

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E A
SAÚDE: UMA PROPOSTA ENVOLVENDO ENERGIA
NUCLEAR E RADIOATIVIDADE NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

NOÉ RICARDO TIMM

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E A SAÚDE: UMA
PROPOSTA ENVOLVENDO ENERGIA NUCLEAR E
RADIOATIVIDADE NA FORMAÇÃO INICIAL DE
PROFESSORES DE FÍSICA**

NOÉ RICARDO TIMM

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química de Vida e Saúde, Área de Concentração em Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de

Mestre em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

Orientadora: Prof.^a Dra. Inés Prieto Schmidt Sauerwein

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação
em Ciências: Química da Vida e Saúde**

A Comissão Organizadora, abaixo assinada,
aprova a dissertação de mestrado

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E A SAÚDE: UMA
PROPOSTA ENVOLVENDO ENERGIA NUCLEAR E
RADIOATIVIDADE NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES
DE FÍSICA**

elaborada por
Noé Ricardo Timm

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

COMISSÃO EXAMIDORA:

Inés Prieto Schmidt Sauerwein, Dra.
(Presidente/orientadora)

José Claudio Del Pino, Dr. (UFRGS)

Marlise Ladvocat Bartholomei Santos, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 23 de abril de 2012.

AGRADECIMENTOS

À professora Inés Prieto Schmidt Sauerwein, pela oportunidade, orientação e paciência.

A toda minha família, em especial, a Priscila e Letícia, pelo apoio, incentivo e paciência ao longo desta trajetória.

Ao amigo Saul, pela imensa ajuda ao longo destes dois anos.

Aos professores e colegas do grupo de estudos (MPEAC) pela convivência e contribuições neste período.

Aos professores do PPGECQV, pelas contribuições ao longo das disciplinas.

Às colegas Darla e Carla, que forneceram importantes contribuições no início do curso.

Aos professores Del Pino e Marlise pelas importantes observações a respeito do trabalho.

Aos colegas do HUSM, que de alguma maneira contribuíram para que eu conseguisse concluir este trabalho.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da
Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria
**Física Moderna e Contemporânea e a Saúde: uma proposta
envolvendo energia nuclear e radioatividade na formação inicial de
professores de física**

AUTOR: NOÉ RICARDO TIMM

ORIENTADORA: INÉS PRIETO SCHMIDT SAUERWEIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de abril de 2012.

A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) defendida por pesquisadores das áreas de Ensino de Ciências e de Ensino de Física está vinculada a uma preocupação com a formação inicial e continuada de professores. Neste trabalho, apresentam-se resultados de pesquisa, através de uma Disciplina Complementar de Graduação (DCG), na formação inicial de professores, visando à articulação dos conteúdos de FMC e o tema transversal Saúde nos planejamentos didáticos dos licenciandos em Física. A implementação desta disciplina ocorreu no 2º semestre de 2011, no curso de licenciatura em Física da UFSM. Para a elaboração desta DCG foi realizada uma investigação sobre o tema Energia Nuclear e Radioatividade (EN/Rad) nos principais periódicos e eventos da área de Ensino de Ciências e Ensino de Física, no período de 2005 a 2010. Os resultados desta investigação, que tiveram como foco as propostas de ensino para a sala de aula, apontaram um número reduzido de implementações. Também foi realizada uma análise das grades curriculares, dos cursos de licenciatura em Física das universidades federais do RS, em especial da UFSM, quanto à relação das disciplinas da grade que contemplassem os conteúdos conceituais e procedimentais sobre o tema EN/Rad. Na análise dos documentos foram utilizados os procedimentos de análise de conteúdo. Os resultados desta análise, sob a ótica das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de Física, apresentaram uma incompatibilidade temporal entre estas disciplinas de diferentes ênfases. Neste sentido, a DCG veio a contribuir na Formação Inicial para a elaboração de planejamentos didáticos, relacionando o tema EN/Rad e a Saúde, ao longo de atividades de discussão e de planejamentos didáticos, apontando como resultados os níveis de articulação entre estes dois temas. O principal resultado apresentado nos planejamentos foi a sequência e a relevância dada ao tema Saúde nestas relações, demonstrando que o tema Saúde é utilizado como uma ilustração, geralmente, ao final dos planejamentos, configurando-se como uma articulação frágil.

Palavras - chave: Formação Inicial. Física Moderna e Contemporânea. Energia Nuclear e Radioatividade. Tema Transversal Saúde. Planejamento Didático.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da
Vida e Saúde

Universidade Federal de Santa Maria

Modern and Contemporary Physics and Health: a proposal involving nuclear energy and radioactivity in the initial training of teachers of physics

AUTHOR: NOÉ RICARDO TIMM

ADVISER: INÉS PRIETO SCHMIDT SAUERWEIN

Defense Place and Date: Santa Maria, 23 de abril de 2012.

The insertion of Modern and Contemporary Physics (FMC) in High School (IN) supported by researchers from the School of Sciences and Physical Education is linked to a concern with the initial training and continuing education. In this paper, we present results of research through an undergraduate Supplementary Discipline (DCG), the initial training of teachers, aiming at achieving the contents of FMC Health and cross-cutting theme in the planning of teaching undergraduates in physics. The implementation of this discipline occurred in the 2nd half of 2011, the degree course in Physics UFSM. To produce this DCG was made a research on the topic Radioactivity and Nuclear Energy (EN / Rad) in major journals and conferences in the area of Science Education and Physical Education in the period 2005 to 2010. The results of this investigation, which have focused on the proposed training for the classroom, pointed a small number of implementations. We also carried out an analysis of the curriculum, the graduate courses in Physics at the federal universities of RS, especially UFSM, regarding the relationship of the disciplines of the grid that addressed the conceptual and procedural contents on the subject EN / Rad. In the analysis of documents were used content analysis procedures. The results of this analysis, from the perspective of National Curricular Guidelines (DCN) for courses in Physics, presented a temporal mismatch between these disciplines with differing emphasis. In this sense, the DCG has come to contribute to the Initial Training for the elaboration of didactic plans, relating the theme EN / Rad and Health, along activities for discussion and didactic plans, results pointing to the levels of coordination between these two themes. The main result was presented in planning the sequence and importance given to the Health theme in these relationships, demonstrating that the Health theme is used as an illustration, usually at the end of the planning, configuring itself as a weak link.

Keywords: Initial Training. Modern and Contemporary Physics. Radioactivity and Nuclear Energy. Transverse Theme Guided Health Planning.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRAPEC – Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.

CNE – Conselho Nacional da Educação.

DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais.

DCNEM – Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

EC – Ensino de Ciências.

EF – Ensino de Física.

EM – Ensino Médio.

EN/Rad – Energia Nuclear e Radioatividade.

ES – Ensino Superior.

FMC – Física Moderna e Contemporânea.

IENCI – Investigações em Ensino de Ciências.

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação.

MEC – Ministério da Educação e Cultura.

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais.

PCN⁺ - Orientações Complementares Educacionais aos PCN.

SBF – Sociedade Brasileira de Física.

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais.

UGRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

APRESENTAÇÃO	10
1. PANORAMA DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO DE FÍSICA	15
1.1. A Física Moderna e Contemporânea na Pesquisa em Ensino de Física. .	17
1.2. Energia Nuclear e Radioatividade nos Periódicos	21
1.2.1. Periódicos	22
1.2.2. Periódicos – visão em extensão	23
1.2.3. Considerações sobre os resultados quantitativos	27
1.2.4. Periódicos – visão em profundidade	28
1.2.5. Panorama sobre a análise dos periódicos	30
1.3. Energia Nuclear e Radioatividade nos eventos	31
1.3.1. Eventos – visão em extensão	31
1.3.2. Eventos – visão em profundidade	36
1.3.3. Descrições das Propostas de Ensino sobre EN/Rad	39
1.3.4. Panorama sobre os Resultados dos Eventos	41
2. FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA, O TEMA TRANSVERSAL SAÚDE E OS DOCUMENTOS OFICIAIS	44
2.1. Orientações Oficiais ao Ensino Médio	44
2.1.1. A Física Moderna e Contemporânea e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN ⁺)	46
2.2. Orientações Oficiais para a Formação Inicial de Professores de Física ..	48
2.2.1. O que dizem as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Física? 48	
2.3. A Física Moderna e Contemporânea na Formação Inicial de Professores de Física das Universidades Federais do Rio Grande do Sul	51
2.3.1. Grades Curriculares dos Cursos de Licenciatura em Física das Universidades Federais do Rio Grande do Sul – RS.	54
2.4. O Potencial do Tema Transversal Saúde no Ensino e Aprendizagem de Física Moderna e Contemporânea.	58
3. PROPOSTA DE DISCIPLINA COMPLEMENTAR DE GRADUAÇÃO.....	62
3.1. A Disciplina.....	62

3.2. Objetivos	63
3.3. Estrutura da Disciplina	63
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	66
4.1. Aspectos Metodológicos	66
4.2. Análise do Questionário Inicial	67
4.3. Análise da Tarefa 07	72
4.4. Análises da Tarefa Final.....	75
4.5. Discussão dos resultados das Tarefas	93
5. CONSIDERAÇÕES	95
REFERÊNCIAS.....	102
Apêndice A – Referências dos Artigos dos periódicos e eventos analisados.....	107
Apêndice B – Relação dos trabalhos analisados nos Eventos conforme seus códigos.	110
Apêndice C – Ementa da Disciplina Complementar de Graduação	112
Apêndice D – Questionário Inicial.....	115
Apêndice E – Questionário Específico para Levantamento de Dúvidas da Tarefa 07.....	117
Apêndice F – Planejamento Didático das Aulas 01 a 08.....	118
Apêndice G – Planejamento Didático (Aulas 9 a 13).....	124

APRESENTAÇÃO

A ideia do presente trabalho surge no curso de graduação, a partir de atividades realizadas na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física “D” do Curso de Licenciatura em Física da UFSM. Esta disciplina é ofertada para o sexto semestre no curso diurno, tendo por objetivo desenvolver a habilidade de elaborar planos de atividades didáticas sobre o conteúdo de Física do Ensino Médio (EM). A partir destas elaborações se originou a ideia de trabalhar com a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (EM).

A partir deste momento, o amadurecimento se deu ao decorrer de contatos com artigos e apresentações de seminários no grupo de estudos e pesquisas denominado MPEAC: Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências, desta universidade.

O projeto que culminou nesta dissertação insere-se na linha de pesquisa Educação Científica: Processos de Ensino e Aprendizagem na Escola, na Universidade e no Laboratório de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da UFSM. Nesta linha de pesquisa, são realizados estudos relativos ao campo da didática das ciências que envolvem investigação dos problemas do ensino e da aprendizagem das ciências.

Há um consenso entre os pesquisadores em Ensino de Ciências (EC) e Ensino de Física (EF) e os professores de Física do Ensino Médio sobre a necessidade de inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) nos currículos escolares do nível médio. No entanto, estas efetivas implementações em sala de aula têm ocorrido a passos lentos. Esta necessidade em trazer novas propostas de ensino (tanto em termos de conteúdos conceituais como procedimentos didático-metodológicos) para a sala baseia-se nas exigências criadas pela sociedade moderna. Esta sociedade, que cada vez mais amplia sua demanda por novas tecnologias, torna o cotidiano dos alunos um universo muito rico para a exploração e discussão, principalmente, quando envolvem temas de FMC relacionados a outras áreas do saber, muitas vezes, controversas cientificamente e socialmente.

Baseado na realidade do nível de escolaridade da população brasileira, a maioria dos jovens tem o EM, como último nível de acesso ao ensino formal. No

entanto, estes conhecimentos de FMC, ainda não são tradicionalmente contemplados neste nível de ensino. Fazendo-se necessário uma aprendizagem efetiva destes conceitos, principalmente, aqueles que alavancaram, ao longo dos últimos anos, diversas áreas como a agricultura, as engenharias, as indústrias, a medicina e conseqüentemente, melhorando a qualidade de vida das pessoas. Nesse sentido, a Energia Nuclear e Radioatividade (EN/Rad) é um bom exemplo.

Considerando que esta atualização e/ou reestruturação do Ensino de Física no Ensino Médio (EM) pode ser incorporada pelos resultados das pesquisas em EC/EF e, através da formação inicial de professores de Física, onde estas discussões estejam contempladas.

Logo, em consonância com os pressupostos estabelecidos pela linha de pesquisa, o presente estudo buscou contribuir na formação inicial de professores de Física através da elaboração, implementação e avaliação de uma Disciplina Complementar de Graduação¹ (DCG), que contemplou aspectos da legislação da educação dos níveis médio e superior, dimensões de um planejamento didático, unidades temáticas sobre o tema estruturador Matéria e Radiação, e em especial, as relações da EN/Rad com a Saúde.

Inicialmente, tratou-se de uma pesquisa documental (Severino, 2007) nos principais periódicos e eventos da área de Ensino de Ciências e de Ensino de Física, visando verificar em que medida e de que forma os trabalhos sobre o tema EN/Rad contemplam pesquisas em sala de aula. Do mesmo modo, ocorreu a investigação das grades curriculares dos cursos de licenciatura em Física das Universidades Federais do Rio Grande do Sul (RS).

Exposto este cenário elaborou-se uma DCG para a formação inicial de professores de física da UFSM, que contemplasse os seguintes aspectos:

Módulo 1 - Subsídios aos Planejamentos Didáticos.

