistema respiratório.



Figura 5: Queimadas na Amazônia

Fonte: Site: amazonia.org.br

Estudos realizados por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Fundação Oswaldo Cruz e Universidade Federal de Rondônia (UFRO), indicam que a fumaça das queimadas na Amazônia pode causar até o câncer. Isso acontece, de acordo com a pesquisa, devido ao dano da fumaça no DNA, este pode ser tão grave a ponto de a célula perder o controle e começar a se reproduzir desordenadamente, evoluindo para câncer de pulmão.

Conforme a pesquisa do projeto Clima & Saúde da sub Rede de Mudanças Climáticas do INPE/INCT Rede Clima, os mais atingidos são, principalmente, famílias que estão em áreas de risco, sem alternativa de sair. Segundo ela, crianças menores de cinco anos, prejudicadas pelo impacto das partículas com componentes cancerígenos da fumaça das queimadas, desenvolvem alergias respiratórias, que chegam, inclusive, a comprometer seu aprendizado escolar.

Hábitos Alimentares

O aumento da expectativa de vida da população e o acelerado processo de urbanização e industrialização das últimas décadas têm incidido em um, conseqüente, aumento dos riscos relacionados a fatores ambientais que, também, levam ao câncer.

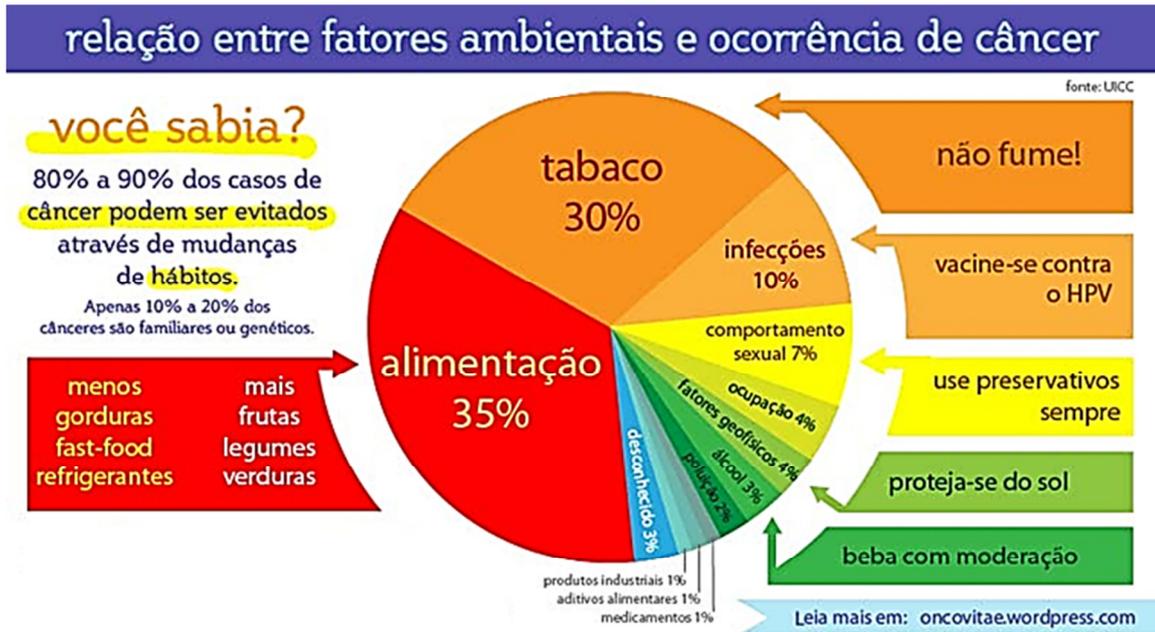


Figura 6: Fatores Ambientais no desenvolvimento do Câncer. Fonte: Site Onco Vitae

No estado do Pará, o hábito alimentar é um fator de grande influência ao surgimento de câncer no estômago. Conforme Vanessa Costa, professora de Nutrição da Universidade Federal do Pará – UFPA, o alto índice de câncer de estômago na Região Amazônica está relacionado com a ingestão de alimentos salgados (charque, camarão, peixe salgado), ingestão de alimentos ricos em carboidratos, como a mandioca e seus derivados (farinha e tucupi) e alta ingestão de alimentos industrializados, em razão da presença de nitritos e nitratos (conservantes), os quais são comuns na alimentação do paraense.

Ainda, de acordo com o Instituto Nacional do Câncer, o maior fator de risco para o desenvolvimento da doença no estômago é a infecção em longo prazo pela bactéria *H. pylori*. Esta é uma das infecções mais comuns no mundo e pode ser responsável por 63% dos casos de câncer gástrico.

Por isso, para prevenir e reduzir a incidência de câncer gástrico é necessário à modificação de hábitos alimentares por meio da alimentação saudável. Além disso, é importante o combate ao tabagismo e a diminuição da ingestão de bebidas alcoólicas.

Agrotóxicos

Os pesticidas estão em todo lugar: nos alimentos que comemos, na água que bebemos, na roupa que vestimos.

A agricultura brasileira é, hoje, dependente de herbicidas, fungicidas e inseticidas aplicados



Figura 7: Aplicação de Agrotóxico em plantação

Fonte: <http://www2.uol.com.br/vivermente>

com baixo controle e com alto impacto para quem produz e para quem consome.

Muitos estudos mostram que a exposição constante a essas substâncias pode estar relacionada ao surgimento de graves problemas de saúde.

Este risco está associado a alguns dos ingredientes ativos que, apesar de – com base em seus efeitos agudos – serem classificados como medianamente ou pouco tóxicos, ligam-se a efeitos crônicos que podem ocorrer meses, anos ou até décadas após a exposição, manifestando-se em várias doenças como câncer, má-formações congênitas, distúrbios endócrinos, neurológicos e mentais.

No quadro a seguir são apresentados os sintomas de intoxicação aguda e crônica dos principais grupos químicos de agrotóxicos.

Quadro 9 - Classificação e efeitos e/ou sintomas agudos e crônicos dos agrotóxicos

PRAGA QUE CONTROLA	GRUPO QUÍMICO	SINTOMAS DE INTOXICAÇÃO AGUDA	SINTOMAS DE INTOXICAÇÃO CRÔNICA
Inseticidas	Organofosforados e carbamatos	Fraqueza, cólicas abdominais, espasmos musculares e convulsões	Efeitos neurotóxicos retardados, alterações cromossomiais e dermatites de contato.
	Organoclorados	Náuseas, contrações musculares involuntárias	Lesões hepáticas, arritmias cardíacas, lesões renais e neuropatias periféricas.
	Piretroides sintéticos	Irritações das conjuntivas, espirros, excitação, convulsões	Alergias, asma brônquica, irritações nas mucosas, hipersensibilidade.
Fungicidas	Ditiocarbamatos	Tonteiras, tremores musculares, dor de cabeça	Alergias respiratórias, dermatites, doença de Parkinson, câncer
	Fentalamidas	-	Teratogêneses
Herbicidas	Dinitroferóis e pentaclorofenol	Dificuldade respiratória, hipertermia, convulsões	Câncer (PCP – formação de dioxinas) cloroacnes
	Fenoxiacéticos	Perda de apetite, enjoo, vômitos, fasciculação muscular	Indução da produção de enzimas hepáticas, câncer, teratogêneses
	Dipiridilos	Sangramento nasal, fraqueza, desmaios, conjuntivites	Lesões hepáticas, dermatites de contato, fibrose pulmonar

Fonte: OPAS/OMS (1996). Retirado de: Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde.

No entanto, segundo pesquisador da Embrapa, existem graves problemas que envolvem os agrotóxicos, como o contrabando de produtos, que permite a ação de máfias, além de ocorrer à margem de todos os controles, facilitando a existência de produtos falsos, vencidos, não eficientes etc.

Outro problema é a não observância das recomendações para aplicação dos produtos. Dentre as inobservâncias, a mais perigosa é para as pessoas que aplicam os produtos (muito mais expostas que os consumidores). Os trabalhadores envolvidos na aplicação desses produtos devem usar, rigorosamente, os

Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), conforme indicado nos rótulos dos produtos. Infelizmente, isso não é cumprido em muitos casos, prejudicando a saúde dos aplicadores, chegando a causar a morte.

Outras 'desobediências' das normas se dão quanto à quantidade aplicada, o intervalo entre as aplicações, no prazo de carência antes da colheita (principalmente em algumas frutas e hortaliças, cuja colheita estende-se pelo tempo, como morango e tomate), na regulagem do equipamento de aplicação, na mistura não recomendada de produtos, na aplicação de produtos não recomendados para a cultura em questão etc.

Subunidade 3 - O câncer no Oeste do Pará

O Hospital Regional do Baixo Amazonas do Pará, Dr. Waldemar Penna (HRBA), é uma referência quando o assunto é o tratamento de câncer no Norte do Brasil. Sediado no município de Santarém (PA), o HRBA é uma unidade de saúde pública pertencente ao Governo do Pará e administrado pela Organização Social Pró-Saúde - Associação Beneficente de Assistência Social e Hospitalar.



Figura 8: Hospital Regional do Baixo Amazonas

Fonte: Site Pró-Saúde

A partir da demanda originária da Central de Regulação do município, a unidade atende a uma população estimada em mais de 1,1 milhão de pessoas residentes em 20 municípios do oeste do Pará. Também tem se tornado referência no ensino e pesquisa, sendo credenciado pelos Ministérios de Saúde e de Educação. O hospital, atualmente, conta com 12 programas de residência médica, incluindo Cirurgia Oncológica, Neurocirurgia, Ortopedia e Traumatologia.

O HRBA, desde outubro de 2014, participa do projeto "Quem procura, cura", uma iniciativa do Hospital Sírio-Libanês, com apoio da empresa fabricante de tecnologias na área médica "Boston Scientific" e da Prefeitura de Belterra - PA. O objetivo desse projeto é fazer o rastreamento do câncer colorretal, doença que atinge um segmento do intestino grosso (o cólon) e o reto, no município de Belterra.

A equipe de ação é formada por médicos voluntários, enfermeiros e agentes comunitários de saúde, além de estudantes de medicina. "É um grupo atuante, que busca levar, ao mesmo tempo, o serviço de saúde e compartilhar a informação relacionada à prevenção e tratamento de uma doença que é estigmatizada, mas que possui alto índice de cura se for identificada em fase inicial", ressalta Marcelo Averbach, coloproctologista do Hospital Sírio-Libanês e idealizador do projeto.

O câncer, em sua fase inicial, é caracterizado pela presença de pólipos, que são pequenas lesões internas semelhantes a uma verruga. "A melhor maneira de

prevenir o câncer colorretal, então, é detectar e remover esses pólipos antes de eles se tornarem malignos", explica o Dr. Averbach.

Em sistema de mutirões, previamente divulgados à população, os pacientes envolvidos nesse projeto realizam, gratuitamente, exames laboratoriais de detecção de parasitas e sangue nas fezes; exames de endoscopia digestiva alta e colonoscopia. Nestes dois últimos exames, enquanto o médico visualiza internamente o sistema digestivo do paciente, ele já aproveita para retirar os pólipos encontrados (polipectomia). Todos os materiais coletados são enviados para análise no Laboratório de Anatomia Patológica do Sírio-Libanês.

Das cerca de 1400 pessoas examinadas até o momento, foram retirados 260 pólipos por via endoscópica e 15 tumores através de cirurgias, sendo nove de estômago e seis colorretais. A expectativa é, até o final do projeto, levar os exames de detecção do câncer colorretal para, aproximadamente 2.300 homens e mulheres entre 50 e 70 anos de idade. Isso representa, praticamente, todas as pessoas que teriam a indicação desses exames naquele município.

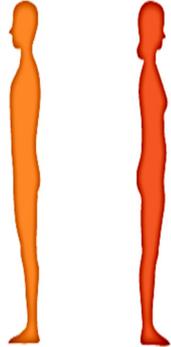


Figura 9: Cartaz de divulgação do Projeto "Quem procura, cura".
Fonte: Revista Viver#12

Subunidade 4 - Tipos de câncer e tratamentos

Os diferentes tipos de câncer correspondem às diversidades de células do corpo, conforme o local, inicialmente, afetado. Se há uma proliferação incontrolável de células cutâneas, o câncer é considerado de pele; se há neoplasias no tubo que vai da garganta ao estômago, é considerado de esôfago, e assim por diante. A tabela a seguir mostra os principais cânceres desenvolvidos no Brasil, em 2016, de acordo com sua localização primária e o sexo do paciente.

Tabela 1: Cânceres mais Frequentem no Brasil.

Localização Primária	Casos	%			Localização Primária	Casos	%
Próstata	68.220	31,7%		Homens Mulheres	Mama Feminina	59.700	29,5%
Traqueia, Brônquio e Pulmão	18.740	8,7%			Cólon e Reto	18.980	9,4%
Cólon e Reto	17.380	8,1%			Colo do Útero	16.370	8,1%
Estômago	13.540	6,3%			Traqueia, Brônquio e Pulmão	12.530	6,2%
Cavidade Oral	11.200	5,2%			Glândula Tireoide	8.040	4,0%
Esôfago	8.240	3,8%			Estômago	7.750	3,8%
Bexiga	6.690	3,1%			Corpo do Útero	6.600	3,3%
Laringe	6.390	3,0%			Ovário	6.150	3,0%
Leucemias	5.940	2,8%			Sistema Nervoso Central	5.510	2,7%
Sistema Nervoso Central	5.810	2,7%			Leucemias	4.860	2,4%

*Números arredondados para múltiplos de 10.

Tabela: Cânceres mais Frequentem no Brasil. Fonte: INCA, Estimativa 2018.

A terapia do câncer pode ser feita através de variadas técnicas, dentre elas: cirurgia, quimioterapia (medicamentos), radioterapia (luz), *hadronterapia* (partículas pesadas), entre outras. Em muitos casos, é necessária a combinação de mais de uma modalidade de tratamento.

UNIDADE TEMÁTICA II - A TERAPIA DO CÂNCER: ASPECTOS HISTÓRICOS E AS TECNOLOGIAS

Nesta Unidade Temática será discutida com maior ênfase a radioterapia e a *hadronterapia* por se tratarem de terapias que envolvem emissão de radiação no corpo paciente. Será descrito um histórico das descobertas científicas e sua utilização no tratamento do câncer, além de apresentar diferentes técnicas de tratamento utilizadas, atualmente.

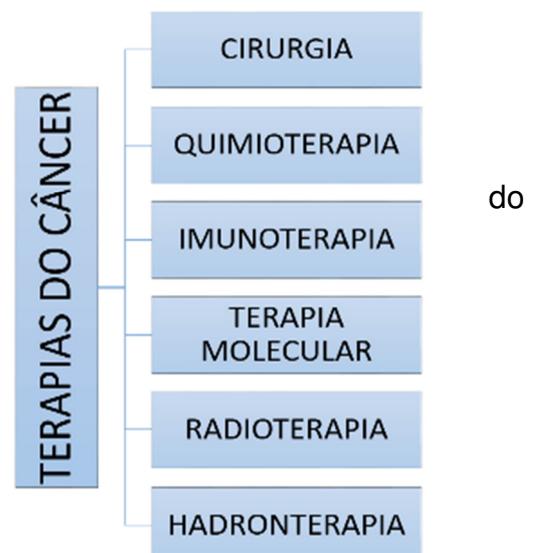


Figura 10: Terapias para o Câncer
Fonte: O autor

Subunidade 1 – Histórico

Os avanços científicos em diversas áreas proporcionaram uma evolução nos aparelhos utilizados na terapia médica. O quadro a seguir faz uma síntese dos principais marcos históricos desse progresso.

Quadro 10: Histórico da Radioterapia no mundo

HISTÓRICO DA RADIOTERAPIA NO MUNDO	
Século XIX	<p>No final do século XIX</p> <p>1895 – descoberta dos raios X pelo físico alemão Wilhelm Röntgen</p> <p>1898 – descoberta da radioatividade por Pierre Curie, Marie Curie e Antoine Henri Becquerel</p> <p>Início de novas aplicações, entre as quais a Radioterapia (utilização de radiações ionizantes para efeitos terapêuticos).</p>
Século XX	<p>A evolução tecnológica foi sendo aproveitada nas Radioterapias, dando origem a evoluções significativas, das quais se destacam as seguintes:</p> <p>Início do século XX – Aparelhos produtores de radiação-X em terapêutica.</p> <p>Década de 30 – Primeiras “Bombas de Cobalto”, com energias da gama do milhão de elétron-Volt.</p> <p>Década de 50 – Primeiro equipamento específico para efetuar Radioterapia cerebral.</p> <p>Década de 60 – Implementação dos primeiros aceleradores lineares específicos.</p> <p>Década de 80– Equipamento de aquisição de imagens de Tomografia Axial Computadorizada (TAC). Abrindo as portas aos planeamentos tridimensionais.</p> <p>Década de 90 – Ressonância Magnética e Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET). Desenvolve-se a Terapia com feixes de Partículas (particularmente Prótons e Carbono).</p>
Século XXI	<p>Primeira década do século XXI</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicas mais sofisticadas com a integração completa entre a imagem e o tratamento; ▪ Técnicas de irradiação como IMRT ou IGRT; ▪ Radiocirurgia (craniana e corporal); ▪ Terapia em Arco Dinâmico; ▪ Novos aceleradores lineares com imagem integrada; ▪ Novas aplicações da Braquiterapia.

Fonte: o autor. Adaptado de: <http://www.oncologiaalentejo.com/historia-no-mundo>

Subunidade 2 – A radioterapia

A radioterapia é uma das formas mais comuns de tratamento do câncer. Consiste em uma terapia a partir de radiação eletromagnética ionizante, que será abordado mais adiantes.

De acordo com a *American Society of Radiation Oncology* (ASTRO), dois em cada três pacientes com câncer são tratados com radioterapia, isoladamente, ou em combinação com outros métodos terapêuticos.

A aplicação da radioterapia é, sempre, cuidadosamente, planejada de modo a preservar o tecido saudável, tanto quanto possível. No entanto, sempre haverá tecido saudável que será afetado pelo tratamento, causando possíveis efeitos colaterais.

Diferentes técnicas de tratamento foram desenvolvidas, sendo as principais: a *radioterapia convencional*, a *radioterapia conformacional*, *radioterapia com intensidade de feixe modulado (IMRT)* e *radioterapia guiada por imagem (IGRT)*, que são sintetizadas quadros (3-6) que seguem.

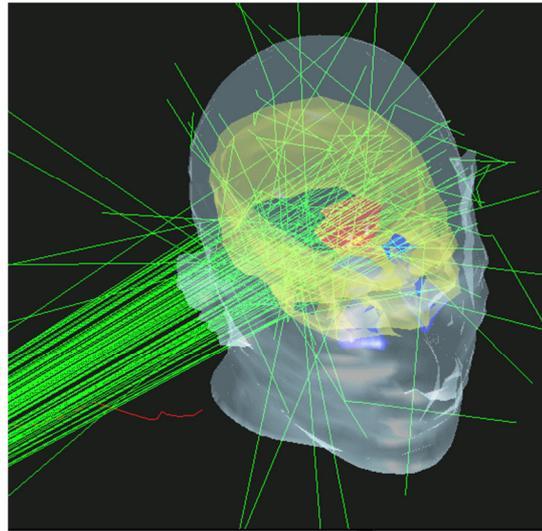


Figura 11: Ilustração da radioterapia e espalhamento da radiação sobre o tecido saudável.

por
nos

Fonte: <http://meubloguezinho-dudu.blogspot.com/p/radioterapia.html>

Quadro 11: Características da Radioterapia Convencional

TÉCNICA	CARACTERÍSTICAS
Radioterapia Convencional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usa apenas as estruturas anatômicas como parâmetro para elaboração dos campos e da área a ser tratada; ▪ Geralmente o planejamento é feito no próprio Acelerador Linear; ▪ O médico confere a área a ser tratada: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pelo volume tumoral visível/ palpável clinicamente ✓ Pelas estruturas ósseas visíveis na radiografia que é feita no Acelerador Linear ▪ Como não existe a visão tridimensional das estruturas que devem ser tratadas <ul style="list-style-type: none"> ✓ Não permite que se façam doses muito elevadas ✓ Não permite a redução das margens de tratamento. ✓ Acarreta em aumento de efeitos colaterais. ▪ É a forma mais “primitiva” de tratamento, porém ainda muito usada em tratamentos paliativos.
<p>Fonte: http://radiologia.blog.br/radioterapia/radioterapia-veja-a-evolucao-da-radioterapia-passado-presente-e-futuro</p>	

Fonte: o autor. Adaptado de: <https://fisicamedica.webnode.com.br/tecnicas-de-radioterapia/>

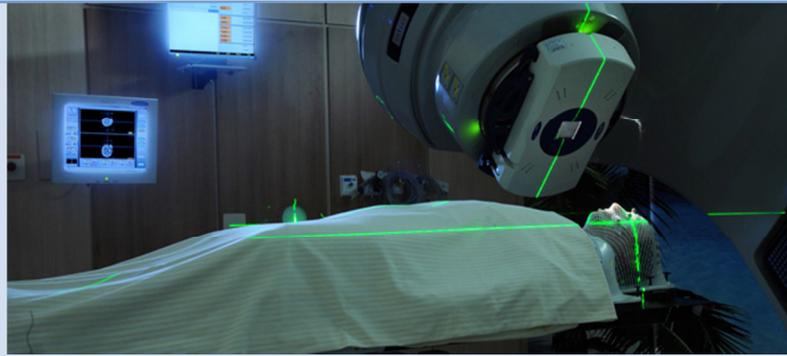
Quadro 12: Características da Radioterapia Conformacional 3D

TÉCNICA	CARACTERÍSTICAS
Conformacional 3D	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnica mais moderna do que a Radioterapia Convencional, pois permite melhor precisão na delimitação das áreas a serem tratadas e das áreas sadias. ▪ Permite a aquisição de imagens que contribui para o planejamento do tratamento. ▪ Através dos exames de imagens de cada paciente é definido o volume alvo e os tecidos vizinhos normais, assim o planejamento de dose é realizado de forma individual. ▪ Utiliza imagens adquiridas por tomografia computadorizada, ressonância magnética ou tomografia por emissão de pósitrons e as transfere ao computador de planejamento para criar uma imagem tridimensional do tumor. ▪ As doses prescritas na radioterapia conformacional possuem menos complicações quando comparada a técnica de radioterapia convencional. ▪ É utilizada de rotina na maioria dos serviços e casos submetidos à Radioterapia hoje em dia no Brasil. <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">Fonte: http://www.medicalexpo.com/pt/prod/accuray/product-70693-424192.html</p>

Fonte: o autor. Adaptado de: <https://fisicamedica.webnode.com.br/tecnicas-de-radioterapia/>

Quadro 13: Características da Radioterapia IMRT

TÉCNICA	CARACTERÍSTICAS
Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A técnica de IMRT modula a intensidade do feixe de cada campo de tratamento. ▪ Foi desenvolvida para superar as limitações da radioterapia conformacional. ▪ A dose de radiação é distribuída no volume alvo com alta concentração, de forma conformacional, mas diminuindo o feixe nos tecidos normais. ▪ O físico médico informa ao programa de computador qual a dose mínima e máxima e qual a dose de tolerância dos tecidos sadios. <p>O IMRT é Indicado:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Na existência de estruturas nobres muito próximas ao tumor e com menor tolerância à radiação; ▪ Necessidade de aplicar altas doses no tumor; ▪ O volume a ser irradiado é muito grande.



Fonte: <https://www.einstein.br/especialidades/oncologia/exames-tratamentos/radioterapia-intensidade-modulada>

Fonte: o autor. Adaptado de: <https://fisicamedica.webnode.com.br/tecnicas-de-radioterapia/>

Quadro 14: Características da Radioterapia IGRT

TÉCNICA	CARACTERÍSTICAS
Radioterapia Guiada Por Imagem (IGRT)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A Radioterapia Guiada Por Imagem (IGRT) tem o objetivo de melhorar a eficiência da dose através de imagens obtidas pelo próprio equipamento. ▪ Diminui ainda mais as margens ao redor do volume alvo, possibilitando uma distribuição precisa de dose. ▪ Possibilita verificar as mudanças que podem ocorrer na localização e no tamanho do tumor através das imagens. ▪ A técnica é indicada para irradiar células doentes nos mais variados órgãos como próstata, cabeça e pescoço, abdômen, reto, dentre outros; ▪ Pouco acessível aos pacientes, pois é um procedimento de difícil execução e de muito alto custo; <div data-bbox="552 1093 1315 1487" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="719 1491 1150 1518">Fonte: https://www.oncoville.com.br/igrt/</p>

Fonte: o autor. Adaptado de: <https://fisicamedica.webnode.com.br/tecnicas-de-radioterapia/>

Subunidade 3 – A Hadronterapia

As terapias por radiação têm sido indispensáveis no tratamento de câncer, em especial, por raios X e raios gama, ou seja, terapia com fótons.

Entretanto, nestas modalidades de terapia, danos colaterais podem surgir nos tecidos sadios, sensíveis à radiação, pois somente parte da energia é transferida ao tumor, resultantes dos feixes de fótons impactam o tumor de múltiplas direções.

Uma alternativa vantajosa neste sentido é a *Hadronterapia* que permite, em muitas situações, o controle tumoral de forma mais localizada, minimizando os danos aos tecidos próximos ao tumor. Muitas vezes, esta técnica tem-se mostrado eficiente a ponto de evitar a própria cirurgia.

Os equipamentos utilizados na *Hadronterapia* são aceleradores de partículas circulares, Cíclotron e Síncrotron. O equipamento acelera partículas como os prótons e íons de carbono. A velocidade das partículas reflete sua alta energia, fazendo com que os prótons ou íons viagem a uma profundidade específica do corpo com base na sua energia.

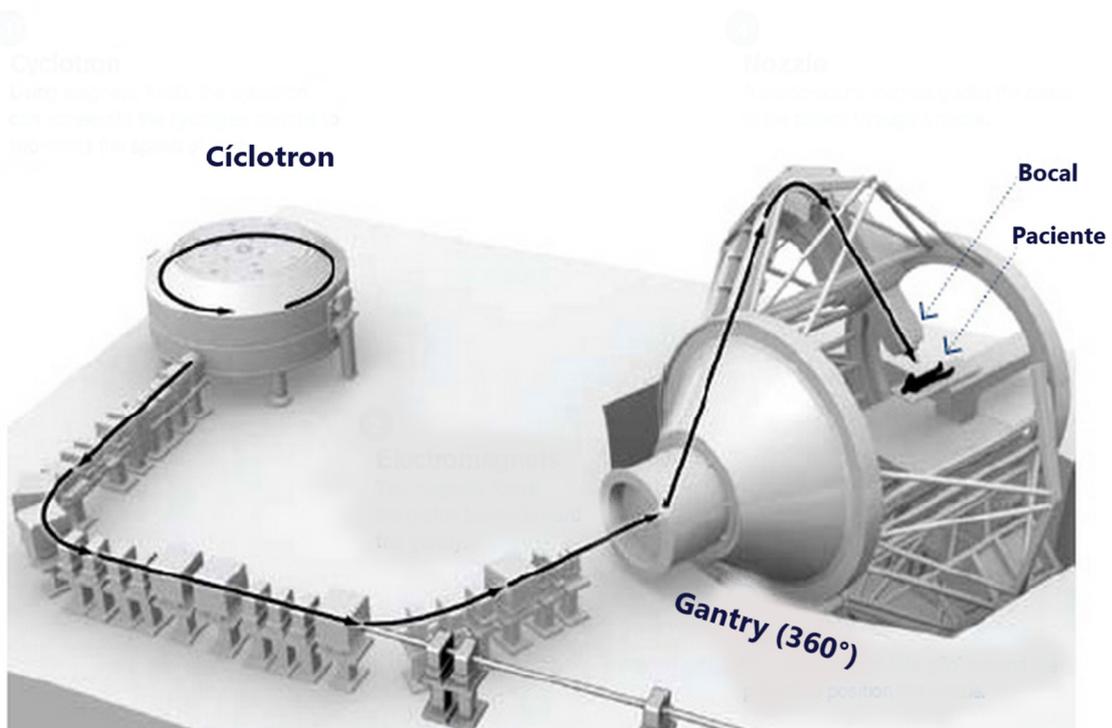


Figura 12: Modelo de Cíclotron.

Fonte: O autor. Adaptado de: <http://www.mecavila.com/terapia-de-protones-ciencia-medicina-e-industria-en-union/>

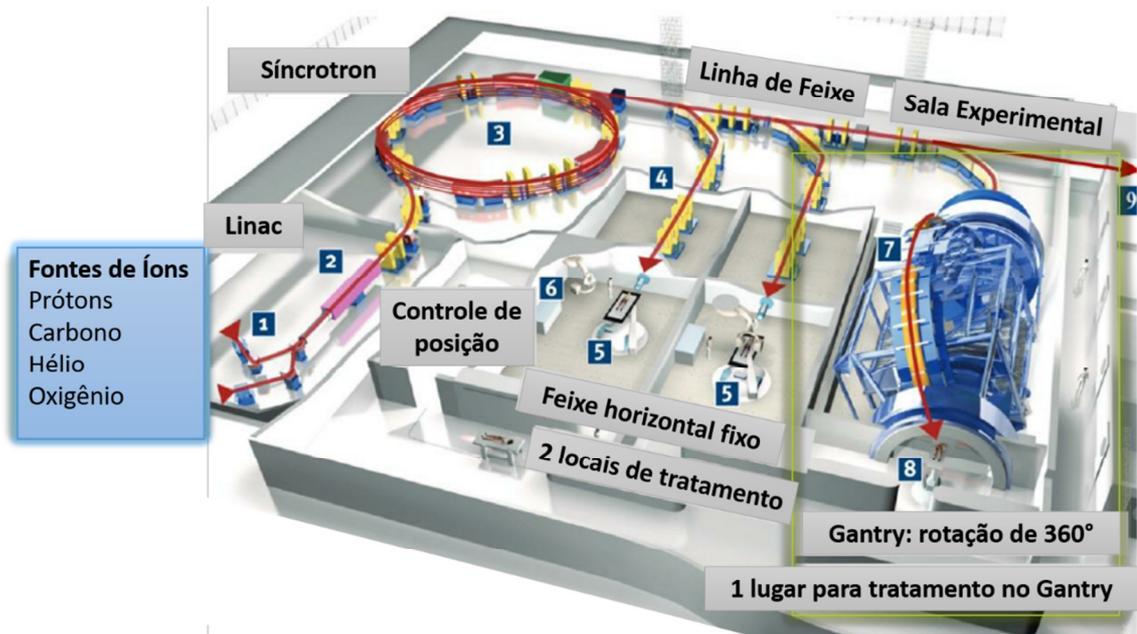


Figura 13: Síncrotron Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) - Alemanha

Fonte: O autor. Adaptado de: <https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/Accelerator-facility.117968.0.html?&L=1>

Depois que os prótons atingem um tecido determinado no corpo, eles depositam a dose de radiação especificada para o tumor. Com a terapia com feixes de prótons, não há nenhuma dose de radiação além do tumor.

Este tipo de tratamento está disponível em, apenas, aproximadamente, 40 centros médicos ou hospitais localizados na Ásia, Europa, Estados Unidos e África do Sul (não há no Brasil este tipo de tratamento). A *hadronterapia* já foi empregada, em



aproximadamente, 112 mil pessoas nos últimos 20 anos. Deste total, cerca de 90% dos pacientes receberam a irradiação de prótons, que é, porém, duas a três vezes menos energética do que a de íons de carbono, considerada a mais promissora para os casos mais complicados.