- As competências, habilidades e vivências descritas nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Física;
- As competências e habilidades descritas pelas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do EM (PCN⁺);

¹ Nome da DCG: Radiações e suas Interfaces com a Saúde na Formação Inicial de Professores de Física.

- Dimensões de um Planejamento Didático.

Módulo 2 – Unidades Temáticas.

- Radiações e suas interações;
- Energia Nuclear e Radioatividade.

A partir destas considerações, estabeleceram-se como objetivos da pesquisa:

- Investigar nos principais periódicos e eventos da área de Ensino de Ciências quais os principais direcionamentos dos trabalhos sobre o tema Energia Nuclear e Radioatividade, que contemplam a pesquisa em sala de aula;
- Analisar a grade curricular dos cursos de licenciatura em Física das Universidades Federais do RS.
- Elaborar uma DCG articulando FMC e a Saúde, particularmente, a Energia Nuclear e Radioatividade.
- Implementar a DCG no curso de licenciatura em Física, da UFSM;
- Avaliar os resultados desta proposta.

Para isso, apresentam-se as seguintes questões de pesquisa que nortearam o procedimento metodológico na busca para atingir tais objetivos, a saber:

- Sob quais aspectos, ao redor do tema EN/Rad, a pesquisa em Ensino de Física pode contribuir para a formação inicial de professores de Física?
- Como estão relacionadas as disciplinas do curso de Física que contemplam conteúdos conceituais e procedimentais (conteúdos e práticas de ensino) sobre o tema EN/Rad?
- Existe, e em que nível ocorre a articulação entre os conhecimentos de FMC e a Saúde nos planejamentos didáticos elaborados pelos acadêmicos na DCG?

No capítulo 1 é apresentado um panorama da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física. Inicialmente, discutem-se as principais características da evolução do conhecimento da Física, a partir de 1900, procurando dar uma noção sintetizada dos principais problemas e contradições que levaram ao surgimento da Física Moderna e, conseqüentemente, da Física Contemporânea. Na próxima seção, é discutida a FMC na pesquisa em Ensino de Física, onde se realiza um apanhado geral sobre esta linha de pesquisa, apoiado nos seus principais pesquisadores, salientando as preocupações com a problemática de atualização curricular do Ensino de Física. Nas próximas seções, são realizados levantamentos dos principais periódicos e eventos da área de Ensino de Ciências e de Ensino de Física, no período de 2005 a 2010. Apresentou-se uma análise mais aprofundada sobre as propostas de ensino para a sala de aula, discutindo suas principais características de elaboração, implementação e avaliação destas propostas e aprendizagem dos alunos.

No capítulo 2, são apresentadas inicialmente as principais sugestões de mudanças no EM, pelas orientações oficiais (PCN+), os quais também contemplam os aspectos da FMC, através do tema estruturador 5 Matéria e Radiação, apontando como uma possível maneira de se organizar estes conhecimentos. Na sequência, são abordados as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Física, no sentido de conhecer as competências essenciais que os graduandos em Física devem desenvolver, bem como as habilidades gerais e vivências de atividades de ensino necessárias no processo formativo. Destaco as competências e habilidades que descrevem e fundamentam a necessidade de se buscar os conhecimentos científicos mais modernos e atuais. Também demonstro, através de uma investigação da grade curricular dos cursos de licenciaturas das universidades federais do RS, como estão relacionadas as disciplinas entre si do curso de Física da UFSM que contemplam conteúdos conceituais e procedimentais sobre o tema EN/Rad. A seguir, ainda indico o potencial de articulação que o tema transversal saúde dispõe em relacionar os conhecimentos de FMC, visto suas contribuições para grandes avanços nessa e em outras áreas.

No capítulo 3, descrevo a Disciplina Complementar de Graduação (DCG), intitulada como “Radiações e suas Interfaces com a Saúde na Formação Inicial de professores de Física”, apresentando o contexto da implementação, os objetivos, e uma síntese das atividades realizadas ao longo da disciplina.

No capítulo 4 são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa, seguido de análises e discussões dos planejamentos didáticos realizados pelos alunos de licenciatura nesta disciplina complementar de graduação.

Por fim, o capítulo 5 foi dedicado às considerações finais sobre o trabalho realizado e possíveis desdobramentos de pesquisa.

1. PANORAMA DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO DE FÍSICA

A evolução da sociedade traz consigo um rápido e crescente desenvolvimento tecnológico, que direta ou indiretamente chega até a escola, deparando-se aí, com os professores do Ensino Médio, que enfrentam limitações nas discussões destes conhecimentos modernos e contemporâneos, já que este currículo encontra-se engessado e limitado às teorias da Física Clássica.

Apesar dos inúmeros sucessos desta Física Clássica, que se compõe de teorias desenvolvidas até o final do século XIX, esta possui limitações nas explicações de certos fenômenos, como por exemplos, os espectros das radiações emitidas por um corpo quente, a invariância da velocidade da luz, e porquê os átomos são estáveis e os elétrons não caem no núcleo.

Por volta de 1900, Max Planck dedicava-se a um problema não resolvido pela Física do Século XIX, o da distribuição entre os diversos comprimentos de onda da energia térmica emitida por um corpo quente. Sob certas condições ideais, a energia distribuí-se de um modo característico. Max Planck demonstrou que este comportamento poderia ser explicado supondo que esta radiação eletromagnética fosse emitida pelo corpo em pacotes discretos, chamados de “quanta”. A razão deste comportamento ainda era desconhecida, no entanto era aceita sua explicação.

A partir de 1905 Albert Einstein estimula esta hipótese quântica explicando-a satisfatoriamente através do efeito fotoelétrico, que exige a adoção deste modo particular de considerar o raio luminoso como um bombardeio de partículas (posteriormente chamados de fótons). Colocava-se aí, em “confronto” com a teoria eletromagnética de Maxwell (ideia de propagação de ondas contínuas) já estabelecida há muitos anos e confirmada pelo experimento sobre a luz, de dupla-fenda de Thomas Young. No entanto, esta dualidade onda-partícula não se restringia à luz.

Outro aspecto que gerava muitos interesses entre os Físicos da época era a estrutura atômica. Rutherford apontava em seus experimentos que a estrutura de um átomo era do tipo planetário, ou seja, os elétrons (planetas) girando ao redor de seu núcleo (sol). Mas, este modelo também contrariava as leis do eletromagnetismo

de Maxwell, pois segundo esta lei, as partículas carregadas não poderiam girar ao redor do núcleo sem emitir radiação.

Em 1913 Niels Bohr propõe que os elementos atômicos eram quantizados, ou seja, possuíam energias discretas e não contínuas. Desta forma, os elétrons podiam ocupar estes estados estacionários (estáveis) com energia bem definidas. A razão destes elétrons se comportarem de modo descontínuo foi esclarecida com os trabalhos de Clinton Davisson e Louis de Broglie, onde apontam a ideia de que, dependendo do caso, os elétrons ou fótons podem se comportar como ondas ou partículas.

A partir das descobertas do século XX, os “quanta” e a teoria da relatividade reestruturaram ineditamente a Física. Apesar disso, a Física Clássica não perdeu seu significado, pois estas leis continuam válidas, porém limitadas a certos fenômenos. Por exemplo, apresenta excelentes resultados para corpos, com dimensões não microscópicas, que apresentam pequenas velocidades comparadas à velocidade da Luz.

Neste sentido, Terrazzan (1994) descreve a opção pelo desenvolvimento da Física no período escolar:

“Não se trata, é claro, de abandonar o estudo da física clássica, mesmo porque, em muitos momentos ela foi o suporte para o entendimento dos conceitos desenvolvidos na física moderna, a qual lhe sucedeu historicamente. Vale lembrar que princípios gerais de conservação – energia, quantidade de movimento e momento angular – continuam válidos mesmo na física contemporânea. E muitos momentos cruciais da ciência desenvolvida neste século, foi a firme crença na validade desses princípios que possibilitou a sugestão de soluções ou a formação de modelos”.

(TERRAZZAN, 1994, p.70)

Com isso, não se pretende desvalorizar ou diminuir o estudo da física clássica, mas sim, permitir que como estes, os conhecimentos de FMC também possam se estabelecer no currículo de ensino de física, da escola média.

1.1. A Física Moderna e Contemporânea na Pesquisa em Ensino de Física.

Desde início da década de 90, as pesquisas em Ensino de Física, no Brasil, vêm apontando fortemente a atualização curricular como uma das necessidades para um ensino mais atual, significativo e contextualizado. A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC²) no Ensino Médio (EM), que já se torna um consenso, pode contribuir para uma maior articulação entre o conhecimento científico e a realidade cotidiana destes estudantes.

A preocupação com esta atualização curricular vem sendo exposta por muitos pesquisadores na área de Ensino de Ciências e de Física (Terrazzan, 1992; Valadares e Moreira, 1998; Ostermann e Moreira, 2000; Machado e Nardi, 2003; Brockington e Pietrocola, 2004; Siqueira, 2006; Oliveira, 2006; Valente, 2009, e entre outros) que se dedicam a esta inserção no EM, através de ações, como por exemplos, levantamento de temas e propostas, pesquisa das concepções dos alunos e desenvolvimento de exemplares, módulos, estratégias e recursos didáticos.

Terrazzan (1992) já destacava a importância da escola contribuir para que os jovens pudessem compreender os fenômenos ligados ao seu cotidiano:

A tendência de atualizar-se o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo. (Terrazzan, p. 202, 1992)

Deste modo, os conteúdos relacionados à FMC podem fornecer importantes subsídios para que os estudantes atendam suas curiosidades e possam adquirir uma capacidade de intervir ativamente na sociedade moderna, com opiniões críticas e argumentações mais sólidas.

² Neste trabalho quando olhamos para a FCM, consideramos a mesma divisão adotada por Ostermann e Moreira (1998), A Física Moderna corresponde ao período que vai desde o final do século XIX até a segunda guerra mundial, e a Física Contemporânea inicia na década de 40 (após o início da segunda guerra mundial) e vai até os dias de hoje.

Ostermann e Moreira (2000), ao realizarem uma extensa revisão bibliográfica que envolveu a consulta de artigos em revistas, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e navegações pela INTERNET, que abordavam a questão da FMC no EM, apontaram algumas razões importantes para esta inserção:

- Despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a física como um empreendimento humano;
- Conhecer a física desenvolvida além de 1900;
- Visualizar as possíveis articulações do conhecimento científico e seu cotidiano, através de novos tópicos FMC.

Esta revisão também apontou que a maior concentração de trabalhos publicados apresenta temas de FMC em forma de divulgação, ou como bibliografia de consulta para professores do ensino médio, demonstrando uma necessidade de amadurecimento da linha de pesquisa “FMC no ensino médio”. Outro aspecto destacado pelos autores foi a existência de várias justificativas para a inserção de tópicos modernos, mas, no entanto, para colocar estas reflexões na prática da sala de aula, ainda constitui-se um desafio.

Levando em consideração os resultados da pesquisa citada acima, torna-se importante salientar que esta atualização curricular não pode estar desvinculada de uma preocupação com a formação inicial e continuada de professores, visto que os professores são os atores principais deste processo. Não basta incluir tópicos mais atuais, se os professores em exercício e os licenciandos não tiverem a oportunidade de vivenciar atividades de ensino de FMC. Rodrigues (2011), em sua pesquisa sobre a inserção da FMC no EM, aliada a tecnologia do GPS, destaca que:

[...] momentos de discussão e estudos sobre conteúdos de Física Moderna podem e, inclusive devem, ser contemplados na formação inicial, pois desta forma estará sendo proporcionado aos futuros professores possibilidades de obterem ferramentas para trabalhar conteúdos da atualidade no EM. (Rodrigues, p.136, 2011)

Neste sentido, em uma pesquisa realizada com professores, Oliveira; Vianna e Gerbassi (2007) afirmam que:

[...] Não basta introduzir novos assuntos que proporcionem análise e estudos de problemas mais atuais se não houver uma preparação adequada dos alunos das licenciaturas para esta mudança e se o profissional em exercício não tiver a oportunidade de se atualizar. Os professores precisam ser os atores principais no processo de mudança curricular, pois serão eles que as implementarão na sua prática pedagógica (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007, p. 448).

E com relação às necessidades formativas, Carvalho e Gil-Pérez (2006) apontam:

- *Ruptura com visões simplistas sobre o ensino de ciências;*
- *Conhecer a matéria a ser ensinada;*
- *Questionar as ideias docentes de “senso comum” sobre ensino e aprendizagem;*
- *Aquisição de conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das Ciências;*
- *Saber analisar criticamente o “ensino tradicional”;*
- *Saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva;*
- *Saber dirigir os trabalhos dos alunos;*
- *Saber avaliar e,*
- *Adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática.*

Segundo, Carvalho e Gil-Pérez (2006), estas são necessidades que devem fundamentar as bases de uma formação plena de professores de Ciências.

Nardi e Machado (2003), em pesquisa realizada com professores de física, atuantes em escolas públicas do sul do Brasil, sobre as dificuldades enfrentadas para a inserção de FMC no Ensino Médio, afirmam que os professores apresentaram dados evidentes, através de suas falas, que os processos formativos não foram necessário ou suficientes para uma reflexão em torno das necessidades de sala de aula.