Figura 14: Sala de hadronterapia em Heidelberg na Alemanha. Fonte: Revista Fapesp. Ed: 223, set. 2014

UNIDADE TEMÁTICA III – O CONHECIMENTO FÍSICO E O TRATAMENTO DO CÂNCER

Subunidade 1 – Compreendendo o visível e suas relações com o “invisível”

Organismo humano

No corpo humano existem muitos tipos de células, com diferentes formas e funções que organizadas de maneira integrada desempenham juntas, uma função determinada.

Ao procurar entender o funcionamento do corpo humano, podemos analisá-lo por meio de diferentes níveis de organização. Podemos estudá-lo analisando os sistemas do corpo ou, então, seus tecidos e, até mesmo, suas células. De maneira resumida, podemos representá-los da seguinte forma:

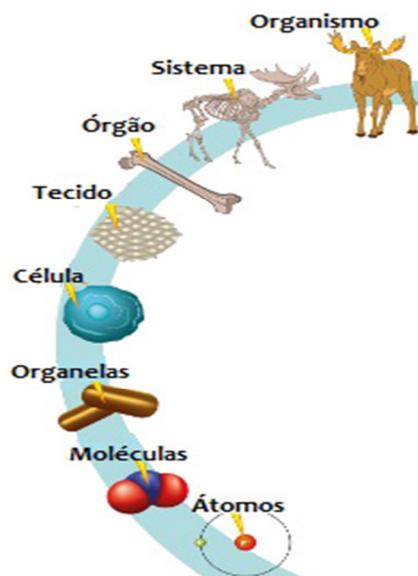


Figura 15: Representação dos níveis de organização do corpo humano
Fonte: Site Biologia.Net

O organismo pode ser definido como um conjunto de sistemas, estes, por sua vez, é composto por *órgãos* que estão interligados para desempenhar uma determinada função, como capturar os nutrientes presentes nos alimentos e realizar a captura eficiente de oxigênio e a liberação de gás carbônico.

Os órgãos são formados por *tecidos* que são células iguais, unidas e desempenhando uma mesma função - o tecido muscular é responsável pela contração e realização de movimentos, enquanto o tecido ósseo garante nossa sustentação.

A figura abaixo mostra o corte transversal de um joelho com os tecidos associados.

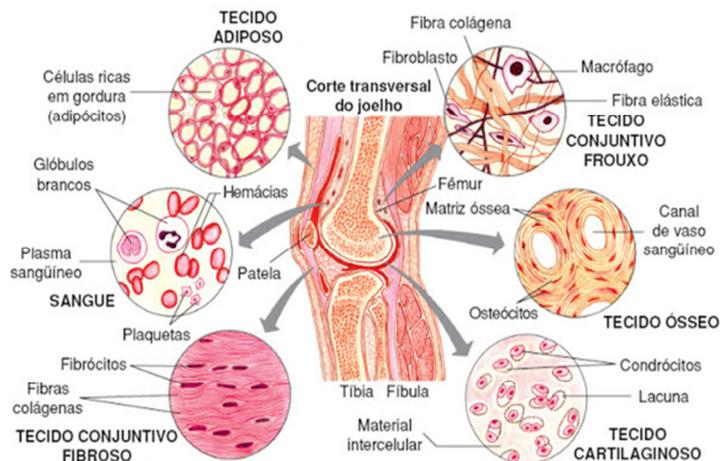


Figura 16: Corte transversal do joelho

Fonte: <https://blogdoenem.com.br/biologia-enem-tecido-conjuntivo/>

As células são estruturas consideradas a unidade funcional dos seres vivos. Existem seres formados apenas por uma célula - *unicelular*, enquanto outros possuem uma infinidade dessas estruturas - *pluricelular*, como é o caso dos humanos. As células são compostas por *moléculas* que são combinações de átomos.

Cada tecido é formado por um tipo diferente de célula, assim as moléculas que estão associadas a estas, também, se diferem, podendo, de acordo com as substâncias químicas que são compostas, serem classificadas como: *orgânicas* e *inorgânicas*. As moléculas orgânicas possuem, obrigatoriamente, átomos de *carbono* em sua estrutura, enquanto as inorgânicas não apresentam tal elemento.

São exemplos de moléculas orgânicas os lipídios que formam o tecido adiposo de diversos organismos e as proteínas que são macromoléculas complexas que são encontradas em vários tecidos com variadas funções. Água e sais minerais são exemplos de moléculas inorgânicas. Tais substâncias são importantes para transporte e quebra de nutrientes para as células, entre outras funções.

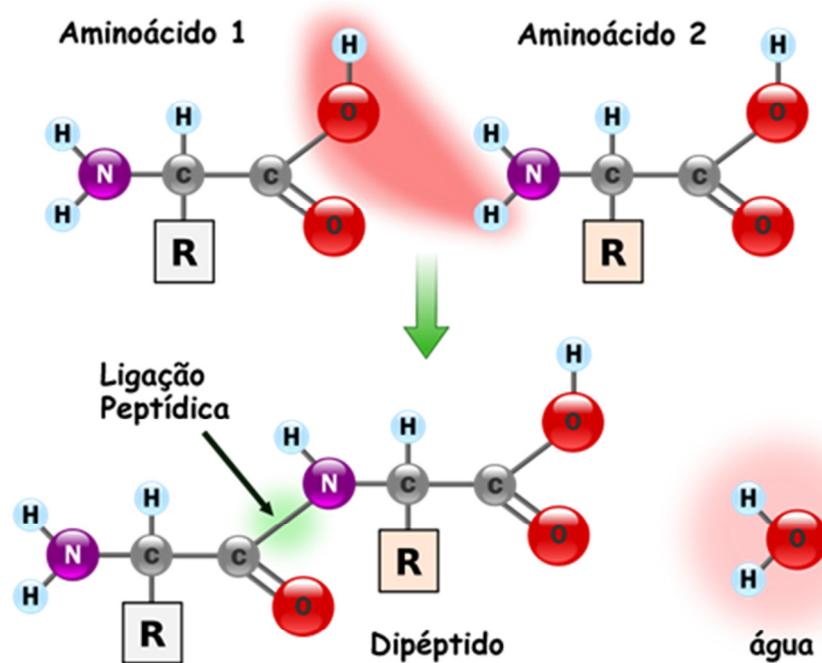


Figura 17. Mecanismo de formação das proteínas, através da junção de aminoácidos
 Fonte: <http://www.explicatorium.com/quimica/proteinas.html>

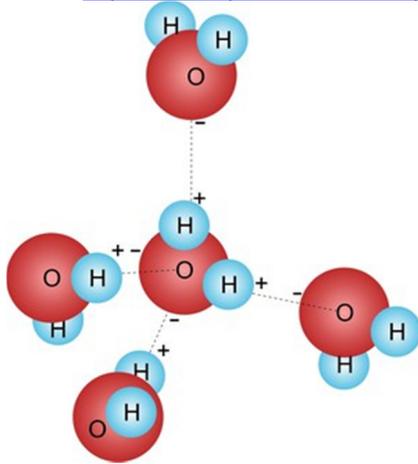


Figura 18. Estrutura molecular da água
 Fonte: <http://educacao.globo.com/biologia/assunto/fisiologia-celular/agua-e-sais-minerais.html>

Analisando de forma ampla, verifica-se que toda matéria viva é composta sempre por estruturas de menores escalas, que unidas, formam a matéria macroscópica. Para um maior aprofundamento ao mundo microscópico, a seguir, apresenta-se como é concebida a estruturação dos elementos que formam moléculas, células, tecidos, órgão e organismos - os átomos.

Estrutura atômica

Há muito tempo permeia pela sociedade a dúvida sobre a origem das coisas – desde os grãos de areia que formam rochas, passando pelos seres vivos e indo aos

enormes astros como planetas, estrelas e galáxias. Uma possível explicação surgiu do questionamento: qual seria a menor unidade constituinte da matéria? Este foi e, ainda, é o objeto de estudo de diversos pensadores e cientistas desde a Grécia antiga.

A primeira concepção sobre essa unidade foi dada pelos gregos Demócrito e Leucipo. Eles afirmaram que ao se quebrar uma amostra de matéria em pedaços cada vez menores, chegaria ao ponto em que não seria mais possível dividi-la. Chegaríamos ao átomo, ou seja, a partícula indivisível.

Tal concepção perdurou até o início do século XIX. Neste período, em 1803, ganhou maiores explicações com o modelo atômico de John Dalton – modelo da bola de bilhar. A busca pela explicação da eletricidade fez com que esse modelo começasse a evoluir bastante. No final deste século, em 1897, foi proposto, por Joseph Thomson, um modelo em que átomos eram formados por uma massa de carga positiva e que dentro dessa massa ficavam alojadas cargas elétricas negativas, os elétrons, descobertos por ele. Esse modelo ficou conhecido como “pudim de passas”.

Já no século XX, em 1911, Ernest Rutherford apresenta o “modelo planetário” do átomo, amplamente disseminado hoje em dia. Neste modelo o átomo é constituído, basicamente, de três partículas subatômicas: prótons, elétrons e nêutrons.

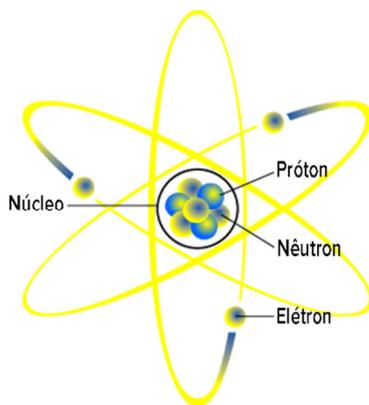


Figura 19: Modelo atômico planetário

Fonte: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/quantum-physics/atoms-and-electrons/a/bohrs-model-of-hydrogen>

No centro do átomo localiza-se o núcleo, que tem diâmetro próximo a $10^{-14}m$. Este núcleo é envolvido por uma nuvem de elétrons de densidade variável, que resulta em um diâmetro atômico final de $10^{-10}m$.

No núcleo, onde residem prótons e nêutrons, está a quase totalidade da massa atômica. A massa de um próton é igual a $1,673 \cdot 10^{-24}g$ e sua *carga elétrica* - grandeza características destas partículas e que micro e macroscopicamente diferenciam corpos eletrizados de não eletrizados, é de $+1,602 \cdot 10^{-19}$ coulombs (C). O nêutron é um pouco mais pesado que o próton e tem massa igual $1,675 \cdot 10^{-24}g$,

porém, é eletricamente *neutro*, ou seja, sua carga elétrica é nula. O elétron tem massa de $9,109 \cdot 10^{-28}$ g, e carga igual a $-1,602 \cdot 10^{-19}$ C – o sinal de menos indica que ele tem comportamento contrário ao do próton, mas mesma carga elétrica.

A evolução do modelo atômico proporcionou a sociedade conhecimento da matéria em si. Com a explicação moderna do átomo de hidrogênio, feita por Niels Bohr, foi possível explicar sobre o comportamento de cada partícula que integra o átomo, como o elétron, que hora se comporta como partícula e hora se comporta como energia. A partir desta evolução, também, foi possível a descoberta de diversos elementos químicos, entre eles, os com núcleos instáveis, chamados de radioativos, que se desintegram e emitem radiações, além dos fenômenos da interação da energia com a matéria, que serão abordados nas próximas subunidades.

Subunidade 2 – Tipos de Radiações

Quando se fala em radiação, as pessoas, geralmente, associam esta palavra a algo perigoso. O que elas não sabem é que estamos expostos, diariamente, à radiação. Radiação nada mais é do que a emissão e propagação de *energia* de um ponto a outro, seja no vácuo ou num meio material. Esta pode ocorrer através de *ondas eletromagnéticas* ou por *partículas atômicas* com energia cinética, distinguindo-se em radiações *ionizantes* e *não ionizantes*.

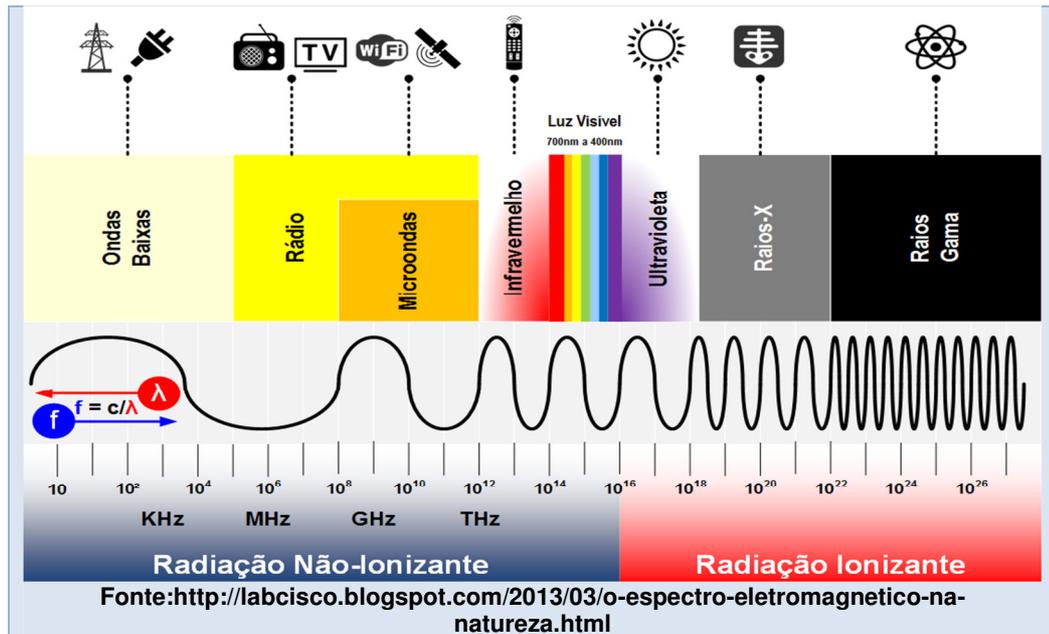
Radiação eletromagnética

A propagação da energia ocorre através de ondas eletromagnéticas (campos elétricos e magnéticos perpendiculares um ao outro), que no vácuo se propagam com a velocidade da luz – $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Como exemplos dessas radiações podemos citar as micro-ondas, os raios X, raios gama, sinais de rádio, radiação ultravioleta, luz do Sol, entre outras que foram classificadas por seu comprimento de onda (λ) e/ou frequência (f) em um espectro eletromagnético conforme o quadro 7.

Quadro 15: Espectro Eletromagnético

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

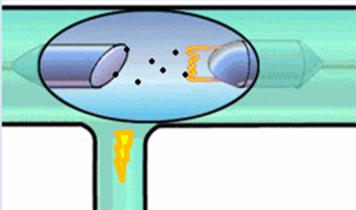
É a organização e classificação das ondas eletromagnéticas de acordo com suas frequências e seus diversos comprimentos de onda.



Fonte: O autor.

Temos no quadro a seguir algumas características da radiação gama e dos raios-x, que são radiações ionizantes utilizadas em diagnósticos e tratamentos médicos.

Quadro 16: Características das Radiações eletromagnéticas

TIPO		CARACTERÍSTICAS
Radiações Eletromagnéticas	Radiação gama (γ)	<ul style="list-style-type: none"> É uma radiação emitida por um núcleo atômico com excesso de energia (em um estado excitado) após transição de próton ou nêutron para um menor nível de energia, gerando uma estrutura mais estável. A intensidade e a energia com que é emitida dependem da estrutura nuclear característica do radioisótopo. É uma radiação bastante penetrante e, conforme sua energia, capaz de atravessar grandes espessuras. Assim, a radiação gama é bastante utilizada em aplicações médicas de radioterapia. A energia emitida na radiação gama tem valores bem definidos e está relacionada aos valores de energia inicial (estado excitado) e do nível final a ser alcançado na transição (estado fundamental).
	Raios X	<ul style="list-style-type: none"> Os raios X são produzidos em tubos de raios X, os quais consistem, basicamente, em um filamento que produz elétrons por emissão termiônica (catodo), que são fortemente acelerados por uma diferença de potencial elétrica, da ordem de quilovolts, até um alvo metálico (anodo), onde colidem. Apenas cerca de 5% dos elétrons acelerados colaboram para emissão de raios-X, pois a maior parte é absorvido ou espalhado no anodo, produzindo aquecimento. As radiações surgem das reduções bruscas de velocidade dos elétrons, resultante da interação do campo elétrico da partícula incidente, do núcleo e dos elétrons atômicos do anodo. A energia de movimento dissipada se converte em ondas eletromagnéticas, denominadas de raios X. Estes raios interessantes atravessam corpos que, para a luz habitual, são opacos. O expoente de absorção deles é proporcional à densidade da substância. Por isso, com o auxílio dos raios X é possível obter uma 

fotografia dos órgãos internos do homem.

- A grande capacidade de penetração dos raios X e as suas outras particularidades estão ligadas ao fato de eles terem um comprimento de onda muito pequeno.

Fonte: o autor

Radiações corpusculares

Neste tipo de radiação, a energia se propaga através de partículas que formam os átomos – partículas subatômicas. Elas se originam de dois processos: *Fissão* ou *desintegração nuclear*, quando um átomo radioativo (que possui mais nêutrons do que prótons, no núcleo) se divide, em busca de estabilização, assim emitindo elétrons, pósitrons, partículas alfa e neutrinos; e *Fusão nuclear*, quando nêutrons, múons, mésons são obtidos a partir da junção de dois átomos, com núcleos leves, para formar um único núcleo, mais pesado.

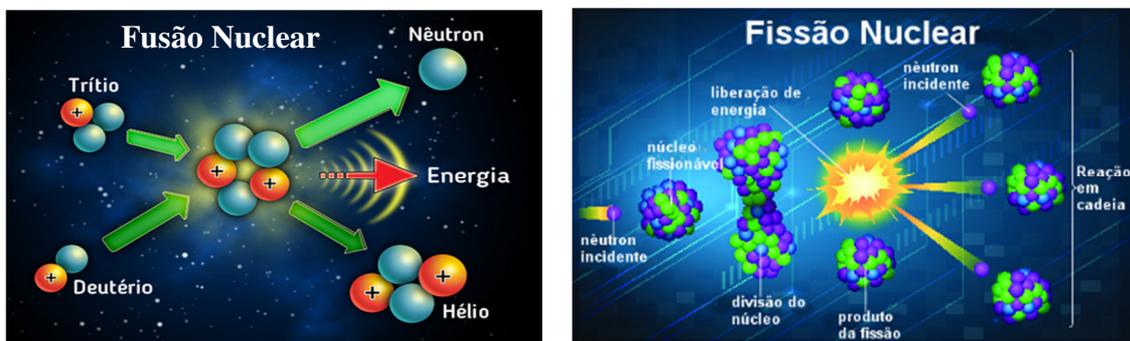


Figura 20: Representação do surgimento de partículas subatômicas
Fonte: Site Manual da Química e Site Toda matéria

No quadro 17, temos algumas características das radiações corpusculares alfa e beta geradas na fissão de átomos radioativos

Quadro 17: Características das Radiações corpusculares

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Radiações corpusculares Radiação alfa (α)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ As partículas alfa (núcleos de He) são emitidas por núcleos instáveis de elevada massa atômica, como por exemplo, urânio, tório e radônio. ▪ É uma radiação constituída por partículas subatômicas formadas por dois prótons e dois nêutrons. ▪ Carga elétrica de 2+; energia cinética varia de 3 MeV a 7 MeV. Estas partículas têm velocidades da ordem de um décimo da velocidade da luz. ▪ As radiações alfa são as que têm o menor poder de penetração e uma alta taxa de ionização. ▪ Para exposições externas, são inofensivas, pois não conseguem atravessar as primeiras camadas epiteliais. Porém, quando os radionuclídeos são ingeridos ou inalados, por mecanismos de contaminação natural ou acidental, as radiações alfa, quando em grande quantidade, podem causar danos significativos na mucosa que protege os sistemas respiratório e gastrointestinal e nas células dos tecidos adjacentes. Nesse caso, o corpo da pessoa contaminada passa a ser uma fonte radioativa.

Radiação beta (β)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consiste de um elétron (β^-) ou pósitron (β^+) emitido pelo núcleo na busca de sua estabilidade quando um nêutron se transforma em próton ou um próton se transforma em nêutron, respectivamente, sempre acompanhado de uma partícula neutra de massa desprezível, denominada de neutrino. ▪ Apresenta valores de energia variáveis, desde zero até um valor máximo, pois a mesma é compartilhada aleatoriamente entre o elétron ou pósitron emitido e o neutrino. O valor máximo de energia está relacionado ao núcleo radioativo onde ocorreu a transição. A velocidade dessas partículas é cerca de 9/10 da velocidade da luz. ▪ O poder de penetração destas partículas é pequeno e depende de sua energia. Para o tecido humano, consegue atravessar espessuras de alguns milímetros, podendo ser usada em procedimentos médicos na superfície da pele, mas pode ser detida com uma folha de alumínio com 1 mm de espessura.
---	---

Fonte: o autor

Distinção de radiação ionizante e não ionizante

As radiações podem ser classificadas em *ionizantes* (raios X, radiação emitida nas desintegrações radioativas, entre outros) e *não ionizantes* (calor, luz, micro-ondas, radiação ultravioleta, entre outras, conforme o espectro eletromagnético).

As radiações ionizantes podem ser eletromagnéticas ou corpusculares. Ao interagirem com os tecidos, dão origem a elétrons rápidos que ionizam o meio – formam íons, arranjos atômicos com excesso ou falta de elétrons – e criam efeitos químicos como a hidrólise da água e a ruptura das cadeias de DNA. A interação pode provocar, ainda, a morte celular, por mecanismos variados, desde a inativação de sistemas vitais para a célula, até sua incapacidade de reprodução.

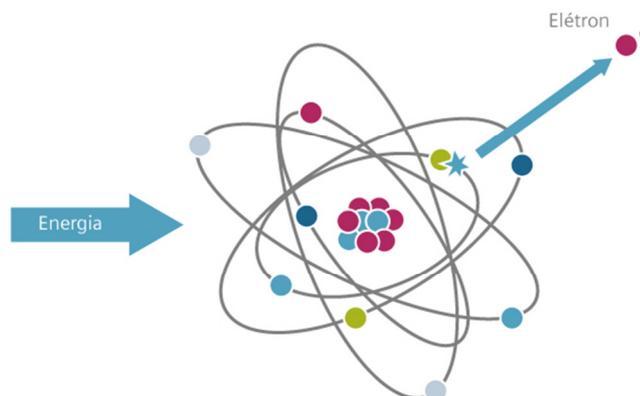


Figura 21: Ilustração do processo de ionização

Fonte: <http://www.radiacao-medica.com.br/dados-sobre-radiacao/o-que-e-radiacao/radiacao-ionizante/>

Por outro lado, as radiações não ionizante são unicamente do tipo ondas eletromagnéticas e não possuem energia suficientemente capaz de ionizar a matéria.

Veja a seguir as principais diferenças entre a radiação ionizante e a radiação não ionizante.

Quadro 18: Diferença entre radiação ionizante e não ionizante

RADIACÃO IONIZANTE X RADIACÃO NÃO IONIZANTE			
	Radiação Ionizante		Radiação Não Ionizante
	Raios X, raios gama, partículas beta e prótons		Luz, micro-ondas e raios ultravioletas
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Possuem a capacidade de ionizar, ou seja, possuem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos e transformá-los em íons. ✓ São ondas eletromagnéticas ou partículas que se propagam com alta energia e ao interagirem podem produzir variados efeitos sobre a matéria 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Não possuem energia suficiente para ionizar, ou seja, não possuem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos e transformá-los em íons; ✓ Mesmo assim tem o poder de quebrar moléculas e ligações químicas. Convivemos com várias fontes, atualmente. Sendo a maior fonte de radiação não ionizante o Sol.
Efeitos no Organismo	Ela pode danificar células e afetar o material genético (DNA), causando doenças graves e que podem levar à morte. O dano mais conhecido é o câncer.	Principais Exemplos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Forno de Micro-ondas; ✓ Rádio; ✓ Aparelho Celular ✓ TV; ✓ Radiações solares; ✓ Radiação UVA ✓ Radiação UVB

Fonte: o autor.

Conhecendo-se os tipos e as diferenças entre as radiações é possível explicar mais profundamente os efeitos produzidos por elas no organismo ou na matéria em geral. A subunidade 3 tratará sobre as três principais interações que ocorrem.

Subunidade 3 - Os principais fenômenos da interação da radiação com a matéria

A interação da radiação com a matéria não é constante e uniforme. Ela depende de alguns fatores que fazem com que a interação tenha maior ou menor probabilidade de ocorrer. Além disso, ao ocorrer, pode haver maior ou menor troca de energia entre a radiação e a matéria.

Há diversas formas de interação da radiação com a matéria, mas as interações mais importantes para a medicina que decorrem da Radioterapia são o *efeito fotoelétrico*, o *efeito Compton* e a *produção de pares*.

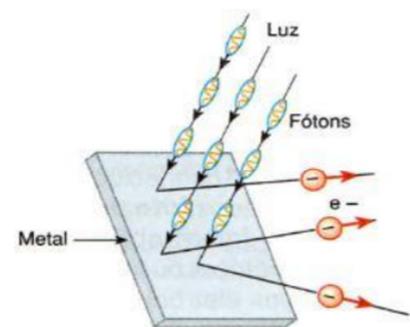


Figura 22: Representação do Efeito Fotoelétrico

Fonte: Site Cola da Web

Efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico ou absorção ocorre quando um fóton incide em elétron orbital fortemente ligado ao núcleo atômico. Nesse caso, a energia será totalmente absorvida pelo elétron e o fóton deixará de existir. O elétron é liberado do átomo e fica livre para se mover no material, provocando ionização do átomo que recebeu a energia do fóton e, também, de átomos próximos que irão interagir com o elétron solto – ionização secundária.

Esse tipo de interação depende muito do número atômico do material. Se o átomo tiver número atômico alto, ou seja, muitos prótons em seu núcleo terão mais elétrons fortemente ligados a ele, devido à força de atração elétrica entre cargas de sinais opostos. Como a interação fotoelétrica ocorre com elétrons fortemente ligados, a probabilidade de ocorrer efeito fotoelétrico com núcleos de número atômico alto é muito maior.

No efeito fotoelétrico, o fóton incidente é totalmente absorvido pelo elétron orbital. Para que ocorra, então, essa interação, o fóton deve, obrigatoriamente, ter energia *maior* do que a energia de ligação do elétron. As energias de ligação elétron/núcleo estão na faixa de poucos elétron-volt (eV) até algumas dezenas de quilo elétron-volt (keV), é nessa faixa de energia que predomina o efeito fotoelétrico. Se o fóton tiver energia acima de 1 mega elétron-volt (MeV) a probabilidade de ocorrer efeito fotoelétrico já é muito pequena.

A figura 20 exemplifica a ocorrência do efeito fotoelétrico em uma placa de potássio, que possui número atômico 19, onde a energia de ligação entre os elétrons e o núcleo do átomo é de 2,0 eV. Para este elemento a radiação na frequência da luz vermelha não tem energia suficiente para ejetar elétrons, já para frequências maiores – verde e azul – a energia da radiação provoca emissão de elétrons, sendo maior a velocidade do elétron ejetado quanto maior a energia incidente no material. A energia (E) é calculada em função da frequência (ν) da radiação pela equação de quantização da energia de Max Planck, dada na figura.

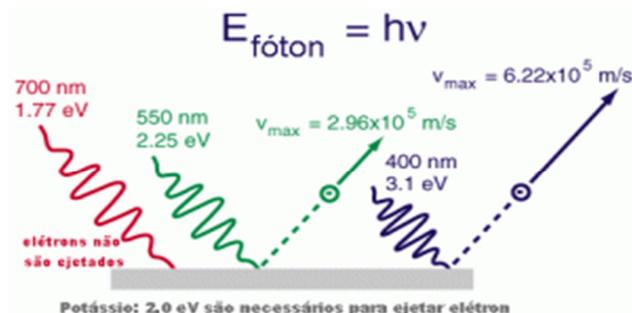


Figura 23; Efeito fotoelétrico em placa de potássio

Fonte: <https://sites.ifi.unicamp.br/lfmoderna/conteudos/efeito-fotoeletrico/>

Combinando os dois fatores, energia do fóton e número atômico do núcleo, haverá muito mais interações fotoelétricas para fótons de energia baixa, incidindo em

material de número atômico alto, como você pode perceber a partir da simulação elencada na caixa “Ampliando o Conhecimento”, ao lado.

Efeito Compton

Quando a energia da Radiação X aumenta, acima de 1 mega elétron-volt, o espalhamento Compton torna-se mais frequente que o efeito fotoelétrico.

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

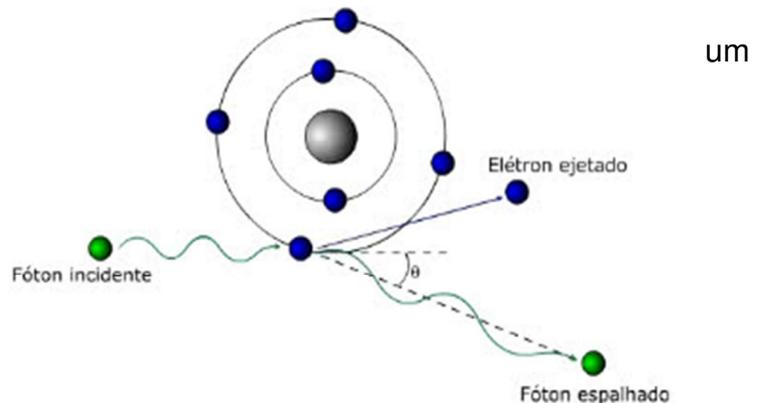


Figura 24: Representação Efeito Compton

Fonte: Site Cola da Web

A quantidade de elétrons fracamente ligados não depende muito do número atômico do material, portanto, a probabilidade de ocorrer uma interação Compton não é muito dependente do número atômico do material em que incide a radiação.

Em relação à energia, como qualquer fóton usado em Radioterapia tem energia relativamente alta, a probabilidade de interação, também, não depende muito da energia do fóton incidente.

Produção de pares

A produção de pares ocorre quando um fóton se aproxima bastante do núcleo atômico. Ao interagir com o campo nuclear, ocorrerá uma grande mudança que “transforma” a energia do fóton em massa pela relação $E = m c^2$, equação de energia de Einstein. Quando o fóton sofre esse tipo de interação, aparecem duas partículas em seu lugar e ele desaparece. Essas partículas são um elétron de carga elétrica negativa e um elétron de carga elétrica positiva. Esse elétron de carga positiva recebe o nome de pósitron.

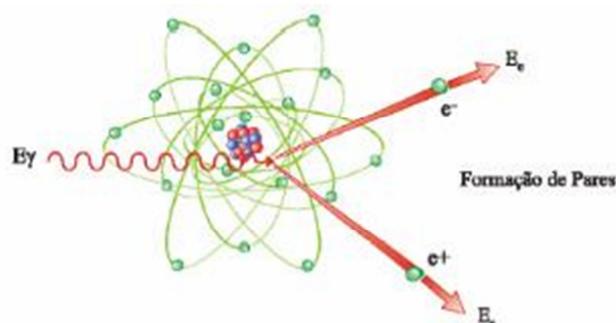


Figura 25: Representação da Formação de pares

Fonte: Site Cola da Web

Portanto, na interação por produção de pares o fóton desaparece e em seu lugar aparecem um elétron e um pósitron. A massa de um elétron é equivalente a 511 keV de energia. Como o pósitron é igual a um elétron, a exceção de sua carga elétrica, a energia necessária para produzir um par elétron-pósitron é igual a 1022 keV.