Isto pode ser entendido quando se visualiza o cenário atual dos professores da escola básica, que em sua maioria, enfatizam muito a memorização de fatos e fórmulas, assim como a sua aplicação na resolução de exercícios de final de capítulo, em detrimento do desenvolvimento do pensar científico. No entanto, pode-se observar que eles não fazem isso por mero acaso, mas sim, por estarem reproduzindo as mesmas abordagens e métodos de Ensino de Física que vivenciaram ao longo de sua formação inicial.

Valente (2009), em sua pesquisa de mestrado visando como objetivo central a identificação das dificuldades da efetiva inserção da FMC no EM, investigou os possíveis caminhos para a sala de aula, indicando que os maiores obstáculos estão relacionados à formação inicial de professores, ou seja, as próprias lacunas e dificuldades existentes com o conhecimento de FMC. Ainda, também apontou a falta de propostas de ensino FMC para a sala de aula.

Em consonância com estes dados, Pereira e Ostermann (2009), em seu levantamento de artigos das principais revistas de ensino de ciências do Brasil e do exterior no período de 2001 a 2006, afirmam que, apesar do notável aumento relativo das publicações sobre o ensino de FMC, que apresentam resultados de pesquisa, a maioria dos artigos ainda se refere à bibliografia de consulta para professores. E finalizam que embora tenham encontrado um número considerável de estudos envolvendo propostas didáticas inovadoras, há poucos trabalhos que investigam os mecanismos envolvidos no processo de *construção de conhecimentos* relativo a temas de FMC em sala de aula.

Seguindo este caminho, antes de iniciarmos a elaboração e implementação da proposta desta pesquisa, envolvendo a Energia Nuclear e Radioatividade (EN/Rad), consideramos importante verificar quais os principais focos das recentes publicações, nos principais periódicos e eventos da área de Ensino de Ciências e de Ensino de Física, sobre este tema em específico.

A seguir são apresentados os resultados obtidos nos levantamentos dos periódicos realizados no período 2005 – 2010.

1.2. Energia Nuclear e Radioatividade nos Periódicos

Inicialmente realizou-se uma investigação nos principais periódicos da área de Ensino em Ciências, tendo como base a classificação QUALIS/CAPES, que mostra a importância que os referidos periódicos desempenham na comunicação/disseminação dos resultados das investigações da área 46 – Ensino de Ciências e Matemática. Tomou-se como critério para a seleção dos periódicos, os possuidores de QUALIS³ A11, A12, B1 ou B2 do ano base 2008, na área de educação.

Selecionados os periódicos, iniciou-se a pesquisa visando à análise do total de artigos publicados e, dentre estes, quais abordavam a Física Moderna e Contemporânea, mais particularmente, os conhecimentos relacionados à Energia Nuclear e Radioatividade (EN/Rad) como propostas para o currículo do Ensino Médio (EM) e do Ensino Superior (ES). A análise concentrou-se nos trabalhos publicados no período de 2005 – 2010.

Os procedimentos de análise dos trabalhos desta pesquisa nos periódicos, assim como nos eventos, estão baseados na análise de conteúdo de Bardin (1977). Estas investigações se fizeram a partir de uma pré-análise dos títulos e palavras-chave dos trabalhos relacionados à FMC, mais especificamente, os de Energia Nuclear e Radioatividade recorrendo-se, quando necessário, aos respectivos resumos ou mesmo aos trabalhos completos. Com esta pré-análise, obteve-se um caráter quantitativo dos trabalhos nos eventos. Em seguida realizou-se uma leitura preliminar de modo a agrupar os trabalhos com características comuns em conjuntos, para então analisar em profundidade os trabalhos completos do conjunto desejado (exploração do material), fornecendo assim elementos para indicar os principais aspectos, lacunas existentes e os direcionamentos das pesquisas acerca deste tema (tratamento dos resultados).

Com isso as análises dividiram-se em dois momentos, a saber:

³ “Qualis é uma lista de veículos utilizados para a divulgação da produção intelectual dos de pós-graduação stricto sensu (mestrado e doutorado), classificados quanto ao âmbito de circulação (Local, Nacional, Internacional) e à qualidade (A, B, C), por área de avaliação. A Capes utiliza o Qualis para fundamentar o processo de avaliação do Sistema Nacional de Pós-Graduação”. Disponível em <http://www.capes.gov.br/avaliacao/qualis>.

No primeiro momento foi dado um caráter quantitativo aos trabalhos encontrados e relacionados ao tema, sendo estes elencados em tabelas. Esta procura ocorreu nos endereços eletrônicos das revistas na INTERNET, onde, primeiramente, foram quantificados pelos respectivos títulos dos artigos, recorrendo-se, quando necessário, as palavras-chave e resumos.

No segundo momento, tendo os artigos já selecionados, realizou-se uma análise mais aprofundada, definindo e caracterizando a produção sobre a EN/Rad. de acordo com a natureza da pesquisa do artigo.

Neste sentido, traçaram-se em linhas gerais as principais características dos artigos, no que se refere às propostas destes conteúdos para a sala de aula do EM e ES.

Todos os periódicos consultados possuem seu acervo com livre acesso, através de seus endereços eletrônicos disponibilizados nas referências (apêndice A).

1.2.1. Periódicos

A investigação ocorreu nos principais periódicos da área de Ensino em Ciências: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Ciência & Educação, Alexandria - Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC), Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, (REEC).

A seguir, apresenta-se a classificação do Qualis/Capes dos periódicos selecionados.

CBEF	B1 (Nacional)
RBEF	B1 (Nacional)
Ciência e Educação	A11 (Internacional)
Investigações em Ciências	A12 (Internacional)
REEC	A12 (Internacional)
Alexandria	B2 (Nacional)
RBPEC	A12 (Nacional)
Ensaio	A12 (Nacional)

Quadro 1- Classificação Qualis/Capes dos periódicos, ano base 2008.

1.2.2. Periódicos – visão em extensão

Esta parte da investigação teve um caráter quantitativo, que tem por objetivo mostrar em números, o volume total de artigos publicados, o total de artigos sobre FMC e, mais especificamente, o total de artigos que tratam de Energia Nuclear e Radioatividade. Estes dados apresentados são precedidos de uma apresentação da natureza de cada periódico, onde se realizou um breve comentário sobre cada um.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física

O CBEF é uma publicação quadrimestral, arbitrada, indexada, de circulação nacional, voltado prioritariamente para os cursos de formação de professores de Física, tendo a função de promover disseminação efetiva e permanente de experiências entre professores e pesquisadores.

Tabela 1. Números de publicações no CBEF.

ANO	Geral	FMC	EN/Rad.
2005	20	04	0
2006	19	01	0
2007	19	03	0
2008	27	02	01
2009	30	01	0
2010	07	04	02
Total	122	15	03

Neste periódico os artigos sobre FMC quando comparados ao total geral representam, aproximadamente 12%. Outro aspecto a destacar foi as publicações sobre EN/Rad representarem cerca de 20% dos artigos de FMC.

Revista Ciência e Educação

Ciência & Educação é uma publicação do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Bauru. Está sendo publicada quadrimestralmente, e tem como missão publicar artigos científicos sobre resultados de pesquisas empíricas ou teóricas e ensaios originais sobre temas relacionados à Educação Científica. Entende-se por pesquisa em Educação Científica as investigações que gerem conhecimentos, por exemplo, sobre o ensino e a aprendizagem de Ciências, Física, Química, Biologia, Geociências, Educação Ambiental, Matemática e áreas afins.

Tabela 1.2 Número de publicações na Ciência e Educação.

ANO	Geral	FMC	EN/Rad.
2005	36	01	0
2006	24	0	0
2007	28	0	0
2008	39	01	0
2009	39	02	0
2010	15	02	01
Total	181	06	01

Este periódico contribuiu com apenas 01 artigo sobre EN/Rad, sendo este em 2010.

Revista Brasileira de Ensino em Física

A RBEF - é uma publicação da Sociedade Brasileira de Física (SBF) voltada à melhoria do ensino de Física em todos os níveis de escolarização. Através da publicação de artigos de alta qualidade, a revista busca promover e divulgar a Física e ciências correlatas, contribuindo para a educação científica da sociedade como um todo.

Neste periódico, revisamos um total de 401 trabalhos sendo 86 sobre FMC, no entanto, dentre estes não foram encontrados trabalhos sobre EN/Rad.

É importante destacar que no ano de 2005, esta revista dedicou um volume especial às publicações referentes aos trabalhos de Einstein, em comemoração ao centenário de suas publicações (1905). Neste ano as publicações sobre FMC representaram aproximadamente 30% do total da produção.

Revista de Educação em Ciências e Tecnologia

ALEXANDRIA é uma publicação do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC, cujo objetivo principal é a divulgação de trabalhos de pesquisa na área de ensino de ciências e matemática, que tenham como tema a educação socialmente contextualizada. São publicados três volumes por ano, geralmente, nos meses de maio, julho e novembro.

Este periódico teve suas edições a partir de 2008, com isso se obteve um total de 57 trabalhos, no entanto, nenhum sobre FMC e EN/Rad.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias

A REEC é uma revista científica quadrimestral, dedicada à inovação e investigação sobre o ensino e a aprendizagem das ciências experimentais nos diferentes níveis educativos. Tem como finalidade principal contribuir à melhoria educativa apresentando as inovações e as investigações feitas, no ensino das ciências, para a comunidade de professores e investigadores em didática das ciências experimentais.

Este periódico apresentou um total de 226 trabalhos publicados, sendo 06 sobre FMC e nenhum sobre EN/Rad.

Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências

A RBPEC é uma publicação da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e tem como objetivo disseminar resultados e reflexões advindos de investigações conduzidas na área de Educação em Ciências, com ética e eficiência, de forma a contribuir para a consolidação da área, para a formação de pesquisadores, e para a produção de conhecimentos em Educação em Ciências.

Esta revista publicou um total de 98 trabalhos, dos quais 02 são sobre FMC e, nenhum aborda a EN/Rad.

Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências

Ensaio - Pesquisa em educação em ciências é uma revista quadrimestral arbitrada, iniciativa de docentes que atuam no Centro de Ensino de Ciências e Matemática (Cecimig) e, também no Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação (FAE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O propósito desta revista é estimular os autores a transcender o local e o específico, a fim de produzir conhecimento.

Nesta revista obtivemos um total de 108 trabalhos, mas nenhum sobre FMC e EN/Rad.

Revista Investigações em Ensino de Ciências

IENCI é uma revista voltada exclusivamente para a pesquisa em ensino/aprendizagem de ciências (Física, Química, Biologia ou Ciências Naturais quando forem enfocadas de maneira integrada). A periodicidade é de três números por ano, em abril, agosto e dezembro. Sua edição é somente on-line. O apoio é do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Neste periódico consultamos um total de 117 trabalhos, sendo 08 sobre FMC e, nenhum sobre EN/Rad.

1.2.3. Considerações sobre os resultados quantitativos

Este levantamento de dados resultou em um total de 1310 artigos nos principais periódicos da área de ensino em ciências, no período de 2005 - 2010. Um

total de 123 artigos de FMC e, apenas, 04 artigos sobre EN/Rad. Estes trabalhos investigados abrangem os dois níveis de ensino Médio e Superior.

Destes trabalhos publicados três (03) pertencem ao CBEF (2008 e 2010), e um (01) a Revista Ciência e Educação (2010).

Vale destacar que o total de artigos relacionados à EN/Rad, quando comparados ao total de artigos de FMC chegam a aproximadamente 3,2%. Porém, quando comparados ao total geral, esta relação se aproxima de 0,3%, o que demonstra a pequena produção dedicada ao tema, nestes periódicos.

1.2.4. Periódicos – visão em profundidade

A partir da leitura em profundidade de cada um dos quatro (04) trabalhos sobre EN/Rad, agrupou-se conforme suas principais características comuns entre si. Estes conjuntos tiveram por objetivo identificar a natureza da pesquisa realizada nestes trabalhos, visando às propostas implementadas em sala de aula. Elaborou-se uma classificação identificando dois conjuntos, onde são destacados os principais aspectos encontrados nos trabalhos.

Logo, os artigos foram classificados nos conjuntos a seguir:

1- Formação Inicial de Professores - trabalhos que relatam episódios de ensino e aprendizagem de licenciandos, e apresentando concomitantemente os resultados das pesquisas na área de Ensino em Ciências. Neste conjunto se apresentaram dois (02) artigos:

Artigo 01- *Discursos de Licenciandos em Física sobre a Questão Nuclear no Ensino Médio: foco na Abordagem Histórica*. (Sorpreso e Almeida, 2010) analisa os discursos de dois licenciandos ao elaborarem um episódio de ensino com foco na abordagem histórica do tema questão nuclear. Procurou apresentar aspectos que auxiliassem a compreender tanto a importância quanto as possibilidades e os limites dessa abordagem para a formação de professores. Esta pesquisa traz consigo, como principais aspectos, a intenção de que os estudantes compreendam as dificuldades e os obstáculos que foram superados na produção das teorias científicas; permitir o entendimento do processo de construção da ciência, refletindo

sobre sua natureza; superar a ideia de uma ciência construída por meios de descobertas de verdades inquestionáveis e apresentar que o desenvolvimento da ciência se dá por meio de acumulação, continuidade ou rupturas de paradigmas, relacionado com contextos sociais, culturais, filosóficos e tecnológicos.