Sendo assim, nenhum fóton com energia menor que esse limiar de 1022 keV poderá sofrer uma interação de produção de pares. Quanto maior a energia do fóton, maior a probabilidade de ocorrer esse tipo de interação. A energia excedente ao valor necessário para produzir as partículas será sua energia cinética após a interação. Como a interação depende do campo nuclear, quanto maior o número atômico, maior a probabilidade de interação.

Predominância de cada interação

O gráfico a seguir mostra que para energias baixas predomina o efeito fotoelétrico, especialmente se o número atômico do material for alto. Conforme a energia do fóton aumenta, o efeito fotoelétrico passa a ser cada vez menos importante, especialmente para número atômico baixo. Começa, assim, a ser importante o efeito Compton, já que a produção de pares, ainda, é impossível. A produção de pares começa a ser importante a partir de 5 MeV, principalmente, se o número atômico for alto.

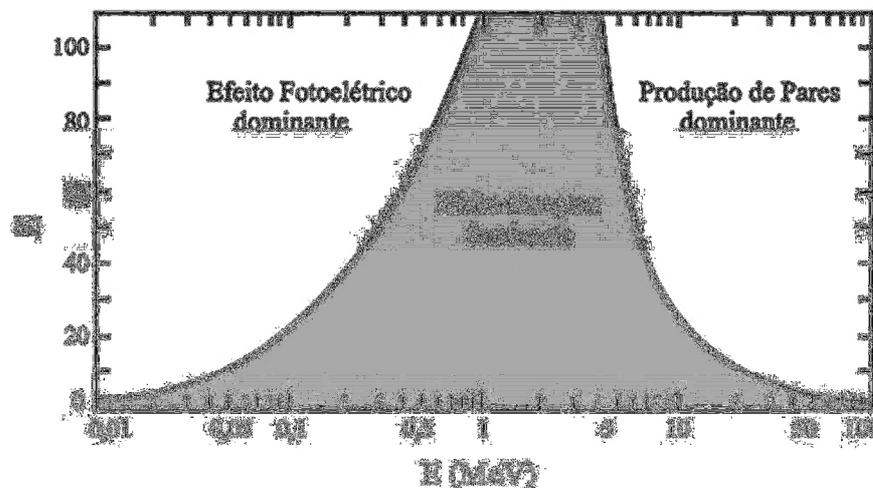


Figura 26: Probabilidade de fenômeno físico em função da energia incidente do fóton e do número atômico do meio

Fonte: SÁ (2017)

Dada as especificações dos intervalos de energia em que predominarão cada tipo de interação, pode-se resumir suas consequências para a matéria. A tabela 2 apresenta o que muda no meio, na radiação incidente e qual radiação é produzida em consequência das interações.

Tabela 2: Interações possíveis de ocorrer para radiação eletromagnética ionizante – raios X, raios gama e fótons de aniquilação – e consequências das interações

Interação	Mudança no meio	Mudança na radiação incidente	Radiação ionizante produzida
Efeito Fotoelétrico (ejeção de elétron)	Ionização e excitação do átomo,	Fóton é absorvido	Elétron rápido, raios X característicos,

ligado)	recoo do núcleo		elétrons Auger
Efeito Compton (espalhamento do fóton por um elétron)	ionização do átomo	Fóton perde energia e muda de direção	Elétron rápido, fóton com menor energia, espalhado
Produção de Pares (energia do fóton é consumida na criação do par (e-e+))	Recoo do núcleo; aniquilação do pósitron	Fóton é absorvido	Elétron e pósitron rápidos, raios X de aniquilação

Visto isto, podemos agora aprofundar como as radiações estão sendo aplicadas nos tratamentos médicos do Câncer. Explicar-se-á na próxima sub unidade um pouco mais sobre como a física das radiações está associada a radioterapia e a hadronterapia

Subunidade 4 - Radiações e o tratamento do câncer

Radioterapia

A radioterapia é o uso das radiações ionizantes – Raios X, Raios gama e feixes de elétrons – para destruir ou inibir o crescimento das células anormais que formam um tumor. Essas radiações são capazes de remover elétrons dos átomos das células tumorais e podem destruir seu DNA celular (código genético) e, portanto, os planos de construção para proteínas essenciais. Assim, as células param de replicar e morrem.

Existem dois tipos de radioterapia, que se diferenciam pela localização da fonte de radiação: a braquiterapia e a teleterapia. A braquiterapia, realiza o tratamento por meio de isótopos radioativos inseridos dentro do corpo do paciente onde será liberado a radiação ionizante. Já a teleterapia usa uma fonte externa de radiação, distante do tumor, com isótopos radioativos ou aceleradores lineares.

A braquiterapia, no geral, consiste na colocação de pequenas cápsulas com materiais radioativos unidas ao tumor, possibilitando doses de radiação diretamente sobre ele. Desta forma, admite administrar altas doses diretamente nas células malignas, preservando os tecidos saudáveis.

No caso dos tratamentos por teleterapia, os raios são liberados por equipamentos, como já visto anteriormente, em sessões curtas, para a recuperação das células saudáveis que também são atingidas. As distâncias mais usadas hoje são de 80 cm para os antigos aceleradores lineares e os equipamentos de cobaltoterapia ou de 100 cm para todos os aceleradores lineares mais novos.

Os equipamentos para cobaltoterapia têm uma fonte com atividade entre 2.000 e 10.000 curies dentro de um cabeçote com blindagem dimensionada para manter os níveis de radiação ao redor do equipamento dentro dos limites legais. Quando o paciente está corretamente posicionado, todos saem da sala e a fonte é exposta remotamente a partir do comando.

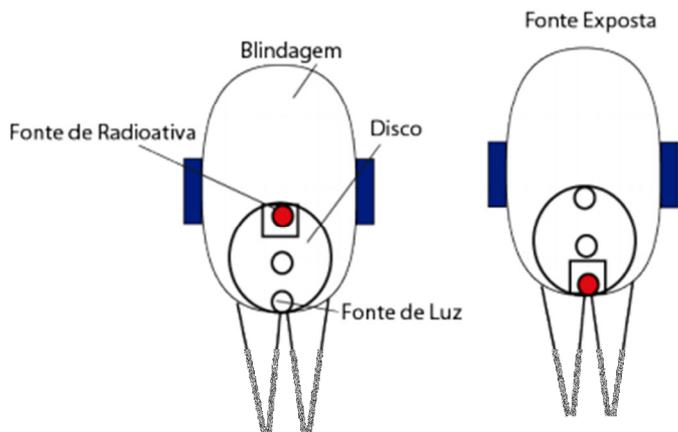


Figura 27: cabeçote de equipamento de cobaltoterapia com sistema de rotação
 Fonte: (MARTINS, s/data)

Em aceleradores lineares, um filamento é aquecido, o que libera elétrons que são injetados dentro de um tubo reto e acelerados até atingirem uma determinada energia. O filamento fica dentro de uma estrutura chamada “canhão”. O tubo acelerador usa micro-ondas para acelerar os elétrons. Essas micro-ondas são geradas em válvulas magnetron ou klystron, dependendo do modelo do equipamento.

Atingida a energia desejada para os elétrons, eles incidem em placa metálica chamada “alvo”. Nesta “colisão” são gerados os fótons de raios X. Os aceleradores de energia baixa tem o tubo acelerador já alinhado com o alvo. Já os aceleradores de energia alta necessitam de um sistema para direcionar o feixe de elétrons para o alvo, comumente chamado de “bending” magnético. Se o alvo for retirado, o feixe de elétrons poderá incidir diretamente no paciente, permitindo a irradiação com feixe de elétrons.

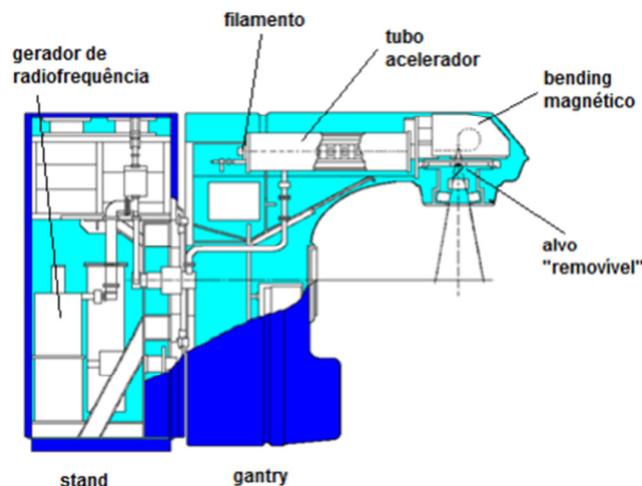


Figura 28: esquema de um acelerador linear
 Fonte: (MARTINS, s/data)

Hadronterapia

A radioterapia por íons ou *Hadronterapia*, não fótons, mas íons carregados positivamente, seja, íons obtidos por núcleos atômicos que perderam seus elétrons da camada atômica.

Utilizam-se, em geral, núcleos de átomo hidrogênio (prótons) e núcleos de átomo carbono. Os núcleos atômicos são acelerados a 225 mil metros por segundo, cerca de três quartos da velocidade da luz e atingem o tumor. A profundidade de penetração pode ser aumentada, aumentando-se a velocidade dos íons.

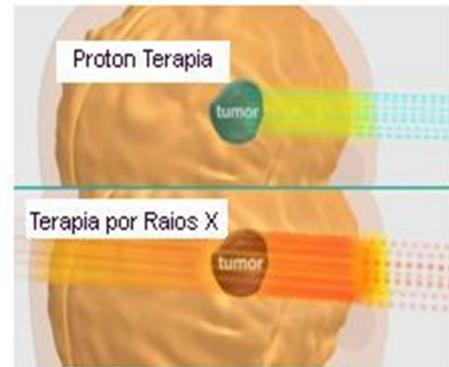


Figura 29: Terapia Convencional X Hadroterapia

Fonte: Blog Marcos d'Ávila

usa
ou

Quando os íons impactam o corpo, eles viajam muito rápido através das camadas externas e perdem sua energia, acentuadamente, antes de sua desaceleração final na profundidade, transferindo sua energia deletéria total ao tecido circunvizinho. É o chamado pico de Braag (William Henry Bragg). Assim, o feixe de íons é exatamente o que se necessita para tratar tumores localizados profundamente dentro do corpo. Os tumores com limites irregulares podem ser escanceados milimetricamente com o Método de Rastreamento Controlado em Intensidade.

Para a terapia com fótons a dose máxima ocorre antes de atingir o tumor e decresce, exponencialmente, com o aumento de profundidade. Já a próton terapia e a terapia com uso de íons de carbono tem a dose aumentada em toda a extensão do tumor e cai, rapidamente, após alcançar seus limites, com efeito deletério máximo dentro do tecido tumoral. Os íons de carbono são muito mais efetivos biologicamente do que os prótons, como pode ser observado no gráfico. pico de Bragg é alcançado com o Método de Rastreamento Controlado em Intensidade. Tal procedimento é essencial para distribuir toda energia deletéria em todo o volume do tumor não, apenas, pontualmente.

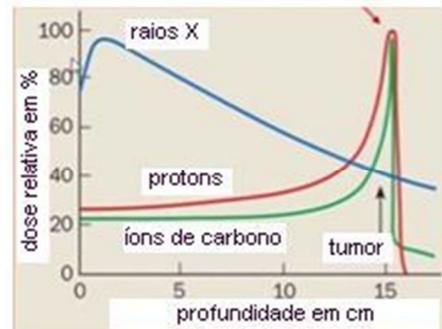


Figura 30: Gráfico comparativo Pico de Bragg

Fonte: Junior (2013)

O
a
e

Certamente, a *Hadronterapia* é muito superior à radioterapia convencional, provocando menos dano ao tecido sadio e obtendo melhores resultados terapêuticos.

Como já foi exposto, a *Hadronterapia* funciona a partir de aceleradores de prótons e íons de carbono, respectivamente, Cíclotron e Síncrotron. O Cíclotron obriga a partícula a descrever uma órbita espiral com aceleração progressiva e o Síncrotron impõe uma trajetória circular à partícula.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. Pesquisadores comprovam que fumaça das queimadas da Amazônia pode causar câncer, 2018. Disponível em: <<http://www.ccst.inpe.br/pesquisadores-comprovam-que-fumaca-das-queimadas-da-amazonia-pode-causar-cancer/>> Acesso em 14 de jul. 2018.

CARUSO F., CARVALHO B.H.V., SANTORO A.F.S. A física de altas energias e a terapia de câncer com prótons: motivações e perspectiva. G. Alves, F. Caruso, H. Motta & A. Santoro (Eds.), O Mundo das Partículas de Hoje e de Ontem, op. cit, (2000) p. 117-130.

COELHO, Yuri. UFPA pesquisa a alta incidência de câncer gástrico na Amazônia, 2013. Disponível: <<https://ww2.ufpa.br/imprensa/noticia.php?cod=8458>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

HEIDELBERG, Marcos Pivetta de. Prótons e íons na medida certa. Pesquisa Fapesp. Setembro de 2014. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2014/09/024-025_cancer-proton_223.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

HOSPITAL SÍRIO-LIBANÊS. Projeto em Belterra, Pará, contribui para prevenção de câncer colorretal, 2016. Disponível em: <<https://www.hospitalsiriolibanes.org.br/sua-saude/Paginas/projeto-belterra-para-contribui-prevencao-cancer-colorretal.aspx>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

HUSSEIN, Mahir Saleh; REBELLO, Patrícia. Combate ao câncer ganha novas técnicas: a física nuclear e o tratamento de tumores. **Revista USP**, Brasil, n. 66, p. 80-95, aug. 2005. ISSN 2316-9036. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13435/15253>>. Acesso em: 01 junho 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. Estimativa 2018: incidência de câncer no Brasil. Coordenação de Prevenção e Vigilância. – Rio de Janeiro: INCA, 2017. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2018/>>. Acesso em 02 de jun. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. O que é o câncer?. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=322>. Acesso em: 04 jun. 2018.

INSTITUTO ONCOGUIA. Tratamentos do câncer, 2018. Disponível em: <<http://www.oncoguia.org.br/conteudo/tratamentos/77/50/>>. Acesso em: 06 de jun. de 2018.

Introdução á evolução dos modelos atômicos: De Demócrito e Leucipo á James Chadwick. Disponível em: < file:///D:/Downloads/cronologia%20atomo%20(1).pdf >. Acesso em: 08 de agosto de 2018.

JUNIOR, Francisco Roberto Cassetta. Avaliação do desvio lateral do feixe em protonterapia. Curitiba, PR: Biblioteca Central da UTFPR, Campus Curitiba. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/596/1/CT_PPGE_B_M_Cassetta%20Junior%2C%20Francisco%20Roberto_2013.pdf>. Acesso em: 04 jun.18.

LENICARE - Unidade de Radioterapia do Alentejo. História no Mundo. Disponível em: <<http://www.oncologiaalentejo.com/historia-no-mundo>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

LUIZ, Alfredo José Barreto. Artigo - Agrotóxicos são do mal?, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/6248227/artigo---agrototoxicos-sao-do-mal>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

MOREIRA, José Ranclenison Lopes. A nanotecnologia na liberação controlada de fármacos no tratamento do câncer de mama. 2013. 38 f., il. Monografia (Bacharelado em Farmácia) Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

ONCOLOGICA CENTENÁRIO, Centro de Câncer. Tratamentos. Disponível em: <http://www.oncologiacentenario.com.br/departamento_radioterapia/oncologia_centenario_centro_de_cancer/>. Acesso em: 07 mai. 2018.

SÁ, José Roberto, et al. Interação da Física das Radiações com o Cotidiano: uma prática multidisciplinar para o Ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, nº 1, e1503 (2017) Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v39n1/1806-1117-rbef-39-01-e1503.pdf> > Acesso em: 04 de jun. 2018

YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. Revista Brasileira de Física Médica. 2009;3(1):57-67. Disponível em: <<http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/viewFile/35/27> >. Acesso em 04 ago. 18.

APÊNDICE B – Termos de consentimento e livre esclarecimento para a pesquisa para os estudantes



Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA
Instituto de Ciências da Educação
Programa de Ciências Exatas
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

TERMO DE CONSENTIMENTO E LIVRE ESCLARECIMENTO PARA A PESQUISA

Você está sendo convidado (a) a participar da Pesquisa relacionada ao Projeto vinculado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do Pólo da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), intitulado **Introdução de física de partículas no ensino médio com abordagem CTS usando um Livreto Interativo Digital (LID)**. Como instrumentos para coleta de dados serão utilizados questionários, relatos escritos, rodas de conversa, registros em áudio e notas de campo. Os materiais coletados serão utilizados sem identificação pessoal.

O objetivo desta Pesquisa na qual você é convidado a participar é implementar e analisar uma proposta para o ensino de Física de Partículas, por meio de um Livreto Interativo Digital.

Resultados da pesquisa poderão tornar-se públicos por meio de congressos, encontros, simpósios e revistas especializadas, com o devido sigilo dos sujeitos participantes da pesquisa. Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (93) 988016085 ou pelo email: rubemsilvaney@gmail.com. Não haverá nenhum desconforto e riscos para você durante o desenvolvimento da pesquisa. Caso você deseje recusar a participar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador e nem com qualquer setor desta Instituição.

Se você estiver suficientemente informado sobre os objetivos, características e possíveis benefícios provenientes da pesquisa, bem como dos cuidados que o pesquisador irá tomar para a garantia do sigilo dos investigados de modo que assegure a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa, assine abaixo, este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

NOME	
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11..	
12.	
13.	
14.	
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	
22.	
23.	
24.	
25.	
26.	
27.	
28.	
29.	
30.	
31.	

32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

Neste sentido, comprometemo-nos a utilizar os dados coletados no questionário para fins de pesquisa, mantendo o sigilo dos nomes dos participantes:

Nome do responsável pela pesquisa: Rubem Silvaney Maia da Silva

Professor orientador: Professor Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos

Santarém, 20 de Junho de 2018.

APÊNDICE C – Termo de consentimento e livre esclarecimento para a pesquisa para o professor da disciplina.



Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA Instituto de Ciências da Educação Programa de Ciências Exatas Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

TERMO DE CONSENTIMENTO E LIVRE ESCLARECIMENTO PARA A PESQUISA

Você está sendo convidado (a) a participar da Pesquisa relacionada ao Projeto vinculado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do Pólo da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), intitulado **Introdução de física de partículas no ensino médio com abordagem CTS usando um Livreto Interativo Digital (LID)**. Como instrumentos para coleta de dados serão utilizados questionários, relatos escritos, rodas de conversa, registros em áudio e notas de campo. Os materiais coletados serão utilizados sem identificação pessoal.

O objetivo desta Pesquisa na qual você é convidado a participar é implementar uma proposta para o ensino de Física, por meio de um Livreto interativo Digital.

Resultados da pesquisa poderão tornar-se públicos por meio de congressos, encontros, simpósios e revistas especializadas, com o devido sigilo dos sujeitos participantes da pesquisa. Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (93) 988016085 ou pelo email: rubemsilvaney@gmail.com. Não haverá nenhum desconforto e riscos para você durante o desenvolvimento da pesquisa. Caso você deseje recusar a participar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador e nem com qualquer setor desta Instituição.

Se você estiver suficientemente informado sobre os objetivos, características e possíveis benefícios provenientes da pesquisa, bem como dos cuidados que o pesquisador irá tomar para a garantia do sigilo dos investigados de modo que assegure a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa, assine abaixo, este termo de consentimento livre e esclarecido.

XXXXXXXXXXXXXXXXX
Professor de Física da Escola São José

Neste sentido, comprometemo-nos a utilizar os dados coletados no questionário para fins de pesquisa, mantendo o sigilo dos nomes dos participantes:

Nome do responsável pela pesquisa: Rubem Silvaney Maia da Silva

Professor orientador: Professor Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos

Santarém, 20 de Junho de 2018.

APÊNDICE D – Termo de consentimento e livre esclarecimento para a pesquisa para a direção da escola



Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA
Instituto de Ciências da Educação
Programa de Ciências Exatas
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

TERMO DE CONSENTIMENTO E LIVRE ESCLARECIMENTO PARA A PESQUISA

Prezado (a) Sr (a), sou Rubem Silvaney Maia da Silva, aluno do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do Polo da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), solicito autorização para desenvolver, nesta escola, o Projeto de Pesquisa intitulado **Introdução de física de partículas no ensino médio com abordagem CTS usando um Livreto Interativo Digital (LID)**. O projeto será realizado com professores e alunos do 3º ano do ensino médio, por meio de uma sequência de atividades que incluem coleta de dados com aplicação de questionários, relatos escritos, rodas de conversa, registros em áudio e notas de campo e a aplicação do produto (LID) em sala de aula. O período de desenvolvimento do projeto será entre os meses de junho a setembro de 2018.

Resultados da pesquisa poderão tornar-se públicos por meio de congressos, encontros, simpósios e revistas especializadas, com o devido sigilo dos sujeitos participantes da pesquisa. Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (93) 988016085 ou pelo email: rubemsilvaney@gmail.com.

Se você estiver suficientemente informado sobre os objetivos, características e possíveis benefícios provenientes da pesquisa, bem como dos cuidados que o pesquisador irá tomar para a garantia do sigilo dos investigados de modo que assegure a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.

Tendo lido, compreendido e estando suficientemente esclarecido sobre os propósitos do estudo a ser realizado nesta escola, autorizo o uso das informações prestadas como objeto de pesquisa e a divulgação no trabalho do acima citado.

MARIA ANTÔNIA SANTOS CAVALCANTE
Diretora da Escola São José

Santarém, 20 de Junho de 2018.

APÊNDICE E – Questionário de conhecimentos prévios



Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA
 Instituto de Ciências da Educação
 Programa de Ciências Exatas
 Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

QUESTIONÁRIO

Este questionário faz parte da coleta de dados referente à Dissertação de Mestrado, com o título do projeto: Introdução de física de partículas no ensino médio com abordagem CTS através de um Livreto Interativo Digital (LID), do Mestrando Rubem Silvaney Maia da Silva. Com orientação do Professor Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos. Sua contribuição é de fundamental importância para a construção da pesquisa.

PARTE I – CARACTERIZAÇÃO

1. Idade: _____ 2. Sexo: () M () F

3. Telefone: _____

4. e-mail: _____

5. Acessa Internet?

() no próprio telefone

() no telefone de colegas

() no computador

() Outros. Quais? _____

6. Você conhece alguém com diagnóstico de câncer e que tenha se submetido a algum tratamento?

(Se sua resposta for SIM/ Indique se é pessoa da família, o tipo de câncer, que tratamento foi submetido, onde foi feito o tratamento?)

PARTE II – CONHECIMENTOS GERAIS

7. Quais os conteúdos e/ou os assuntos que você estudou em mais de uma das seguintes disciplinas (Biologia, Química e Física)?

8. Você já estudou sobre o Câncer e seu tratamento em alguma das disciplinas (Biologia, Química ou Física)?
 Indique a(s) disciplinas (s).

9. Quais conteúdos e/ou assuntos você considera que pode aprender ao estudar Física e o tratamento do Câncer?

10. O que você conhece sobre o diagnóstico e o tratamento de CÂNCER?

11. Se você tem informações a respeito de diagnóstico e tratamento de CÂNCER, indique como você obteve as informações:

- () Televisão
() Jornais e Revistas
() Consulta Médica
() Escola
() Família
() Internet
() Outros Quais? _____

12. O que você gostaria de aprender e quais suas e curiosidades referentes a **prevenção, diagnóstico e tratamento** do CÂNCER:

13. Os processos relacionados ao tratamento do Câncer envolvem conceitos estudados em Ciências da Natureza como: **átomo, molécula e partícula**. De acordo com o seu conhecimento qual a diferença entre eles?

14. No estudo do átomo, um professor de Ensino Médio fez a seguinte pergunta. **O que é um modelo atômico?** a qual foi respondida por 3 grupos de alunos – O **Grupo I** respondeu: *É a imagem de como os cientistas enxergam os átomos nos potentes microscópicos*; O **Grupo II** respondeu: *É uma teoria baseada na experimentação feita por cientistas para explicar como é o átomo, e o Grupo III* respondeu: *É um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos*. Dentre as repostas dos grupos de alunos qual você considera ser a mais adequada para um modelo atômico?

15. Vários modelos atômicos foram propostos pela ciência ao longo da história, entre eles estão: o Modelo de Rutherford, o Modelo de Thomson, o Modelo de Bohr e o Modelo Quântico. Indique qual é o modelo atômico mais aceito atualmente e por quê?

16. O tratamento do Câncer utiliza várias técnicas relacionadas às *partículas elementares*. O que você conhece sobre *o que são as partículas elementares*?

17. Quais aplicações tecnológicas relacionadas com a Física de Partículas você conhece?

18 . Indique suas principais curiosidades relacionadas ao *átomo e as partículas elementares* e suas aplicações tecnológicas no tratamento do CÂNCER:

APÊNDICE F – Orientações para produção de relato de aprendizagem



MATERIAIS DE APOIO NA APLICAÇÃO DO LID

ORIENTAÇÕES PARA A ESCRITA DO RELATO DE APRENDIZAGEM

Quando começar a escrever, recorde-se de todos os momentos significativos que você viveu. Não é necessário que faça um relato muito descritivo, porém é importante que escreva sobre o que foi mais significativo em cada uma das atividades.

Conte-nos, principalmente:

1. O tema proposto estimulou seu interesse? De que forma?
2. Você gostou da metodologia utilizada na atividade?
3. Vimos que ao longo do tempo as tecnologias relacionadas ao tratamento do câncer têm evoluído positivamente. Comente quais dos avanços mais lhe chamou atenção. Por quê?
4. A partir da atividade, você conseguiu perceber que há relação do progresso da ciência com a evolução das tecnologias do tratamento médico? Comente a importância dessa relação para a sociedade.
5. Vimos que diversas causas do desenvolvimento do câncer está relacionada a alguns hábitos do dia a dia. Que atitudes suas ou de pessoas de sua convivência podem prevenir o surgimento deste problema?
6. Não esqueça de citar as relações observadas entre o tema câncer e o conhecimento da Física.
7. Ao longo das discussões, desenvolveram-se em você curiosidades ou dúvidas a respeito do tema? Comente.

Na conclusão do relato, faça uma breve avaliação sobre os resultados gerais do trabalho e se a partir do mesmo houve desenvolvimento de sua aprendizagem.

APÊNDICE G – Orientações para produção de relato da roda de conversa



MATERIAIS DE APOIO NA APLICAÇÃO DO LID

ORIENTAÇÕES PARA A ESCRITA DO RELATO DA RODA DE CONVERSA

Com base nas atividades de preparação e realização da roda de conversa sobre o tema: ***Tipos de câncer, causas e prevenção***, elabore um relato de aprendizagem (texto sobre as aprendizagens vivenciadas na atividade) sobre os itens abaixo:

- a) O que mais lhe chamou a atenção nos conteúdos dos materiais estudados (textos, vídeos, áudios, etc);
- b) O que você considera mais importante nas discussões dos temas que foram tratados pelos grupos;
- c) O que você compreendeu de mais importante sobre os diversos tipos de câncer, suas causas e sua prevenção.

APÊNDICE H – Questionário Final



Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA
 Instituto de Ciências da Educação
 Programa de Ciências Exatas
 Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

QUESTIONÁRIO

Este questionário faz parte da coleta de dados referente à Dissertação de Mestrado, com o título do projeto: O uso de livreto interativo digital com abordagem CTS no ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio, do Mestrando Rubem Silvaney Maia da Silva. Com orientação do Professor Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos. Sua contribuição é de fundamental importância para a construção da pesquisa.

I – Do acesso ao LID

1. Quanto ao contato com o Livro Interativo Digital (LID) você classifica que utilizou:

- () na íntegra (leitura do texto principal, leitura de textos complementares, vídeos e etc)
 () parcialmente/em classe e extraclasse (leitura do texto principal e alguns materiais complementares)
 () parcialmente/somente em classe (leitura fragmentada e discussões em sala de aula)
 () não tive contato direto com o material do LID

Comente/explique sua indicação:

2. Quais são as principais dificuldades que você encontrou no acesso do LID (computador, internet, etc)?

II – Do conteúdo disposto no LID

3. Como você avalia a adequação da linguagem apresentada no conteúdo principal do LID?:

- () excelente () muito boa () boa () regular () ruim/insuficiente

Comente/explique sua indicação

4. Como você classificaria o entendimento da temática “A FÍSICA NA TERAPIA DO CÂNCER” presente no Livro Interativo Digital (LID):

- () excelente () muito bom () bom () regular () ruim/insuficiente

Comente/explique sua indicação:

5. Apresente sugestões para melhoria no conteúdo do LID (textos, simulações, informações, vídeos e etc).

III – Do processo de aplicação do LID

6. Quanto a aplicação avalie os seguintes aspectos:

a) Quantidade de aulas

excelente muito bom bom regular ruim/insuficiente

Comente/explique sua indicação:

b) Orientação para explorar o LID

excelente muito bom bom regular ruim/insuficiente

Comente/explique sua indicação:

c) Orientação para desenvolvimento de atividades

excelente muito bom bom regular ruim/insuficiente

Comente/explique sua indicação:

d) Debate nas rodas de conversa

excelente muito bom bom regular ruim/insuficiente

Comente/explique sua indicação:

e) Materiais de avaliação (discussões, relatos, painéis)

excelente muito bom bom regular ruim/insuficiente

Comente/explique sua indicação:

7. Faça suas considerações e dê sugestões de melhorias no processo de aplicação deste LID para aplicações futuras

IV – Das Aprendizagens a partir do LID

8. Como você avalia a sua aprendizagem a partir das situações vivenciadas no LID, no que se refere às relações entre a problemática abordada do câncer, às tecnologias associadas ao tratamento e a os conteúdos científicos de física abordados.

excelente muito bom bom regular ruim/insuficiente
Comente/explique sua indicação:

9. Classifique a potencialidade do LID na promoção da aprendizagem dos conteúdos de Física presente na temática do câncer

excelente muito bom bom regular ruim/insuficiente
Comente/explique sua indicação:

10. Quais os aspectos mais importantes que você observou e vivenciou no uso do LID como material didático para favorecer a aprendizagem em física e da temática explorada?

APÊNDICE I – Diários de campo**Apêndice I.1- Diário de campo do dia 20/06/2018****PROFESSOR RUBEM SILVANEY**

No primeiro momento de contato com a turma do 3º D fui levado pela coordenadora pedagógica da escola que me apresentou para os alunos que não me conheciam e pediu para que eu explicasse qual o objetivo da minha presença nesta turma.

Iniciei a conversa explicando que eu era aluno do mestrado e para concluir teria que desenvolver uma atividade na escola, e como eu era professor desta resolvi aplicar esta atividade naquela turma pelo fato de em conversa com a coordenadora pedagógica esta indicar como melhor turma para desenvolver a atividade, pois é uma turma com menor quantidade de alunos, a maioria já haviam sido meus alunos e era uma turma receptiva a projetos.