Artigo 02 - *Aspectos do imaginário de licenciandos em física numa situação envolvendo a resolução de problemas e a questão nuclear.* (Sorpreso e Almeida, 2008) apresenta aspectos do imaginário dos licenciandos em física, onde destacam a inconsistência da associação da abordagem de resolução de problemas com a física nuclear, tendo como principal obstáculo as relações matemáticas a serem desenvolvidas no Ensino Médio. Outro fator a destacar na elaboração do planejamento visando este tipo de abordagem foi a falta de trabalhos na pesquisa em resolução de problemas que tratassem da física nuclear.

2- Propostas de Ensino - este grupo tem como principal característica as estruturações de um planejamento didático, como módulos didáticos, estratégias didáticas, através de diversos recursos disponíveis, como por exemplo, os textos originais de cientistas, os textos de divulgação científica. Neste conjunto, encontraram-se dois (02) artigos:

Artigo 01 - *Fenomenologia Nuclear: uma proposta conceitual para o Ensino Médio.* (Souza e Dantas, 2010) traz sugestões de temas alternativos de física nuclear para serem abordados em um nível conceitual no ensino médio, onde o foco principal reside na importância histórica e tecnológica de tais fenômenos na sociedade. Estes autores dizem que os alunos do EM não teriam dificuldades em abordar estes conteúdos, já que tiveram como pré-requisitos as disciplinas de química e os tópicos relacionados ao Eletromagnetismo, Relatividade Restrita e Mecânica Quântica. Neste sentido, os autores elaboram uma estrutura conceitual para se trabalhar no EM, no entanto esta proposta não foi implementada em sala de aula.

Artigo 02 - *As Conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino.* (Cordeiro e Peduzzi, 2010) discute a possibilidade da utilização didática das Conferências Nobel em sala de aula e também as implicações educacionais motivacionais, epistemológicas e conceituais deste uso. As conferências propostas foram a do casal Pierre e Marie Curie, que tratam da radioatividade. No sentido epistemológico, fez-se dialogar as conferências com as

categorias de visões deformadas do trabalho científico mapeadas por Gil-Pérez et al (2001), no aspecto conceitual tratou-se da conservação de energia e das teorias atômicas associando as conferências a trabalhos de Kragh (1994, 2001) e Martins (2003).

1.2.5. Panorama sobre a análise dos periódicos

Os resultados desta pesquisa nos principais periódicos indica a escassez de propostas de ensino sobre EN/Rad para a sala de aula, tanto para o EM como para o ES. Nesta investigação, apresentaram-se apenas quatro (04) artigos que tratavam da EN/Rad, em meio à produção de 1310 artigos publicados neste período (2005-2010). Destes artigos, conforme o nível escolar abrangido na construção dos dados das pesquisas, três (03) foram classificados, como de nível superior e apenas um (01), como de nível médio. Quanto a configurações como propostas de ensino, identificaram-se dois (02) artigos, no entanto nenhum deles com implementações em sala de aula. Com relação ao nível de ensino abrangido pelas propostas de ensino, obteve-se uma proposta para cada nível Médio e Superior.

Vale destacar que as duas pesquisas caracterizadas como Formação Inicial de Professores foram realizadas pelos mesmos autores, em uma disciplina curricular de um curso de licenciatura da UNICAMP.

Isso nos indica que até o momento, os resultados das pesquisas em Ensino de Ciências e Ensino de Física, vêm influenciando de forma lenta as práticas docentes, nos dois níveis de ensino, Médio e Superior.

Este quadro se contrapõe com a importância deste tema no contexto de uma sociedade moderna, onde há um constante crescimento na demanda por questões científicas, tecnológicas e sociais mais atuais.

1.3. Energia Nuclear e Radioatividade nos eventos

Os eventos da área de Ensino de Ciências são importantes espaços destinados para a divulgação de resultados de pesquisa em Ensino de Física e das experiências da prática docente.

Tendo isso em vista, a pesquisa em Ensino de Física vem frequentemente realizando investigações de caráter bibliográfico nestes eventos, podendo-se destacar, por exemplo, *As tendências das pesquisas sobre a FMC apresentadas nos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC* (Monteiro e Nardi, 2007); *A revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “FMC no ensino médio”* (Ostermann e Moreira, 2000); *Uma investigação da produção acadêmica na área de ensino em ciências sobre Energia Nuclear e Radioatividade* (Timm e Sauerwein, 2011), entre outras.

Este tipo de pesquisa vem crescendo e colaborando para evidenciar algumas lacunas existentes na área investigada e, conseqüentemente, indicando os direcionamentos que podem ser seguidos pelos pesquisadores.

Neste sentido, um estudo sobre a natureza da produção acadêmica de propostas de ensino para a sala de aula em EN/Rad foi realizado em três eventos tópicos da área de Ensino de Ciências.

1.3.1. Eventos – visão em extensão

Os eventos investigados foram os seguintes: o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF). É apresentada uma breve descrição dos eventos selecionados e um panorama em termos de quantidade de produção nas últimas 04 edições de cada um. A ordem desta apresentação é feita em função do critério histórico de antiguidade do evento.

Simpósio Nacional de Ensino de Física

O SNEF é um evento bianual promovido pela Sociedade Brasileira de Ensino de Física (SBF), desde 1970 e, têm congregado alunos e professores dos diversos níveis de ensino, interessados em debater questões relacionadas ao ensino e aprendizagem de Física, às pesquisas realizadas no campo de investigação do ensino de Física e à formação de profissionais para atuarem nesse campo, quer como docentes ou como pesquisadores. Os simpósios⁴ analisados foram os últimos quatro realizados (2005/RJ; 2007/MA; 2009/ES e 2011/AM).

Nesta etapa da análise obteve-se uma visão em extensão do total geral de trabalhos neste evento, do total de trabalhos sobre FMC e sua distribuição conforme os conteúdos/tópicos abordados. A seguir apresentam-se as tabelas:

Tabela 1.3: Quantitativo de trabalhos nos SNEF.

SNEF	Total de trabalhos	Total de FMC	Relação entre o Total de FMC e o Total de trabalhos (%)
2005	1361	21	1,0
2007	298	25	8,5
2009	419	35	8,5
2010	308	34	11,0
Total	2386	115	5,0

Evidencia-se neste evento um crescimento ao longo dos últimos anos dos trabalhos de FMC, mesmo havendo uma diminuição significativa do total geral de trabalhos publicados.

⁴ O SNEF de 2005 foi realizado na cidade de Rio de Janeiro/RJ, o de 2007 na cidade de São Luís/MA, o de 2009 em Vitória/ES e, o de 2011 em Manaus/AM.

Tabela 1.4: Conteúdo abordado pelos trabalhos de FMC nos SNEF.

SNEF	Quântica	Relatividade	Supercond.	EN/Rad.	Partículas	Radiação⁵	Geral⁶	TOTAL
2005	3	1	1	3	4	3	6	21
2007	7	4	2	1	1	4	6	25
2009	7	3	2	3	3	8	9	35
2011	9	2	-	1	3	6	13	34
TOTAL	26	10	5	8	11	21	34	115

A tabela 1.4 relacionou o conteúdo dos trabalhos com o respectivo ano do evento e permitiu-nos conhecer quais tópicos de FMC estão tendo maiores e menores volumes de publicações.

Pode-se destacar o contraste do volume de trabalhos de Mecânica Quântica quando comparados ao total de trabalhos apresentados neste simpósio, chegando a uma participação de 32%, excluindo-se os de caráter geral.

Do total de 115 trabalhos de FMC, apenas 08 são relacionados à EN/Rad, que representa, excluindo-se os de caráter geral, uma contribuição de 10% do total de trabalhos.

Encontro de Pesquisa em Ensino de Física

O EPEF é uma reunião tópica da Sociedade Brasileira de Física (SBF), que se realiza a cada dois anos desde 1986. É um espaço por excelência para a divulgação de resultados de pesquisa, para a discussão de suas aplicações e o debate de enfoques teórico/metodológicos. Geralmente, neste evento ocorrem apresentações através de comunicações orais e pôsteres (ambos dispõem de

⁵ O tópico “radiação” inclui todo conteúdo de radiações do espectro eletromagnético, exceto as radiações provindas do núcleo atômico.

⁶ No tópico caracterizado como “Geral” englobam-se os trabalhos que tratavam mais de um tópico de FMC, ou que discutem a inserção de conteúdos no processo de formação de professores.

trabalho completo). A pesquisa se limitou aos últimos quatro eventos⁷ realizados (2004/MG; 2006/PR; 2008/PR e; 2010/SP), exceto o Encontro de Física de 2011, que teve um caráter diferenciado, já que se realizou juntamente com outras áreas da física e, em ano ímpar.

A seguir demonstra-se o volume de trabalhos de FMC no EPEF, de acordo com o ano de publicação.

Tabela 1.5: Quantitativo de trabalhos nos EPEF.

EPEF	Total de trabalhos	Total de FMC	Relação entre o Total de FMC e o Total de trabalhos (%)
2004	132	8	6,0
2006	109	8	7,5
2008	169	9	5,0
2010	149	11	7,5
Total	559	36	6,5

Ao longo dos EPEF não houve grandes discrepâncias quanto à relação de trabalhos de FMC e o total geral de trabalhos por evento, mantendo-se um percentual próximo à média geral.

Tabela 1.6: Conteúdo abordado pelos trabalhos de FMC nos EPEF.

EPEF	Quântica	Relatividade	Supercond.	EN/Rad.	Partículas	Radiação	Geral*	TOTAL
2004	3	1	-	-	2	1	1	8
2006	2	1	-	-	1	1	3	8
2008	1	-	-	1	1	2	4	9
2010	3	1	1	-	-	-	6	11
TOTAL	9	3	1	1	4	4	14	36

⁷ O EPEF de 2004 foi realizado na cidade de Jaboticatubas/MG, o de 2006 em Londrina/PR, o de 2008 em Curitiba/PR e o de 2010 em Águas de Lindóia/SP.

Novamente, o t3pico de Mec4nica Qu4ntica destacou-se com rela33o aos outros, obtendo 41%, enquanto EN/Rad teve a participa33o de 4,5%. O 3nico trabalho apresentado de EN/Rad no EPEF foi no ano de 2008.

Encontro Nacional de Pesquisa em Educa33o em Ci4ncias – ENPEC

O ENPEC 3 um evento promovido pela Associa33o Brasileira de Pesquisa em Educa33o em Ci4ncias (ABRAPEC) fundada em 29 de novembro de 1997 como uma sociedade civil, de car4ter cient3fico e educacional, sem fins lucrativos e sem filia33o pol3tico-partid4ria. Este evento tem frequ4ncia bianual. Os eventos ⁸ pesquisados foram os dos anos 2003 e 2005 que aconteceram no estado de S4o Paulo e os de 2007 e 2009 no estado de Santa Catarina.

Nos ENPEC as apresenta33es de trabalhos geralmente s4o de duas formas: Comunica33es Orais e P3steres. Nesta an4lise n4o se diferenciou quanto ao tipo de apresenta33o, j4 que exigem desde o ano 2005 trabalhos completos independente da forma de apresenta33o.

Tabela 1.7: Quantitativos de trabalhos nos ENPEC.

ENPEC	Total de trabalhos	Total de FMC	Rela33o entre o Total de FMC e o Total de trabalhos (%)
2003	451	9	2,0
2005	739	11	1,5
2007	669	6	1,0
2009	533	7	1,5
Total	2392	33	1,5

Observa-se que o quantitativo de trabalhos de FMC 3 baixo comparado ao total das publica33es. Uma poss3vel explica33o para isso nos ENPEC pode ser a participa33o de outras sub4reas como a Qu3mica, Biologia e Geologia.

⁸ Os ENPEC de 2003 e 2005 aconteceram na cidade de Bauru/SP e os de 2007 e 2009 em Florian3polis/SC.

Tabela 1.8: Análise do conteúdo abordado pelos trabalhos de FMC nos ENPEC.

ENPEC	Quântica	Relatividade	Supercond.	EN/Rad.	Partículas	Radiação	Geral*	TOTAL
2003	3	1	-	-	1	-	4	9
2005	1	3	-	-	-	2	5	11
2007	1	-	-	-	1	1	3	6
2009	1		-	3	-	-	3	7
TOTAL	6	4	0	3	2	3	15	33

Todos os 03 trabalhos de EN/Rad concentraram-se no ano de 2009, enquanto, a Mecânica Quântica esteve presente em todos os anos (Tabela 1.8).

Comparando os eventos de Ensino de Física, o EPEF é o que apresenta uma maior contribuição em percentual de trabalhos de FMC, mesmo o SNEF tendo um número absoluto significativamente maior de trabalhos. Quando se refere a trabalhos que tratam especificamente de EN/Rad, o SNEF contribui com o maior número de trabalhos, 08 ao total, enquanto o ENPEC com 03 e o EPEF com apenas 01.

1.3.2. Eventos – visão em profundidade

A partir desta etapa da investigação, a análise dos trabalhos completos nos permitiu ter uma visão aprofundada, onde se conseguiu destacar os principais aspectos em comuns, agrupando-os em conjuntos relacionados conforme a sua natureza. Destes conjuntos criados, deu-se um olhar mais atento aos trabalhos que abordavam *propostas de ensino*. Estes tornam-se fundamentais quando se fala de inserção de FMC no Ensino Médio, ou seja, de uma atualização/reestruturação curricular. Estas propostas quando implementadas em sala de aula articulam a teoria e a prática, demonstrando mais fidedignamente seu processo de ensino-aprendizagem em desenvolvimento, bem como as adversidades enfrentadas e os possíveis resultados que podem ser esperados.