Os alunos foram bem receptivos e todos concordaram que fosse aplicado o projeto na turma no turno matutino, então pedi para que assinassem o termo de consentimento para dar respaldo a aplicação do produto da pesquisa.

Expliquei que naquele momento iríamos aplicar um questionário de conhecimentos prévios para verificar como os alunos se envolvem com temática presente no material de aplicação e como compreendem a relação entre esses conhecimentos e as tecnologias. Para dar maior base de exploração no momento de aplicação do livreto

Leram o questionário e responderam as perguntas presentes, com muitas dúvidas pois não conseguiam relacionar as disciplinas das ciências da natureza, não conseguiam perceber a relação entre a doença câncer e o conteúdos de física e não sabiam a maioria das perguntas que envolviam conhecimentos de física, então pedi para que procurassem responder o mais fiel possível e escrevesse no questionário aquilo que realmente acreditava e se não soubesse responder nada a respeito que podiam deixar em branco.

Finalizei a aula agradecendo a boa vontade destes responderem ao questionário e se colocarem a disposição para participarem da aplicação do Livreto Interativo Digital.

Apêndice I.2- Diário de campo do dia 06/08/2018

PROFESSOR RUBEM SILVANEY

Foi realizado o segundo momento no 3ºD com o início da aplicação do Livro Interativo Digital (LID), iniciei a aula reforçando os objetivos da aplicação do LID e reafirmando a importância da participação dos estudantes no momento das aulas e também acessando o LID.

Expliquei a metodologia do projeto, que passaria por explicações com utilização de slides, rodas de conversas, produção de relatos, produção e apresentação de painéis e avaliação final através de um relato e um questionário.

Logo em seguida expliquei como acessar e utilizar o LID tanto de maneira off-line, como de maneira online, explicando o passo a passo da sua utilização, os estudantes fizeram algumas perguntas sobre dúvidas de utilização do LID, que foram novamente explicadas.

Em seguida fiz uma apresentação multimídia sobre a introdução da temática câncer referente a unidade temática I presente no LID, apresentei algumas informações e coloquei alguns questionamentos para os estudantes e fui correspondido por estes que responderam aos questionamentos e deram opiniões sobre os temas propostos, dentre eles o conhecimento da temática câncer, tipos, causas, tratamento e prevenções. Comentei com os alunos sobre o câncer na Amazônia e o tratamento no Oeste do Pará mais precisamente no Hospital Regional que já trata de alguns tipos de câncer.

Os alunos ficaram atentos as explicações e participaram quando solicitados, perguntaram, tiraram dúvidas mas percebi que estavam meio intrigados e apreensivos quanto a relação entre a temática câncer e o conhecimento físico que até o momento não conseguiam perceber.

Finalizei a apresentação da temática deixando para os alunos uma tarefa de casa que compreendia em fazer entrevistas e consultas com profissionais da saúde e/ou conhecidos sobre a temática do câncer, e em seguida produzir um texto resumindo as principais observações e reflexões a respeito do tema.

Ao final da aula dividi a turma em quatro grupos para melhor prepararem a roda de conversa, que ocorrerá no próximo momento, além de orientar sucintamente sobre o assunto de cada equipe da roda de conversa.

Comentei com os estudantes que ao lerem o LID e se envolverem com o assunto vão começar a perceber o conhecimento físico presente na temática e que no próximo momento por ocasião da roda de conversa já vamos verificar alguma relação com os conhecimentos científicos.

Agradei novamente a participação dos alunos na atividade e reforcei a importância de realizar as tarefas com responsabilidade, tendo a preocupação de participarem e interagirem com os grupos e com a turma, além de tirarem todas as dúvidas que surgirem durante a aplicação, para que esta seja a mais proveitosa possível.

Apêndice I.3- Diário de campo do dia 08/08/2018

PROFESSOR RUBEM SILVANEY

Após a oração inicial da escola realizada pelo sistema de som, iniciamos o terceiro momento da aplicação do LID no terceiro ano D do Ensino Médio. Iniciamos a aula reforçando os objetivos da aplicação e informando a importância da participação dos estudantes na roda de conversa.

Como já havia ocorrido a orientação da roda no momento anterior eu pedi para que os alunos fizessem um semicírculo maior (grupo de observação) e de frente um semicírculo menor (grupo de verbalização) para que os integrantes das equipes pudessem se sentar e debater sobre os referidos temas. Então solicitei para que a primeira equipe ocupasse o semicírculo menor para iniciar a roda, esclareci novamente como iria proceder e lancei a primeira questão norteadora. Os alunos inicialmente estavam meio tímidos mais logo em seguida alguns integrantes da equipe explicaram, debateram e conversavam sobre os tipos de câncer, fatores de riscos. Pedi então para a equipe se aprofundar sobre o câncer de pele e os alunos falaram da preocupação que se deve ter ao ir à praia então voltei a questionar se é só nesse momento que deve ter cuidado então a equipe reafirmou os cuidados em todos os momentos de exposição ao sol no dia a dia. Alguns alunos participaram ativamente da atividade, se posicionando e dando a sua posição a respeito do tema, mostrando que a roda facilita a expressão oral, uma vez que os alunos estão sentados em círculo, tirando um pouco do foco dos alunos comparado a seminários de exposição de temas.

Após fecharem o debate da primeira questão, lancei a segunda pergunta questionadora que tratava de prevenção do câncer e sinais preliminares e os alunos da equipe colocaram alguns sinais preliminares que haviam lido e algumas formas de prevenção, inclusive chamaram muito a atenção para a alimentação que consumimos mostrando que esta é um fator de risco. Infelizmente alguns integrantes não utilizaram o LID e não se prepararam para a roda o que ficou por parte de alguns integrantes sem a participação adequada. Aqueles que leram e assistiram os vídeos estavam preparados e mesmo os mais tímidos conseguiram se expressar de alguma forma, já quem não se preparou não tinha argumentos para se posicionar e preferiram ficar calados pois desconheciam sobre a temática debatida.

Pedi então para alguns alunos do grupo de observação se manifestar e perguntarem ou ainda acrescentarem nas discussões das rodas. Alguns alunos

pediram para o grupo comentar mais em relação às causas provocadas pela hereditariedade e ambientais uma vez que uma aluna tem vários casos na sua família e ela estava querendo saber as reais possibilidades dela adquirir o câncer, mostrando envolvimento com o tema por se tratar de um assunto que está presente no cotidiano dos estudantes.

Ao final da primeira equipe solicitei para que os integrantes voltassem para o círculo maior e a segunda equipe ocupasse o círculo menor para iniciar a segunda roda.

Após a segunda equipe se posicionar foi feita a primeira questão norteadora que se tratava da relação das queimadas na Amazônia e o câncer, os alunos conversaram e uns procuraram explicar porque ocorrem tantas queimadas e qual o risco de desenvolver o câncer a partir das queimadas, pedi para que os alunos se aprofundassem sobre o tema, pois apenas poucos alunos se posicionaram, mas mesmo assim poucos alunos da equipe participaram, mostrando que não estavam preparados para o debate ou o tema tinha poucos elementos para se aprofundar.

Em seguida fiz a segunda pergunta norteadora que estava relacionada com as mudanças de atitudes para minimizar as queimadas, então alguns alunos se manifestaram dizendo que não tinha como o agricultor produzir sem que ocorram algumas queimadas, outros disseram que boa parte dessas queimadas são realizadas sem que haja um preparo necessário como aceiros em pastagens e roças e que a maioria dessas queimadas são criminosas, ou seja, é colocada fogo por pura maldade nas florestas ou em campos, sem se preocupar com as consequências destas e citou uma queimada descontrolada que ocorreu neste ano próximo as suas casas na Floresta Nacional do Tapajós. Indaguei se só os produtores rurais é que usavam as queimadas e alguns alunos responderam que não e novamente citaram as queimadas criminosas e sem responsabilidade de alguns fazendeiros, alguns alunos, principalmente filhos de agricultores, estavam preocupados com o tema do debate e se posicionaram a favor das queimadas no manejo da terra para a plantação, demonstrando que conheciam os problemas causados por estas, mas defendendo sua utilização.

Pedi para que o grupo de observação interviesse nas discussões e então somente uma aluna participou reafirmando a preocupação do uso das queimadas sem responsabilidade principalmente no período mais seco do ano, em que o risco de incêndio aumenta e comentou sobre uma queimada que ocorreu na fazenda do

vizinho do seu pai que invadiu a plantação de sua família. E o vizinho não estava muito preocupado com os danos que esta queimada poderia provocar para a fauna, flora e a saúde dos seres humanos. Indicando que muitos seres humanos não se preocupam com o mal que elas causam a terceiros, pensam apenas em si.

Encerrando a segunda equipe solicitei para que os integrantes retornassem para o círculo maior e os da terceira equipe ocupassem o círculo da roda. Após os alunos da terceira equipe ocuparem o semicírculo menor reafirmei a importância dos integrantes do grupo de observação participarem, anotando e interagindo quando solicitados.

Fiz então a primeira questão norteadora que relacionava com os riscos à saúde causados pelos agrotóxicos. Nesta equipe houve grande participação dos alunos e estes comentaram sobre a situação onde alguns colegas que moram em comunidades em que no entorno é realizada plantações agrícolas e que é normal os habitantes destas comunidades procurarem o hospital ou posto de saúde passando mal devido à intoxicação causada pelo veneno lançados nas plantações.

Outros integrantes comentaram sobre o mau uso dos agrotóxicos como o não uso de EPIs, o uso inadequado das roupas de proteção, o uso inadequado em quantidades diferentes da dose prescrita nas embalagens e etc. o professor então solicitou para que os integrantes reafirmassem se os sintomas sentidos pela população das comunidades afetadas e se posicionassem sobre o que dizem os profissionais da saúde e os fabricantes desses produtos.

Os alunos reafirmaram que os moradores de comunidades vizinhas passam mal estar em grande quantidade e o que justificam são os agrotóxicos lançados nas plantações, mostrando que de alguma maneira esses agrotóxicos fazem mal à saúde. E acrescentaram que de acordo com que leram os fabricantes afirmam que os agrotóxicos não causam mal à saúde quando utilizados de forma segura, mas afirmaram também que os profissionais da saúde, o Instituto Nacional do Câncer e muito outros sites, principalmente jornalísticos, afirmam que os agrotóxicos é sim um fator de risco muito grande de câncer nas populações que estão diretamente lidando com eles. Dessa discussão percebe que os alunos se envolveram com o tema e assistem matérias jornalísticas sobre ele, além de se manter uma posição a respeito do tema.

Fiz a segunda pergunta norteadora para a equipe que relacionava com argumentos possíveis para a diminuição e/ou extinção do uso de tais produtos.

Alguns integrantes da equipe se posicionaram que era para proibir a utilização desses produtos por que prejudicavam muito os seres humanos que era para a produção ser apenas orgânica, sem o uso de agrotóxicos. Outros integrantes do grupo de observação pediram para se posicionar e defenderam o uso dos agrotóxicos pois sem esse uso não poderia haver a produção em larga escala e se houvessem o produtor não teria lucro pois as pragas atacariam a produção e o agricultor não teria lucro. Outros componentes disseram que leram e assistiram na tv sobre a criação de “vespas” que são utilizadas em plantações para diminuir as pragas, o que o aluno anterior retrucou e disse que para a nossa região se tornaria inviável pelo preço e localização, que não compensaria economicamente. A maioria dos integrantes da equipe reafirmaram que os agrotóxicos podem sim provocar câncer e que não é uma exposição única que vai fazer a pessoa pegar, mas com o uso constante pelo contato direto e interagindo como o meio que utiliza de maneira constante tem um grande risco de adquirir essa doença. Observei que mesmo os que defendem o uso dos agrotóxicos sentem-se preocupados com a possibilidade desses causarem câncer e reafirmam o uso adequado de equipamentos para minimizar o contato com ele.

Encerrando a aula não deu tempo para a quarta equipe se apresentar, então ficou para próxima aula. Foi finalizada a aula lembrando aos alunos para consultarem o LID online ou off-line para se apropriarem de conteúdos referente a temática uma vez que discutiremos as unidades II e III na aula seguinte.

Observei que a maioria dos alunos participaram das discussões e que se tivessem um tempo maior para se apropriarem dos conteúdos e assuntos discutidos o grau de envolvimento teria sido maior. Mas fiquei muito feliz em ver alunos que são muito tímidos se envolvendo e participando das rodas, manifestando opinião própria e discutindo a respeito do tema.

Acredito que esta atividade sendo aplicada durante um bimestre, com tempo maior para desenvolvê-la e com a possibilidade de envolvimento dos professores de biologia e química terá um envolvimento maior e as discussões podem ainda melhorar de nível, ampliando o conhecimento dos estudantes e desenvolvendo nestes um senso crítico e poder de tomada de decisão frente as situações vivenciadas no dia a dia.

Apêndice I.4- Diário de campo do dia 10/08/2018

PROFESSOR RUBEM SILVANEY

Iniciamos o quinto momento da aplicação do LID no 3ºD do Ensino Médio no turno da tarde. Neste dia a atividade foi realizada no contra turno. Realizei a orientação inicial para a produção de painéis sobre a temática do câncer. Inicialmente comuniquei que devido a dificuldade e ausência dos membros da equipe 4, os remanescentes desta equipe iriam se redistribuir nas outras três equipes.

Logo em seguida expliquei que os painéis que as equipes iriam produzir deveriam ser fruto da criatividade dos estudantes e deveria englobar todas as unidades temáticas presente no LID, então foi disponibilizado pincéis, cola e tesouras, já havia pedido na aula anterior para que os alunos trouxessem figuras relacionados ao tema para ajudar na confecção dos painéis. Em seguida os alunos foram para os grupos e começaram a pensar como iriam organizar os painéis. Fiquei a disposição para tirar dúvidas dos alunos e aproveitei o momento para ampliar o conhecimento dos alunos referentes aos conteúdos científicos relacionados ao tema.

Neste momento esclareci sobre os efeitos da interação da radiação com a matéria (efeito fotoelétrico, efeito Compton e produção de pares), que não tinha dado tempo de discutir com maior profundidade nas aulas anteriores além de esclarecer algumas dúvidas sobre fissão e fusão nuclear presentes também no conteúdo do LID. Muito dos alunos trouxeram revistas e figuras relacionadas ao tema eu disponibilizei frases digitadas e outras figuras para os alunos, principalmente de aparelhos de tratamento do câncer.

Ao final da tarde os grupos entregaram os painéis para deixar guardado na coordenação. Apenas um grupo não finalizou o painel e ficou de terminar na casa de um componente da equipe. Houve várias discussões para produção dos painéis entre os estudantes e entre o professor e os estudantes foi um momento muito proveitoso para trocar ideias e para engrandecer o conhecimento dos estudantes. O professor aproveitou para lembrá-los de continuar a leitura do LID e estudar para apresentação dos painéis no próximo encontro.

Apêndice I.5- Diário de campo do dia 13/08/2018

PROFESSOR RUBEM SILVANEY

Iniciamos o sexto momento da aplicação do LID no 3ºD do Ensino Médio. Neste dia foi realizada a apresentação dos painéis sobre a temática do câncer. Inicialmente perguntei quantos tinha aberto o LID no final de semana e percebi que poucos alunos se preocuparam em retomar a leitura para melhorar os fundamentos e consistência dos conteúdos para a apresentação dos painéis.

Logo em seguida pedi para que os grupos pegassem os painéis e apresentassem para o restante das equipes como foi utilizada na confecção dos mesmos, a primeira equipe começou a apresentação mostrando seu painel e discutido que prepararam o painel pensando nos tipos de câncer, causas e prevenção, além dos conhecimentos físicos associados ao tema.