No quadro 1.2, apresentam-se os eventos e o total de trabalhos sobre EN/Rad., que são o foco desta análise. Cada trabalho recebeu um código, identificado com o respectivo título, autor e evento, em lista no Apêndice B.

Evento	Códigos	Total Parcial
EPEF	T1	1
ENPEC	T2; T3; T4	3
SNEF	T5; T6; T7; T8; T9; T10; T11; T12	8
Total Geral		12

Quadro 1.2: Trabalhos de EN/Rad conforme os eventos.

No quadro 1.2 se pode verificar que a maior concentração de trabalhos sobre EN/Rad se deu nos SNEF.

A partir desta amostra de 12 trabalhos foram criados os conjuntos, que tiveram por objetivo identificar a natureza que os trabalhos dedicaram ao tema:

- 1) *Subsídios*: trabalhos que tem por finalidade subsidiar os alunos e professores em suas discussões em sala de aula, nos futuros planejamentos didáticos, através de softwares, estratégias de ensino, análise de materiais didáticos (livros, trabalhos nos eventos, artigos em periódicos), elaboração de recursos paradidáticos, divulgações de resultados das pesquisas na área de ensino em ciências e, investigações sobre o tema EN/Rad junto aos alunos e professores do EM.

- 2) *Formação inicial de professores*: trabalhos que tratam sobre a formação inicial, tendo como foco o relato de episódios de ensino e aprendizagem de licenciandos, e apresentando concomitantemente os resultados das pesquisas na área de ensino em ciências.

- 3) *Formação inicial de pesquisadores em Física*: trabalhos que propõem atividades de pesquisa em física aplicada direcionada a futuros pesquisadores (bacharéis).
- 4) *Propostas de Ensino*: estruturações de planejamento didático, como módulos didáticos, atividades experimentais, objetos de aprendizagem e recursos instrucionais de aplicabilidade direta em sala de aula, além de estratégias didáticas através de novas tecnologias, aparelhos eletrônicos e recursos computacionais (softwares, simulações, jogos).

Abaixo, o quadro 1.3 ilustra a distribuição dos trabalhos de EN/Rad. conforme seu evento e conjunto pertencente. Pode-se verificar que o número de propostas de ensino de EN/Rad. foi reduzido (03), no entanto apareceu em todos os eventos, mesmo naqueles onde o número de trabalhos é muito pequeno.

Eventos Conjuntos	EPEF	ENPEC	SNEF	TOTAL
Subsídios	T5; T6; T9; T10	T3; T4		04
F.I. Professores	T8; T11			02
F.I. Pesquisadores em Física	T7			01
Propostas de Ensino	T1	T2	T12	03
TOTAL	08	03	01	12

Quadro 1.3: Distribuição dos trabalhos de EN/Rad. conforme seu evento e conjunto.

Nesta pesquisa, a maior parte dos trabalhos investigados (06), têm por natureza subsidiar os professores do Ensino Médio.

O 4º conjunto, *propostas de ensino*, apresentou três (03) trabalhos, um em cada evento analisado. Este conjunto foi escolhido, pois seus trabalhos apresentaram e discutiram sugestões de atualização curricular com ênfase em algumas das fases do processo – elaboração, implementação e avaliação. Tomou-se o desenvolvimento destas fases como fundamental para que se estabeleça uma reestruturação curricular, objetivando o caráter de continuidade no currículo escolar.

As três propostas de ensino são analisadas, onde se procurou descrever os principais aspectos de sua elaboração, implementação e avaliação, bem como outros relatos dos autores que influenciaram nestas etapas.

1.3.3. Descrições das Propostas de Ensino sobre EN/Rad

T1, apresentado no EPEF em 2008, inicialmente realiza uma análise de como os conteúdos de Física Nuclear (FN) estão inseridos nos livros didáticos (LD) de Física do Ensino Médio, na perspectiva de identificar os procedimentos implícitos na construção do “saber a ser ensinado” (Chevallard, 1998). Os autores também verificam a maneira pela qual são contemplados aspectos científicos, tecnológicos e sociais nos LD, e ainda, propõem uma proposta alternativa de seleção e organização de conteúdos da FN, abordando os aspectos CTS. A partir dos resultados da análise dos LD apontaram que os principais aspectos que os livros se propõem a contemplar são os aspectos científicos, de caráter informativo e com poucas discussões conceituais. Neste sentido, sinalizam a necessidade de discutir novas formas de seleção e organização de conteúdos da FN, permitindo um maior aprofundamento do tema. Na sequência, os autores sugerem uma proposta de ensino, utilizando-se de uma matriz, na qual se apresentam as colunas com três eixos (aspectos CTS) como objetivos desejados, e nas linhas os diferentes tópicos da FN. Esta estrutura procura explicitar que o “ponto de partida” pode ser qualquer um dos aspectos CTS, desfazendo a característica tradicional dos LD, que tomam como “ponto de partida” os aspectos científicos, e os tecnológicos e sociais como sendo decorrência dos mesmos. Com relação à *elaboração* da proposta, revelam que foi construída e aprimorada ao longo do oferecimento de diversos cursos de formação continuada para professores do Ensino Médio, no entanto, não

apresentam nenhuma descrição da *implementação* e da **avaliação** desta proposta junto a qualquer nível de ensino. Este trabalho (T1) dá uma grande contribuição no sentido de trazer alternativas de seleção e organização curricular, tendo como essencial em sua proposta, que os temas tecnológicos, sociais ou ambientais passem a “exigir” os aspectos científicos da FN correspondentes, alterando a lógica que perpetua nos LD.

Em T2, os autores discutem uma proposta de ensino com o tema radioatividade, utilizando-se da divulgação científica fundamentada na teoria de David Ausubel (1960), em forma de livro e posteriores estratégias para a sua exploração. A obra foi publicada em agosto de 2010, por uma editora nacional. Segundo os autores, na *elaboração* da proposta levaram-se em consideração dois principais aspectos a grande repercussão que havia se estabelecido sobre o tema na mídia brasileira e internacional e a falta de informação da maioria da população a cerca do tema. A proposta (livro) utilizou-se dos princípios aplicáveis na apresentação e na organização sequencial de um campo de conhecimento, segundo Ausubel, estes chamados de: *diferenciação progressiva, reconciliação integradora, organização sequencial e consolidação*. Também empregou uma estratégia de modo a criar condições para que se estabeleça a aprendizagem significativa (pontes cognitivas) conhecido pelo que Ausubel chama de organizadores prévios. Nesta proposta do tema radioatividade, os autores descrevem sucintamente como cada princípio é trabalhado no livro, destinando maior atenção à discussão de como a teoria orientou a sua obra. Quanto a sua *implementação*, os autores falam que está acontecendo com um curso de formação inicial e continuada de professores, de 32hs/aula, oferecido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IF-SC). A *avaliação* tanto da aprendizagem dos alunos, quanto da obra, ficou comprometida, pois a proposta ainda estava sendo implementada.

O T12 apresenta um objeto de aprendizagem desenvolvido na forma de hipertexto que, através de uma abordagem histórica, numa perspectiva construtivista, propicia compreender como o avanço das descobertas no campo da radioatividade determinou a reformulação dos modelos atômicos. A *elaboração* deste material caracteriza-se pela integração das áreas de Física e Química (radioatividade e modelos atômicos), pois, normalmente, os modelos atômicos são objetos de estudo da Química, enquanto a radioatividade das disciplinas de Física. Este hipertexto destina-se, inicialmente, a ser utilizado no desenvolvimento de uma

disciplina de Radioquímica do curso de Licenciatura em Química e em cursos de Formação Continuada da UFRGS. Os autores orientam que este material também pode ser utilizado no Ensino Médio. A *implementação* se deu nos semestres 2008/1, 2008/2 e 2009/1, na disciplina de Radioquímica de caráter obrigatório, na graduação em Química. Um fator importante nesta proposta é que o aluno que constrói o caminho conforme seu interesse, não tem uma sequência predeterminada, porém as questões propostas exigem que ele percorra todo o material. O hipertexto é disponibilizado em um endereço da internet. A *avalição* do objeto foi desenvolvida segundo fichas de softwares educativos, onde o foco da análise visa aspectos técnicos e pedagógicos do material. Foram respondidas vinte e seis perguntas sobre a percepção a respeito da navegação e da utilização do conteúdo do hipertexto. Segundo os autores, a avaliação indicou que o software pode conduzir o estudante a uma aprendizagem mais significativa. No entanto, não se percebeu uma avaliação da aprendizagem dos alunos envolvidos no processo, talvez por não ser o foco deste trabalho.

1.3.4. Panorama sobre os Resultados dos Eventos

Como podemos constatar nas análises quantitativas desta investigação, o número de trabalhos de FMC vem obtendo um crescimento ao longo dos anos nos eventos, com exceção do ENPEC que apresentou oscilações com um ápice em 2005. Esse crescimento pode caracterizar um amadurecimento da linha de pesquisa “FMC no Ensino Médio”, apontado por Ostermann e Moreira (2000). Outro aspecto importante nesta investigação foi o grande número de propostas do tópico de mecânica quântica, 37%, quando comparado ao total de trabalhos de todos os assuntos, ao longo de todos os eventos, excluindo-se os trabalhos de caráter geral. Quando se restringe a análise ao tópico de EN/Rad. o volume fica reduzido a 12 trabalhos em todos os eventos, representando aproximadamente 11% em relação a todos os outros tópicos.

A maioria dos trabalhos teve como finalidade fornecer subsídios ao professor do Ensino Médio. Quanto ao conjunto de *Propostas de Ensino*, foco desta análise, somaram-se apenas três trabalhos, onde foram apontados aspectos relevantes

quanto às etapas admitidas, por nós, como essenciais (elaboração, implementação e avaliação) para que a proposta chegue e permaneça nas salas de aula.

Logo, acredito que, ao estar cumprindo estas etapas, a proposta de ensino poderá ter maiores condições de articulações entre a teoria e prática, contribuindo assim, em maior grau, para uma reestruturação do currículo de Física do EM.

Sobre as propostas analisadas, T1 oferece uma grande contribuição para seleção e organização de conteúdos de FN, ao propor uma matriz relacionando através de linhas e colunas, os aspectos CTS e os tópicos da FN, onde o professor pode adotar o caminho que achar necessário. Este modo de seleção “quebra” com a lógica adotada tradicionalmente nos LD, onde os aspectos científicos são o “ponto de partida” e os aspectos tecnológicos e sociais vem em decorrência do primeiro. Apesar desta proposta, oferecer esta ferramenta de seleção e organização dos conteúdos, “sentiu-se” falta de sua implementação em sala de aula e, conseqüentemente, sua avaliação.

Em T2 foi apresentado um objeto de aprendizagem desenvolvido na forma de hipertexto, e elaborado em uma perspectiva construtivista, procurando integrar as áreas de Física e Química através dos temas radioatividade e os modelos atômicos, que estão fortemente ligados em sua evolução histórica e descobertas.

Em T12, os autores propõem uma proposta de ensino em forma de livro, onde se utilizam da divulgação científica, fundamentada na teoria de Ausubel, para uma aprendizagem significativa do tema radioatividade. Esta obra segundo os autores estava sendo implementada em um curso de FI e FC de professores no IF-SC. Neste não houve maiores detalhes sobre a implementação e avaliações futuras.

Vale ressaltar, que nestes três trabalhos selecionados como propostas de ensino se pode observar que, quando houve as intervenções em sala de aula, foram realizados somente no Ensino Superior. No T12, os autores salientam que também poderia ser utilizado no EM.

Um aspecto interessante nestas propostas de ensino é o caráter dado ao caminho a ser seguido durante o estudo do tema, melhor explicando, durante o processo de ensino-aprendizagem, onde em nenhuma das propostas analisadas os autores estabelecem apenas um ponto de partida, ou caminho rígido a ser traçado para alcançar os objetivos educacionais.

Vislumbra-se que aos poucos as orientações oficiais (PCN⁺) estão sendo incorporadas a estas propostas, podendo-se citar algumas características

evidenciadas nos trabalhos, por exemplos, o software educativo em T12, que tem como principal aspecto a *interdisciplinaridade* (Física e Química); a obra (livro) em T2, que leva em consideração os conhecimentos já adquiridos pelos estudantes (ideias âncoras) buscando constituir um material potencialmente significativo e *contextualizado*; a proposta de uma matriz em T1, que sugere a seleção e organização de conteúdo, onde se pode utilizar, de acordo com as *competências* pretendidas a ser desenvolvidas nos estudantes.

Considera-se que, mesmo que estes termos destacados ainda não estejam sendo bem compreendidos, principalmente pelos professores do Ensino Médio (Ricardo, 2002; Ricardo e Zylbersztajn, 2007), eles já estão sendo trabalhados pelas propostas analisadas, talvez nem todos no mesmo trabalho, mas visualiza-se sua incorporação nas propostas de ensino analisadas, demonstrando que isso pode ser uma questão de amadurecimento da área.

Por outro lado, um fator constatado como limitante nestes trabalhos foi a falta de clareza quanto às descrições de suas implementações e avaliações das propostas, como da aprendizagem dos estudantes no decorrer destes processos.

2. FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA, O TEMA TRANSVERSAL SAÚDE E OS DOCUMENTOS OFICIAIS

2.1. Orientações Oficiais ao Ensino Médio

Mesmo decorrido mais de uma década da promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/96), da elaboração das Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM/98) e dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN/99) e suas orientações educacionais complementares (PCN⁺/2002), as pesquisas apontam que ainda não houve mudanças significativas na escola e que estes documentos ainda são poucos compreendidos pelos professores do Ensino Médio e também poucos discutidos no processo de formação inicial (Ricardo, 2002; Ricardo e Zylbersztajn, 2007).

Estes documentos expõem a intenção de que a escola utilize os conhecimentos científicos como ferramentas para a compreensão do mundo ao invés de um conteúdo descontextualizado e distante da realidade do aluno, já que muitos destes jovens apenas terão contato com esta disciplina, neste nível de ensino. Neste sentido, os PCN⁺ (2002) do Ensino Médio sugerem critérios para que a ação pedagógica deixe de ser baseada somente em “O que ensinar de física?”, e sim buscar uma integração com uma nova pergunta: “Para que ensinar física?”.

Enfatizando a ação docente apenas sob a ótica de “O que ensinar?” o professor corre o risco de apresentar algo abstrato e distante da realidade do aluno, o que quase sempre caracteriza uma preparação para a etapa posterior (ensino propedêutico). No entanto, quando a ação docente se baliza em “Para que ensinar?” e em “O que ensinar?” supõe-se que o docente esteja preparando o aluno para lidar com situações problemáticas reais, ou seja, preocupa-se em atribuir ao conhecimento um significado no momento em que ocorre este aprendizado. Essa integração destas indagações (O que? e Para que? ensinar física) ajuda a estabelecer critérios de seleção e organização de conteúdos de física, de modo que se contemple uma formação mais geral (cidadã).

Por exemplo, quando o professor tem objetivo de desenvolver a habilidade, *de reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física*, associada à grande competência *Representação e Comunicação*, pode-se utilizar para alcançar este objetivo os conteúdos contemplados dentro da Unidade Temática, Energia Nuclear e Radioatividade: Grandezas e Unidades utilizadas em Radioproteção e Medidas de Proteção Radiológica. A integração das questões norteadoras da ação pedagógica, “Para quê?” e “O quê ensinar?”, que respectivamente são as competências/habilidades e os conteúdos abordados, irão dar condições aos alunos de identificarem a presença, a grandeza e as medidas de proteção relacionadas às radiações ionizantes utilizadas, como por exemplos, em exames de Raios – X, em um tratamento de radioterapia, ou até mesmo, como se proteger em caso de um acidente envolvendo radiações ionizantes.

Assim, esta orientação dos PCN⁺ implica uma substituição⁹ da *preocupação central com os conteúdos* por *uma identificação das competências* (grifo nosso) que se pretendem desenvolver nos alunos em seu processo de escolarização média. No entanto, a maioria dos professores tem a dificuldade de compreender a noção de competências e, conseqüentemente, de entrar em consonância com os PCN e PCN⁺ na sua implementação em sala de aula.

A pesquisa realizada por Ricardo e Zylbersztajn (2008), onde entrevistaram os elaboradores dos PCN e PCN⁺, revela que a opção pela abordagem das competências e habilidades não ocorreu por iniciativa dos autores dos Parâmetros, nem mesmo baseado em discussões de teorias vistas anteriormente, mas sim por entenderem que este discurso representava em linhas gerais a necessidade de colocar em discussão, não só “o que ensinar”, mas também “como fazê-lo”, ou seja, reorientar, ampliar os objetivos educacionais para além de disciplinas restritas. Logo, o problema central passa a ser a identificação das competências desejadas em física, que irão depender de vários fatores, como o perfil da escola, do projeto pedagógico e da realidade local.

Uma possível forma de estruturação e organização do desenvolvimento das competências, habilidades, valores e atitudes apontados pelos PCN⁺ são via estudo

⁹ Esta substituição significa uma nova função dos conteúdos científicos, não se quer e nem se defende, uma supressão dos conteúdos.

dos seis temas estruturadores, nos quais os professores poderão selecionar e organizar os conteúdos da Física.

2.1.1. A Física Moderna e Contemporânea e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN⁺).

Os PCN⁺ trazem uma sugestão de como selecionar os conteúdos que desenvolvam as habilidades, competências, conhecimentos e valores desejados em Física, através da criação dos temas de trabalhos, onde, na medida em que articulam os conhecimentos e as competências, tornam-se elementos estruturadores da ação pedagógica, ou seja, temas estruturadores.

Os PCN⁺ apresentam seis temas estruturadores que englobam os conteúdos conceituais de física voltados para esse nível de escolaridade, listados a seguir:

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. (PCN⁺, 2002, p.71).

Com relação à proposta de inserção da FMC no EM vale destacar uma passagem do texto dos PCN⁺:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. (PCN⁺, 2002, p. 70).

Dentre estes seis temas estruturadores nos PCN⁺, o tema 5 trata de *Matéria e radiação*, onde indica como ser capaz de organizar o ensino de física moderna no desenvolvimento das competências e habilidades, de modo que:

Introduzir esses assuntos no Ensino Médio significa promover nos jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias e etc.), acompanhar a discussão sobre problemas relacionados à utilização da Energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática. (MEC/SEMTEC, 2002, p.77.).

Neste sentido os PCN⁺ orientam a inserção de FMC como uma exigência, que cada vez mais se amplia, criada pela sociedade moderna, frente ao uso de novas tecnologias e o surgimento de discussões ao redor de temas que envolvam conceitos da FMC, muitas vezes, controversos cientificamente e socialmente.

A seguir apresenta-se o tema 5 – Matéria e Radiação e suas unidades temáticas conforme consta neste documento:

Unidades Temáticas

1. Matéria e suas propriedades
2. Radiações e suas interações
- 3. Energia nuclear e radioatividade.**
4. Eletrônica e informática. (PCN+, 2002, p.71, grifo nosso).

A unidade temática 3 Energia Nuclear e Radioatividade (EN/Rad) grifada foi objeto de estudo durante esta dissertação na qual foi elaborada, implementada e avaliada uma DCG no Curso de Física da UFSM que articula estes conhecimentos com o tema transversal Saúde.

2.2. Orientações Oficiais para a Formação Inicial de Professores de Física

A legislação atual para os cursos de física orienta que a graduação em física independente da área de atuação deve se apoiar em conhecimentos sólidos e atualizados, ou seja, promover a capacidade de abordar e tratar problemas tradicionais e novos, ser capaz de buscar novas formas do saber e do fazer científico e tecnológico. Também aponta que se deve procurar manter sempre presente um espírito investigativo em suas atividades de trabalho, embora com diferentes formas e objetivos. Este é o perfil geral da formação em física (MEC/CNE/CES/DCN, 2001).

2.2.1. O que dizem as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Física?

As DCN para os cursos de física expõem qualificações profissionais básicas para qualquer formando em física, independente de sua área de atuação, bacharelado ou licenciado. No entanto, elas definem o perfil dos formandos nestes campos de atuação, citando, aqui neste caso, a licenciatura:

Físico – educador: dedica-se preferencialmente à formação e à disseminação do saber científico em diferentes instâncias sociais, seja através da atuação no ensino escolar formal, seja através de novas formas de educação científica, como vídeos, “software”, ou outros meios de comunicação. Não se aterá ao perfil da atual Licenciatura em Física, que está orientada para o ensino médio formal. (MEC/CNE/CES/DCN, 2001, p.3, grifo nosso).

Segundo as DCN, a formação de Físico nas Instituições de Ensino Superior deve levar em consideração tanto as perspectivas tradicionais da atuação desta profissão como também as rápidas transformações da sociedade moderna, onde surgem novas funções sociais e campos de atuação. Neste sentido, este documento

expõe as *competências essenciais* que estes graduandos devem desenvolver na sua formação:

1. Dominar princípios gerais e fundamentos da Física, estando familiarizado com suas áreas clássicas e modernas;
2. Descrever e explicar fenômenos naturais, processos e equipamentos tecnológicos em termos de conceitos, teorias e princípios físicos gerais;
3. Diagnosticar, formular e encaminhar a solução de problemas físicos, experimentais ou teóricos, práticos ou abstratos, fazendo uso dos instrumentos laboratoriais ou matemáticos apropriados;
4. Manter atualizada sua cultura científica geral e sua cultura técnica profissional específica;
5. Desenvolver uma ética de atuação profissional e a conseqüente responsabilidade social, compreendendo a Ciência como conhecimento histórico, desenvolvido em diferentes contextos sócio-políticos, culturais e econômicos. (MEC/CNE/CES/DCN, 2001, p.4).

O desenvolvimento destas competências está associado à aquisição de determinadas habilidades, também básicas, e outras mais específicas para cada área de atuação, conforme os diferentes perfis desejados. Nestas DCN apresentam-se as *habilidades gerais*, que devem ser adquiridas na formação de Físico independente da área de atuação:

1. Utilizar a matemática como uma linguagem para a expressão dos fenômenos naturais;
2. Resolver problemas experimentais, desde seu reconhecimento e a realização de medições, até à análise de resultados;
3. Propor, elaborar e utilizar modelos físicos, reconhecendo seus domínios de validade;
4. Concentrar esforços e persistir na busca de soluções para problemas de solução elaborada e demorada;
5. Utilizar a linguagem científica na expressão de conceitos físicos, na descrição de procedimentos de trabalhos científicos e na divulgação de seus resultados;
6. Utilizar os diversos recursos da informática, dispondo de noções de linguagem computacional;
7. Conhecer e absorver novas técnicas, métodos ou uso de instrumentos, seja em medições, seja em análise de dados (teóricos ou experimentais);
8. Reconhecer as relações do desenvolvimento da Física com outras áreas do saber, tecnologias e instâncias sociais, especialmente contemporâneas;
9. Apresentar resultados científicos em distintas formas de expressão, tais como relatórios, trabalhos para publicação, seminários e palestras. (MEC/CNE/CES/DCN, 2001, p.4).

Para o caso da licenciatura as DCN apontam duas habilidades específicas que devem ser contempladas na formação inicial, além de outras definidas pelas instituições de ensino:

1. O planejamento e o desenvolvimento de diferentes experiências didáticas em Física, reconhecendo os elementos relevantes às estratégias adequadas;
2. A elaboração ou adaptação de materiais didáticos de diferentes naturezas, identificando seus objetivos formativos, de aprendizagem e educacionais; (MEC/CNE/CES/DCN, 2001, p.5)

Outro aspecto importante que as diretrizes indicam é a série de vivências que prescinde a graduação em Física, vivências essenciais gerais, listadas a seguir:

1. Ter realizado experimentos em laboratórios;
2. Ter tido experiência com o uso de equipamento de informática;
3. Ter feito pesquisas bibliográficas, sabendo identificar e localizar fontes de informação relevantes;
4. Ter entrado em contato com idéias e conceitos fundamentais da Física e das Ciências, através da leitura de textos básicos;
5. Ter tido a oportunidade de sistematizar seus conhecimentos e seus resultados em um dado assunto através de, pelo menos, a elaboração de um artigo, comunicação ou monografia;
6. No caso da Licenciatura, ter também participado da elaboração e desenvolvimento de atividades de ensino. (MEC/CNE/CES/DCN, 2001, p.5).

Tendo como base a inserção da FMC no EM, sugerida pelos PCN, alguns trechos das competências e habilidades foram grifados, pois a meu ver, são bases essenciais que os licenciandos devem desenvolver ao longo de sua formação, no sentido de se tornarem competentes frente à estruturação e organização do currículo do Ensino de Física, principalmente, quando nos referimos a conhecimentos modernos e contemporâneos.

Competências essenciais:

1. Dominar princípios gerais e fundamentos da Física, estando familiarizado com suas áreas clássicas e **modernas** (grifo nosso);
4. Manter **atualizada** sua **cultura científica geral** e sua **cultura técnica profissional específica** (grifo nosso);
5. Desenvolver uma ética de atuação profissional e a conseqüente responsabilidade social, **compreendendo a Ciência como conhecimento**

histórico, desenvolvido em diferentes contextos sócio-políticos, culturais e econômicos (grifo nosso). (MEC/CNE/DCN, 2001, p.04)

Habilidades gerais:

8. Reconhecer as relações do desenvolvimento da Física com outras áreas do saber, tecnologias e instâncias sociais, **especialmente contemporâneas** (grifo nosso). (MEC/CNE/DCN, 2001, p.04)

As competências ¹⁰ 1, 4 e 5 foram selecionadas, pois descrevem e fundamentam a necessidade de se buscar os conhecimentos científicos mais modernos e atuais. Juntamente a estes aspectos inovadores de sua prática profissional, compreensões onde demonstram que a Ciência é um conhecimento histórico desenvolvido em diferentes contextos, econômicos, sociopolíticos e culturais.

A habilidade de nº 8 foi destacada, devido sua importância como requisito facilitador na articulação dos conhecimentos da FMC com outras áreas do saber.

O desenvolvimento destas competências, habilidades e a série de vivências que prescindem a formação podem ser resumidos por esta citação:

Ninguém facilita o desenvolvimento daquilo que não teve oportunidade de desenvolver em si mesmo. Ninguém promove a aprendizagem de conteúdos que não domina nem a constituição de significados que não possui ou a autonomia que não teve oportunidade de construir. (Guiomar Namó de Mello, p.102, 2000,).

Logo, para que estas necessidades formativas sejam contempladas é imprescindível proporcionar as mais variadas experiências possíveis de atividades de ensino e aprendizagem aos alunos em formação, requisitos básicos para se adquirir autonomia na profissão.

2.3. A Física Moderna e Contemporânea na Formação Inicial de Professores de Física das Universidades Federais do Rio Grande do Sul

Atualmente, há muitas justificativas para uma atualização do currículo de Física do Ensino Médio (EM), como também um consenso entre os pesquisadores

¹⁰ Estas competências e habilidades destacadas foram objeto de investigação na aula 01 sobre as DCN.

em Ensino de Física e professores do Ensino Médio da necessidade da inserção de tópicos de FMC neste currículo. No entanto, estes ainda não chegaram a um consenso entre quais tópicos devem ser trabalhados no EM. Neste sentido, Ostermann e Moreira (1998) realizaram um estudo através do método Delphi com a finalidade de elaborar uma lista consensual necessária para a atualização deste currículo no Ensino Médio (EM):

[...] efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, **radioatividade**, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, **fissão e fusão nuclear**, origem do universo, raios X, metais e isolantes semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas. (Ostermann e Moreira, 2000, p.43, grifo nosso¹¹).

Já os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN⁺) do EM sugerem o tema estruturador 5 – *Matéria e Radiação* como de grande potencial para organizar as competências relacionadas aos aspectos da FMC. As unidades temáticas e seus desdobramentos são apresentadas abaixo:

1. Matéria e suas propriedades

- Utilizar os modelos atômicos propostos para a constituição da matéria para explicar diferentes propriedades dos materiais (térmicas, elétricas, magnéticas etc.).
- Relacionar os modelos de organização dos átomos e moléculas na constituição da matéria às características macroscópicas observáveis em cristais, cristais líquidos, polímeros, novos materiais etc.
- Compreender a constituição e organização da matéria viva e suas especificidades, relacionando-as aos modelos físicos estudados.

2. Radiações e suas interações

- Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de microondas, tomografia etc.).
- Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias.
- Avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não-ionizantes em situações do cotidiano.

¹¹ As palavras grifadas pertencem à unidade temática 3- Energia Nuclear e Radioatividade, pertencente ao tema estruturador 5- Matéria e Radiação.

3. Energia nuclear e radioatividade

- *Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos.*
- *Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina.*
- *Avaliar os efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes.*

4. Eletrônica e informática

- Identificar a presença de componentes eletrônicos, como semicondutores, e suas propriedades nos equipamentos contemporâneos.
- Identificar elementos básicos da microeletrônica para compreender o processamento de informação (processadores, microcomputadores etc.), redes de informática e sistemas de automação.
- Acompanhar e avaliar o impacto social e econômico da automação e informatização na vida contemporânea. (PCN+, 2002, p.77-78, *grifo nosso*).

Tendo em vista esta atualização curricular da Física no Ensino Médio (EM), que por consequência será a tarefa dos licenciandos, futuros professores, principais atores neste processo, surge assim, uma necessidade de se investigar se os cursos de Física estão contemplando estes conteúdos de FMC na formação inicial de professores de física. Para isso, realizou-se uma análise de busca nas grades curriculares dos cursos de Física Licenciatura de todas¹² as Universidades Federais do Rio Grande do Sul. Esta pesquisa foi realizada através da internet, nos sites dos cursos de física destas universidades, onde se procurou demonstrar quais disciplinas, segundo suas grades curriculares e os conteúdos de seus programas, podem contribuir no processo formativo dos licenciandos, de modo que estabeleçam vivências de atividades de ensino e aprendizagem, envolvendo os conceitos de FMC, principalmente, os de EN/Rad (grifados na citação anterior), com vistas a sua efetiva inserção no EM. A investigação foi limitada e se deu somente sobre as disciplinas de caráter obrigatório da grade de licenciatura em física.

Para esta análise, levaram-se em conta o tema 5 – Matéria e Radiação e suas unidades temáticas, que contemplam quase todos os tópicos listados pelo trabalho de revisão de Ostermann e Moreira (1998). Com isso, selecionaram-se apenas as

¹² Todas que possuem o curso de licenciatura em física. A exceção da FURG, devido à página do curso não estar disponível na internet e não terem respondido os contatos por e-mail.

disciplinas que contemplam os desdobramentos das unidades temáticas identificadas pelos PCN⁺. Após cada quadro foi realizado uma análise sobre as disciplinas que abordavam os conhecimentos sobre EN/Rad.

2.3.1. Grades Curriculares dos Cursos de Licenciatura em Física das Universidades Federais do Rio Grande do Sul – RS.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)		
Disciplinas	Créd./Ch	Assuntos
Física Geral IV	6/90	Estrutura Atômica; Noções sobre o núcleo atômico.
Física Aplicada I-A	4/60	Eletrônica aplicada às comunicações, ao processamento de dados e a tecnologia industrial.
Física Aplicada II-A	4/60	Radioatividade e Meio Ambiente
Seminários sobre Tópicos especiais em Física geral III	4/60	Conceitos de Física Quântica; Física Atômica, Nuclear e de partículas.
Laboratório de Física Moderna	3/45	Experimentos sobre a quantização da radiação e matéria; Efeito fotoelétrico.
Física do Século XX-A	4/60	Origem da Fís. Quântica; Modelos Atômicos e Partícula Livre e Pacotes de onda.
Física do século XX-B	4/60	Física Nuclear e de Partículas; Física do Estado Sólido e Supercondutividade.
Química Fundamental A	4/60	Estrutura Atômica
Unidades de Conteúdo para o Ensino Médio e Fundamental II	6/90	Unidades de conteúdos de elementos de Física Moderna
Eletrônica Básica I	4/60	Noções sobre componentes eletrônicos básicos.
Total	43/645	Assuntos sobre a FMC

Quadro 2.1: Disciplinas selecionadas da grade curricular do curso de licenciatura em física da UFRGS.

No curso de licenciatura desta universidade se encontrou apenas uma disciplina de prática de ensino, ou seja, aquelas que proporcionam atividades que os licenciandos elaboram, apresentam e discutam seus planejamentos didáticos ao redor de determinados temas de FMC, exceto os estágios supervisionados. Ao total foram 10 disciplinas que podem contribuir para desenvolver algum conteúdo da FMC destinada ao EM pelos PCN⁺. Quanto à possibilidade dos licenciandos entrarem em

contato com o tema EN/Rad, apontam-se as 04 disciplinas: *Física Aplicada II-A (6ºSEM)*; *Seminários sobre Tópicos Especiais em Física Geral III (7º SEM)*; *Física do Século XX (6º SEM)* e *Unidades de Conteúdo para o Ensino Médio e Fundamental II (7º SEM)*. Destas, 02 são contempladas no 6º semestre e 02 no 7º semestre.

Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)		
Disciplinas	Créd./Ch	Assuntos
Física Geral IV	6/6	Noções de Física Moderna subitem da Ótica Física.
Introdução a Mecânica Quântica	4/4	Origem da Fís. Quântica; Rad. de Corpo Negro; Efeito Fotoelétrico e Compton; Partículas e Ondas; Teoria de Bohr; Radioatividade .
Laboratório para o Ensino de Física Moderna	4/4	Contador Geiger-Müller e Física das Radiações
Estrutura da Matéria	4/4	Estudo dos Sólidos; Estrutura e Processos Nucleares ; Noções sobre Partículas Elementares.
Seminários sobre Tópicos Especiais da Física II	4/4	Física Moderna (História da FM; Efeito Fotoelétrico; Física Nuclear ; Raios-X; Dualidade onda-partícula).
Total	22/22	Assuntos sobre a FMC

Quadro 2.2: Disciplinas selecionadas da grade curricular do curso de licenciatura em física da UFPEL.

Na UFPEL o Curso de Física contempla os conhecimentos de FMC com 05 disciplinas ao total. Na grade¹³ deste curso também se ofertou apenas uma disciplina de prática de ensino experimental, abordando os conceitos de FMC. Quanto ao tema EN/Rad, podem-se destacar as 04 disciplinas: *Introdução a Mecânica Quântica (5º SEM)*, *Laboratório para o Ensino de Física Moderna (5º SEM)*, *Estrutura da Matéria (8º SEM)* e *Seminários sobre Tópicos Especiais da Física II (6º SEM)*, distribuídas ao longo dos 5º, 6º e 8º semestres.

¹³ Nesta grade não obtivemos acesso ao programa da disciplina de Química Geral.

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) campus Bagé		
Disciplinas	Créd./Ch	Assuntos
Física IV	4/60	Relatividade, Quântica, FN e de Partículas.
Laboratório de Física IV	2/30	Experimentos de Física Moderna
Laboratório de Física Moderna	2/30	Efeito fotoelétrico; Quantização de energia; Decaimento radioativo e absorção da radiação pela matéria.
Estrutura da Matéria	4/60	Estudo dos Sólidos; Supercondutores; Dispositivos Semicondutores; FN e Partículas Elementares.
Instrumentação para o Ens. de Física III	4/60	Elaboração de material instrucional sobre Física Moderna
Quântica I	4/60	Radiação Térmica; Postulado de Planck; propriedades corpusculares da radiação; Modelos Atômicos e Efeito Fotoelétrico.
Química Geral	4/60	Estrutura Atômica; Modelos Atômicos.
Total	24/360	Assuntos sobre a FMC

Quadro 2.3: Disciplinas selecionadas da grade curricular do curso de licenciatura em física da UNIPAMPA.

No curso da UNIPAMPA se obtiveram 07 disciplinas que abordam conceitos de FMC, e 05 disciplinas que tratam da EN/Rad: *Física IV (5º SEM)*, *Lab. Física IV (5º SEM)*, *Laboratório de Física Moderna (7º SEM)*, *Instrumentação para o Ens. de Física III (5º SEM)* e *Estrutura da Matéria (8º SEM)*. Estas disciplinas como podemos ver distribuem-se ao longo dos 5º, 7º e 8º semestres.

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)		
Disciplina de Física Geral	Créd/Ch	Assuntos
Física IV	4/60	Ondas e Partículas; Redes de Difração e Espectros; Luz e Física Quântica.
Laboratório de Física IV	4/45	Efeito Fotoelétrico e Espectros atômicos e de corpo negro
Tópicos de Física Contemporânea	2/30	Problemas de fronteiras da Física (todas as áreas da Física)
Laboratório de Física Moderna	4/60	Experimentos de Física Atômica e Nuclear (reações nucleares, blindagem e proteção radiológica).
Quântica I	4/60	Origem da Teoria Quântica (efeito fotoelétrico, raios X, efeito Compton, rad. de corpo negro).
Estrutura da Matéria	4/60	Física Atômica, propriedades dos sólidos e

		líquidos, Física Nuclear e de Partículas Elem.
Eletrônica para a Física	2/60	Dispositivos eletrônicos, circuitos digitais e arquitetura de computadores e interfaceamento de processos.
Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física	4/60	Física do Século XX; Desafios para a Física e a ciência no século XX.
Química Geral Inorgânica	3/45	Estrutura Atômica (teoria quântica, átomo de Bohr, evolução atômica).
Unidades de Conteúdos de Física I	3/60	Exposições de uma hora-aula tendo como uma área a discutir a Física Moderna ¹⁴ .
Instrumentação para o Ensino de Física "C"	4/60	Efeito Fotoelétrico e Espectro de Emissão e de Absorção.
Total	38/600	Assuntos sobre a FMC

Quadro 2.4: Disciplinas selecionadas da grade curricular do curso de licenciatura em física da UFSM.

A grade do curso de física da UFSM possui 11 disciplinas que podem de alguma forma abordar os conteúdos de FMC, listados nos desdobramentos das unidades temáticas do tema 5 – Matéria e Radiação dos PCN⁺ do EM. Quando se analisa, mais especificamente, sobre quais tratam os conhecimentos sobre EN/Rad, foco da proposta desta dissertação, destacam-se três disciplinas, *Estrutura da Matéria (8º SEM)* e *Laboratório de Física Moderna (7º SEM)*, como aquelas que podem fornecer os conhecimentos teóricos e experimentais. Quanto à prática didática, aparece apenas a disciplina de *Unidades de Conteúdos de Física I (5º SEM)* que, segundo seu programa, proporciona aos licenciandos atividades de planejamentos e exposições de aulas com duração de uma hora-aula. O programa desta disciplina prevê como uma das áreas de discussão, a Física Moderna. É importante a destacar que esta disciplina de prática de ensino, que segundo seu programa deve contribuir para atividades de ensino sobre EN/Rad, acontece no 5º semestre, e as duas disciplinas teóricas que abordam EN/Rad são proporcionadas somente no 7º e 8º semestre. Esta incompatibilidade com relação à diferença de semestres destas disciplinas foi objeto de investigação no questionário inicial¹⁵ da disciplina.

Quanto à busca pela grade curricular da licenciatura em física da Universidade Federal de Rio Grande (FURG) não se obteve sucesso, pois não se

¹⁴ Quando o programa da disciplina não especifica os conteúdos trabalhados dentro da Física Moderna, assume-se que estejam incluídos os conhecimentos sobre EN/Rad.

¹⁵ No questionário inicial da DCG, a questão 05, contemplou esta investigação realizada no curso da UFSM, cujas respostas concordam e confirmam os resultados desta análise da grade.

conseguiu acesso a página do curso. A grade curricular encontrada fornecia todas as disciplinas da licenciatura e do bacharelado juntas. Logo, esta universidade foi excluída da amostra.