A equipe chamou atenção para a alimentação natural versus alimentação industrial e as formas de tratamento do câncer, além de fusão e fissão nuclear e o uso das radiações ionizantes no tratamento do câncer. Alguns alunos conseguiram perceber a importância do debate do tema e conseguiu expor opinião a respeito da temática, outros pelo fato de estarem acostumados a ficar passivos ao processo preferiram não interagir e não conseguiram avançar com o tema proposto.

Percebi que muitos alunos conseguiram se expressar bem quando se tratava dos tipos, causas e tratamento do câncer, mas quando foram explicar sobre o conhecimento físico presente na temática deixaram a desejar mostrando que no aprofundamento não conseguiram fazer muito essa relação.

A segunda equipe elaborou apenas um paralelo entre a prevenção e o tratamento, chamando atenção para as campanhas outubro rosa e novembro azul que estão relacionados com os dois tipos de câncer que mais atinge a população brasileira que é o câncer de mama e o de próstata, além do câncer de pulmão chamando atenção para as formas de tratamento.

Esta equipe apenas abordou esse paralelo e não fez menção aos conhecimentos físicos, mostrando que a maioria não conseguiu fazer essa relação, perguntei se eles enxergavam essa relação e estes responderam que sim mas não souberam expressar como ela ocorre.

A terceira equipe procurou retratar nos painéis um pouco de cada parte do LID, como os tipos de câncer, fatores possíveis de causas e prevenção, tecnologias relacionadas ao tratamento e conhecimento científico associado ao tema. Esta

equipe demonstrou um conhecimento mais sólido a respeito do tema e demonstrou que utilizaram o LID de maneira mais efetiva compreendendo as colocações mais gerais e se envolvendo com o tema proposto, demonstraram um pensamento crítico sobre o assunto e opinião própria a respeito da

temática. Alguns membros da equipe não conseguiram avançar nas discussões e não apresentaram elementos de compreensão entre a relação da temática, tecnologias associadas ao tratamento e seus conhecimentos físicos.

Aproveitando a finalização das apresentações dos painéis o professor fez uma retrospectiva das atividades desenvolvidas durante a aplicação do LID e pontuou alguns tópicos que achou necessário para ampliar e/ou consolidar os conhecimentos, chamando atenção para os conhecimentos físicos que foram poucos explorados na atividade.

Ao final o professor orientou sobre a produção do relato final da aplicação do LID que será produzida no próximo encontro, podendo já ser iniciado em casa.

Apêndice I.6- Diário de campo do dia 09/08/2018

PROFESSOR RUBEM SILVANEY

Iniciamos o quarto momento da aplicação do LID no 3ºD do Ensino Médio reforçando os objetivos da aplicação e lembrando que após o intervalo continuaríamos com a roda de conversa da equipe 4.

Iniciei as discussões das unidades II e III do LID, que tratavam da tecnologia associadas ao tratamento do câncer e o conhecimentos físicos presentes nessas tecnologias e como ponto de apoio haveria uma apresentação multimídia. Então comecei a expor os slides fazendo um histórico das tecnologias do tratamento do câncer e os conhecimentos científicos associados a temática. Comentei sobre a descoberta dos raios x e da radioatividade e as primeiras utilizações na medicina, os alunos participaram perguntando e tirando dúvidas, uma vez que o professor de química estava tratando do mesmo tema com eles.

Comentei sobre o uso das primeiras bombas de cobalto na década de 1930 e no uso dos primeiros aceleradores nucleares específicos no tratamento de algumas enfermidades, além de citar os avanços que os conhecimentos científicos proporcionaram no aperfeiçoamento de técnicas de obtenção de imagens e tratamentos como a tomografia computadorizada, tomografia por emissão de pósitrons e ressonância magnética nuclear, além de terapia com feixes de partículas e outras técnicas utilizadas no tratamento do câncer como a terapia convencional, a conformacional, a IMRT e a IGRT, explicando com alguns detalhes da diferença entre essas técnicas e como o avanço no conhecimento científico pode impactar na melhoria da precisão nos tratamento.

Pedi para que alunos participassem, manifestando opiniões e respondendo a indagações levantadas, além de participar acrescentando sobre algo que já havia lido. Apresentei a diferença entre radioterapia e hadronterapia e procurei explicar porque a hadronterapia não é utilizado no Brasil. Expliquei que os feixes de radiações utilizadas são ionizantes e, aproveitando o momento para citar e relembrar de outras radiações que convivemos diariamente e não são ionizantes, neste momento expliquei sobre os efeitos das radiações ionizantes e os perigos de se expor a elas, alguns alunos se manifestavam perguntando ou respondendo indagações.

comentei sobre a sequência de estruturas que estamos acostumados a ver e outras que não estamos acostumados a ver mas já foram estudadas em outras

disciplinas como biologia e química como sistemas, órgãos, tecidos, células, moléculas e átomo aproveitei para colocar um vídeo que intitulava do micro ao macro onde foi aumentando a distância em potência de base 10 para frente até chegar a 23ª potência e depois diminuindo até a 16ª potência, após este vídeo os alunos comentaram sobre o micro e o macro sobre o que eles não

conseguem ver por ser tão pequeno, mas que influencia na constituição do macro em que nós estamos acostumados a perceber. Os alunos ficaram impressionados com o vídeo pois conseguiram mensurar como somos pequenos comparados ao universo e como somos grandes comparado as partículas elementares.

Relembrei dos modelos atômicos principalmente o de Rutherford-Bohr muito debatido nas aulas de química, que os alunos consideram como o mais atual e o modelo quântico atual em que os alunos nunca ouviram falar, expliquei algumas situações referentes ao modelo e havia preparado uma simulação do PhET Colorado sobre os vários modelos atômicos para discutir com eles, como tivemos um contra tempo e o mesmo não conseguiu abrir, fiz os comentários a respeito sem mostrar o simulador.

Expliquei sobre as radiações de modo geral e a diferença entre as eletromagnéticas e as corpusculares e ainda a diferença das radiações ionizantes e não ionizantes, utilizando o espectro eletromagnético que alguns já haviam visto quando estudaram ondulatória no ano anterior. Expliquei principalmente sobre as radiações x e gama chamando atenção para que estas eram ionizantes além de explicar sobre as partículas alfa e beta.

Como o tempo havia encerrado apenas fizemos uma explicação superficial sobre as interações da radiação com a matéria, falando dos efeitos fotoelétrico, Compton e produção de pares. Neste momento encerrou-se a aula e os alunos foram para o intervalo.

Após o intervalo lembrei a turma que havia uma equipe da roda de conversa que ainda não havia debatido sobre o tema e consultando os integrantes da equipe percebi que apenas três alunos estavam presentes, o restante haviam faltado neste dia, então preferi proceder de maneira em que não somente os três participassem da roda mas todos os membros da turma. Então pedi para que todos os presentes colocassem as carteiras em círculo e iniciei a roda fazendo a primeira pergunta norteadora relacionada as causas e a prevenção do câncer no que se refere os

hábitos alimentares. Pedi para que primeiro os membros da equipe responsável falasse e depois os restantes dos alunos, somente um membro falou e comentou sobre os hábitos de comer comidas industrializadas, com corantes e conservantes, além de beber refrigerantes e comidas quase que prontas, mostrando que o aluno está atento as informações do LID ou de outros materiais relacionados a temática.

Outros alunos da turma falaram dentro desta mesma temática citando os macarrão instantâneos e outros alimentos pré-prontos vendidos em supermercados, pedi para comentarem sobre a divulgação de pesquisas que aparece no LID que não é somente os habitantes dos países desenvolvidos que estão sendo afetados por este mal, como em décadas anteriores, mais também países em desenvolvimento como é o caso do Brasil e este citaram

que essas comidas a alguns anos atrás não se encontrava nos supermercados e hoje é muito frequente encontrar e muita das vezes serem comprados pelos alunos pelo fato de ser mais rápido o seu preparo, uma aluna citou que evita comer esses alimentos porque sabe que faz mal a saúde.

Fiz então a segunda pergunta norteadora que estava relacionada com a influência da propaganda no consumo dos alimentos e os alunos comentaram que muitas vezes ao assistirem as propagandas dão água na boca e sentem vontade de provar os alimentos, alguns alunos dizem não se influenciam por tais propagandas. Questionei a turma sobre que outros hábitos podem ser seguidos para prevenir o câncer e estes citaram que a prática de atividades físicas é aconselhável para eliminar toxinas e evitar gorduras indesejáveis, obesidade e sedentarismo que podem contribuir para o aparecimento da doença. Os alunos se envolveram nas discussões e mostraram que a maioria dos alunos já tem alguma leitura sobre as possíveis causas do câncer o que ainda falta é eles relacioná-los com as tecnologias associadas ao tratamento e ao conhecimento físico.

No final da aula lembrei os alunos de continuarem lendo e utilizando o LID para melhor compreensão dos assuntos discutidos em sala de aula e para aprofundarem seus conhecimentos, citei que quem ainda não teve o contato direto com o material que procurasse interagir com o material pois neste tem recursos diversificados que estão relacionados com o assunto. E pedi para o próximo momento os alunos trouxessem figuras relacionados ao tema para ajudar na confecção dos painéis, encerrei a aula orientando para a produção do relato das rodas de conversa que deverá ser entregue no momento seguinte.

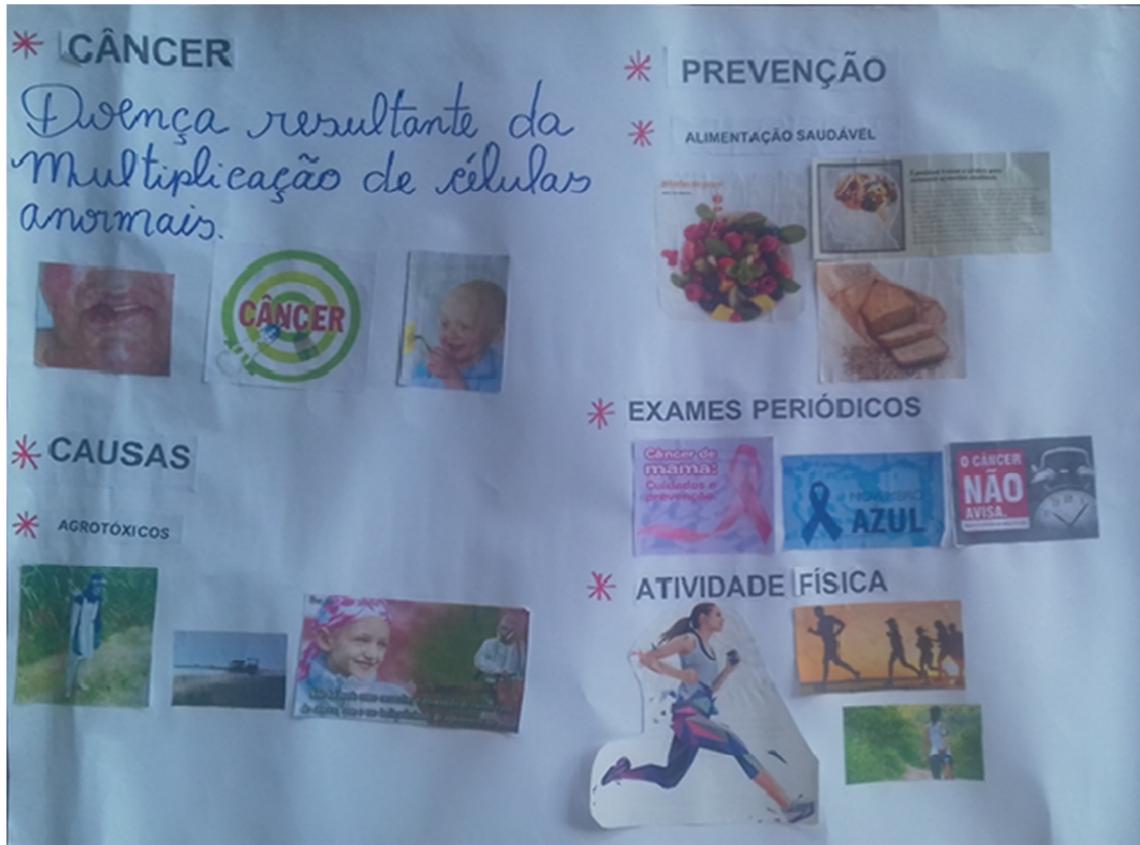
Apêndice I.7- Diário de campo do dia 14/08/2018

PROFESSOR RUBEM SILVANEY

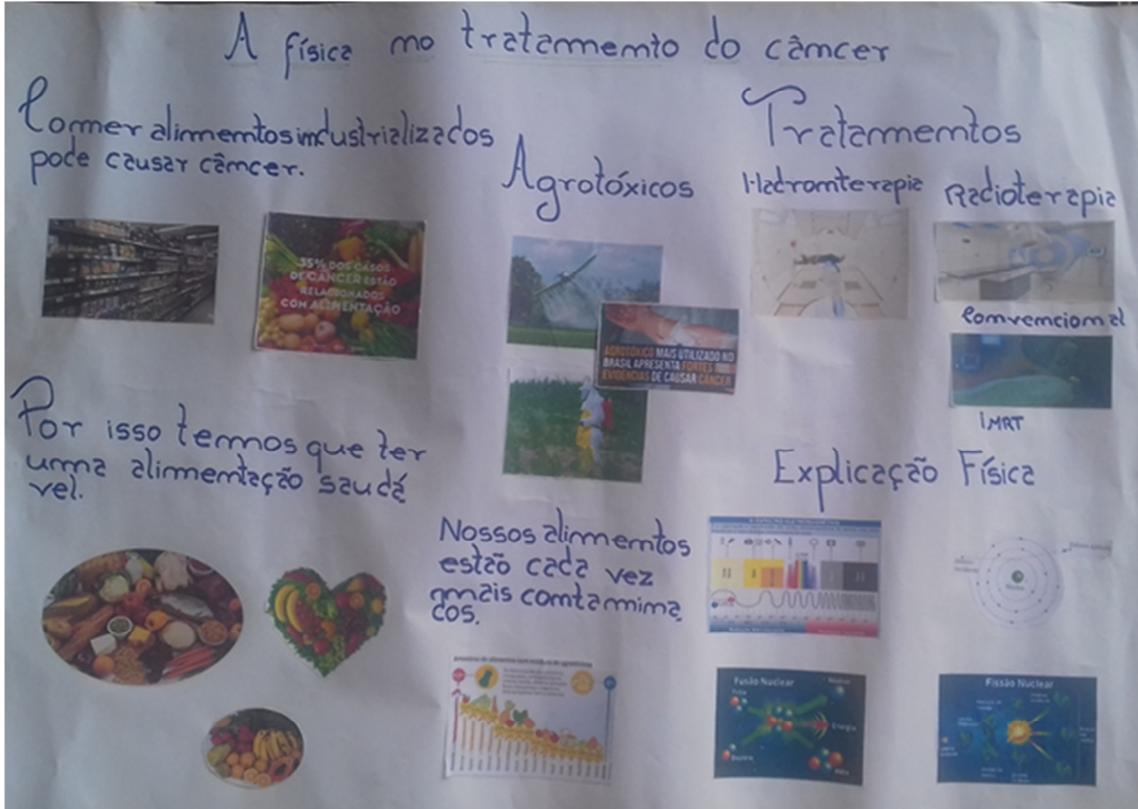
Este momento foi conduzido pela professora de Português II da turma, onde ela além de cobrar o relato como atividade de avaliação final da atividade, orientou estes a produzir e utilizou também em sua atividade de sala de aula, ela comentou que muitos alunos queriam apenas responder diretamente as questões propostas mas ela reafirmou que era para elaborar uma produção e nesta apareceriam as respostas das perguntas utilizadas para avaliar a atividade. Não participei deste momento diretamente mas por conversa com a professora os alunos desta turma tem muita dificuldade em escrever e se expressar.

ANEXOS

ANEXO 1- Painel do grupo 1



ANEXO 2 - Painel do grupo 2



ANEXO 3 - Painel do grupo 3