Analisando esta investigação e buscando algumas relações, nas grades curriculares dos cursos de licenciatura, sob a ótica das DCN para os cursos de física, aponta-se que a grande maioria das disciplinas selecionadas em todas as universidades pertence ao chamado *núcleo comum* parte *básica* do currículo, que devem ser cumpridas por *todas* as modalidades em Física, ou seja, por todas as áreas de atuação da física. Estas disciplinas, segundo as DCN, devem representar a *metade* da carga horária necessária para a obtenção do diploma. No entanto, parece que a quantidade destas disciplinas está bem além do que a legislação prevê. Um aspecto importante foi o caso do curso de física da UFRGS, que apesar de apresentar o maior número de disciplinas (11) que tratam da FMC, apresentou apenas 04 que incluíam a EN/Rad, e também apenas 01 disciplina de prática de ensino que abordasse estes conhecimentos de FMC. As disciplinas de práticas de ensino são aquelas que constam nas DCN como disciplinas definidoras de ênfase, no caso da licenciatura, aquelas que traçam o perfil de atuação do futuro professor de física.

Uma das universidades que mais se destacou em relação disciplinas que abordavam o tema EM/Rad foi a UNIPAMPA, apresentando 5 disciplinas que tratam do tema EN/Rad na formação inicial. Talvez isso se dê por conta desta universidade federal ser a mais nova entre as pesquisadas, refletindo isso em seu currículo.

2.4. O Potencial do Tema Transversal Saúde no Ensino e Aprendizagem de Física Moderna e Contemporânea.

Em nosso País, a preocupação com a educação e a saúde praticamente surgiram juntas. A saúde iniciou sua história no Brasil na escola, com a formação dos pelotões de saúde, no RJ em 1924 e em SP em 1925 (Lima, 2001).

Em 1930, a Fundação do Ministério da Educação e Saúde – MES (é apropriado observar que saúde e educação caminhavam em um só ministério), reestrutura o Departamento Nacional de Saúde, transformando o Serviço de Propaganda e Educação Sanitária em *Serviço Nacional de Educação Sanitária*, objetivando *formar na população uma consciência familiarizada com os problemas de saúde*. Nos estados, foram criados também *Serviços de Educação Sanitária* (Lima, 2001, p.9, grifo do autor).

Somente em 1953, o então Ministério da Educação e Saúde se transformava em dois: no Ministério da Saúde e no Ministério da Educação e Cultura. A partir daí cada ministério teve autonomia para a elaboração e implementação de suas políticas.

O interessante é que atualmente estas duas áreas passam por mudanças de concepções. Na saúde, a sua concepção está centrada na cura e na atuação médica, que vem se deslocando para o paradigma conceitual de bem-estar físico, mental e social, ou seja, sendo vista como qualidade de vida. Na área da educação, as orientações governamentais são de que a nova escola deva ser aberta, no sentido de se envolver com a realidade do dia a dia de seus estudantes, objetivando uma educação através do desenvolvimento de competências, com vistas a uma formação mais geral que facilite o exercício da cidadania.

Contemporaneamente, pode-se perceber uma mudança quanto à orientação do foco das discussões referentes à saúde na escola, já caracterizada com maior ênfase em estratégias para obtenção de saúde, ou melhor, a promoção de saúde. Esta caracterização surge das recomendações atuais das DCN para a escola básica, embora a promoção da saúde seja resultado da carta de Ottawa (WHO, 1986), primeira conferência internacional sobre promoção de saúde, que a definiu como “*o processo de capacitação da comunidade para atuar na melhoria da sua qualidade de vida e saúde, incluindo uma maior participação no controle deste processo*” (WHO, 1986, p. 1, grifo nosso).

Neste sentido, segundo Lima (2001), parece que tanto a educação quanto a saúde estão se desenvolvendo de maneira semelhante, pois suas mudanças de paradigmas estão relacionadas à percepção crítica do pensar e do agir do cidadão de forma interativa, sobretudo, com movimentos sociais, principalmente com relação à ação conjunta, integrada e participativa.

Mas a pergunta que pode ser feita hoje é qual a orientação do MEC com relação ao tratamento do tema transversal saúde no contexto escolar?

Primeiramente, pode-se apontar o que os PCN dizem quanto ao caráter de transversalidade:

Pressupõe um tratamento integrado das áreas e um compromisso das relações interpessoais e sociais escolares com as questões que estão envolvidas nos temas, a fim de que haja uma coerência entre os valores experimentados na vivência que a escola propicia aos alunos e o contato intelectual com tais valores (MEC/PCN, 1997, p.64).

Melhorando esse entendimento, vale dizer que etimologicamente, **trans** é o que está ao mesmo tempo **entre** as disciplinas, **através** das diferentes disciplinas e **além** de todas as disciplinas, remetendo também à ideia de transcendência. Logo, constata-se que o tema transversal permite tratar uma questão a partir de uma perspectiva plural, no entanto, exige o comprometimento de toda a comunidade escolar ao redor do tema escolhido. A ideia contida nos PCN é que os temas transversais tomem a cidadania como eixo básico e vão de questões que ultrapassem as áreas tradicionais, mas permeiam a concepção, os objetivos, os conteúdos e as orientações didáticas dessas áreas.

Na perspectiva de abordagem do tema transversal saúde os PCN chamam a atenção para que:

[...] os conteúdos do tema não serão suficientemente contemplados se ficarem restritos ao interior de única área. Concepções sobre saúde ou sobre o que é saudável, valorização de hábitos e estilos de vida, atitudes perante as diferentes questões relativas à saúde perpassam todas as áreas de estudo escolar, desde os textos literários, informativos, jornalísticos até os científicos. Por outro lado, para se construir a visão ampla de saúde aqui proposta, é necessário ter acesso a informações de diversos campos, como por exemplo, as mudanças históricas e as diferenças geográficas e socioculturais que interferem nas questões da saúde. (PCN, 1997, p.98).

Como se pode ver, os parâmetros consideram que a educação é um dos fatores mais significativos para a promoção da saúde e, conseqüentemente,

melhoria na qualidade de vida. Convergindo a isso, pode-se dizer que o desenvolvimento escolar deste tema admite e comporta componentes das mais diferentes áreas o conhecimento.

O tema transversal saúde dispõe de um grande potencial de articulação com os conhecimentos de FMC, visto que estes contribuíram e contribuem com grandes avanços em diversas áreas, principalmente, na saúde, melhorando com isso a qualidade de vida das pessoas. A interface entre estas duas áreas se dá como necessária, visto que a saúde é um elemento essencial para o crescimento, desenvolvimento e aprendizagem dos estudantes.

3. PROPOSTA DE DISCIPLINA COMPLEMENTAR DE GRADUAÇÃO

3.1. A Disciplina

A Disciplina Complementar de Graduação ¹⁶ (DCG) intitulada como, Radiações suas Interfaces com a Saúde na Formação Inicial de Professores de Física, foi ofertada pelo Departamento de Física do Centro de Ciências Naturais e Exatas (CCNE) da UFSM, no 2º semestre de 2011.

Esta DCG surge, primeiramente, com o objetivo geral de contribuir com o processo formativo dos futuros professores de Física da UFSM, contemplando discussões ao redor do tema 5 – Matéria e Radiação. Juntamente a isso, tem a função de proporcionar vivências de atividades de ensino, de conteúdos de FMC articulados com o tema transversal Saúde, visando à sala de aula, de forma a contribuir para a atualização curricular do Ensino de Física, do Ensino Médio.

Esta disciplina possuiu uma carga horária de 60hs-aula, 04 créditos e oferta de 20 vagas. As aulas foram distribuídas em dois dias da semana, segundas e quartas- feiras, das 19 às 21hs, ora estas aulas se deram em sala de aula ora no laboratório de informática. Foi utilizado o ambiente Moodle¹⁷ como uma ferramenta para auxiliar nas dúvidas e algumas postagens de tarefas. Esta disciplina foi ministrada por mim, e teve a participação da professora orientadora, na maioria das aulas, contribuindo em momentos de discussões. O público alvo da disciplina foram os licenciandos em física, constituindo-se de 04 iniciantes (AI)¹⁸ e 07 formandos (AF)¹⁹, ao total 11 alunos matriculados.

¹⁶ Ementa da disciplina complementar de graduação (DCG) encontra-se no apêndice B.

¹⁷ O Moodle é uma plataforma de aprendizagem a distância baseada em software livre. É um acrônimo de Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (ambiente modular de aprendizagem dinâmica orientada a objetos). Ele foi e continua sendo desenvolvido continuamente por uma comunidade de centenas de programadores em todo o mundo, que também constituem um grupo de suporte aos usuarios, acréscimo de novas funcionalidades, etc., sob a filosofia GNU de software livre.

¹⁸ Alunos considerados iniciantes (AI) são aqueles que não concluíram 50% das disciplinas do curso de licenciatura em física.

¹⁹ Alunos formandos (AF) são aqueles que já concluíram 50% das disciplinas do curso de licenciatura em física.

3.2. Objetivos

- ❖ Discutir e contextualizar resultados de pesquisa sobre o tema;
- ❖ Contribuir no desenvolvimento de determinadas competências e habilidades básicas nos futuros professores de Física, a partir de vivências, de atividades de ensino relacionadas ao Tema Estruturador Radiação e Matéria, envolvendo o tema transversal Saúde;
- ❖ Discutir planejamentos curriculares contemplando os aspectos apontados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

3.3. Estrutura da Disciplina

O Planejamento proposto da DCG pode ser dividido em dois blocos:

Bloco 01 – Envolve atividades relacionadas aos documentos oficiais dirigidos aos níveis de Ensino Médio e Superior (Aulas 01 a 05).

Bloco 02 - Contempla discussões de um planejamento didático envolvendo o Tema 5 – Matéria e Radiação. Também apresenta um Módulo Didático²⁰ sobre os conhecimentos de Energia Nuclear e Radioatividade e o tema transversal Saúde. (Aulas 6 a 13).

Esta disciplina foi desenvolvida com uma carga horária de 60 horas-semester.

O quadro 3.1 apresenta a ordem das aulas, as atividades desenvolvidas e os objetivos de cada aula.

Aulas	Atividades	Objetivos
1 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da Disciplina • Questionário Inicial (Tarefa 01) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentar a proposta da DCG; ✓ Conhecer os alunos participantes da DCG.
2 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar e discutir as legislações (DCN e PP) para os cursos de Física; • Realizar a tarefa 02. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conhecer as competências, habilidades e vivências que a legislação (DCN e PP do curso de Física) aponta como necessárias no processo formativo de professores de Física. ✓ Investigar quais aspectos, segundo os alunos, não contemplados na atual formação inicial.

²⁰ Módulo Didático envolvendo EN/Rad e o tema transversal Saúde contemplado nas aulas 9 a 12.

3 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Analise e discussão dos PCN⁺ • Realizar a Tarefa 03 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar nos PCN⁺, quais as orientações/sugestões de modificações em relação ao atual Ensino de Física do Ensino Médio. ✓ Identificar a função dos temas estruturadores no Ensino de Física sob a ótica dos PCN⁺. ✓ Investigar junto aos licenciandos que já estão em sala de aula, ou aqueles que, há pouco, concluíram o EM, quais conteúdos estão sendo abordados dentro do tema 5 - Matéria e Radiação.
4 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Competências e Habilidades (PCN⁺). • Realizar a tarefa 04. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Buscar compreender os termos competência e habilidade utilizados nos PCN⁺, através da pesquisa realizada.
5 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Competências e Habilidades • Realizar a Tarefa 05 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaborar uma atividade de ensino, tendo como objetivo desenvolver, ao menos em parte, uma competência e habilidade associada.
6 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão sobre as Dimensões de um Planejamento didático. • Realizar a tarefa 06 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender as dimensões envolvidas em um planejamento com perspectivas didático-pedagógicas.
7 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturação de um Planejamento didático. • Realizar a Tarefa 07. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaborar a estruturação de um planejamento relacionando aspectos conceituais da FMC com o tema transversal Saúde.
8 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Evolução dos Modelos Atômicos. • Realizar a Tarefa 08. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender a evolução e as principais características apresentadas por cada Modelo Atômico.
9 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Transformações Nucleares. • Realizar Tarefa 09 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade e sua presença em sistemas tecnológicos (ênfase medicina).
10 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • A Descoberta da Radioatividade. • Realizar a Tarefa 10 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entender o contexto histórico em que se deu a descoberta da radioatividade; ✓ Compreender os tipos de decaimento radioativo.
11 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Interação da Radiação com a Matéria. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender como ocorrem os principais processos de interação da radiação com a matéria. ✓ Conhecer os princípios físicos básicos envolvidos em Radioterapia.
12 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes; • Grandezas e Unidades para o uso em Radioproteção; • Medidas envolvidas em Proteção Radiológicas • Realizar a Tarefas 11 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender os efeitos biológicos das Radiações Ionizantes; ✓ Compreender as grandezas e unidades utilizadas em medidas de proteção radiológica.
13 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento Didático; • Tarefa Final. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaborar um Planejamento Didático articulando as discussões realizadas ao longo da DCG.
14 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Visita Técnica ao Setor de Radiologia do Hospital Universitário de Santa Maria – HUSM. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conhecer os princípios físicos envolvidos nos procedimentos radiológicos de diagnóstico e tratamento. ✓ Sistematizar os conhecimentos de FMC com o tema transversal Saúde, enfocando a área de Radiologia na Medicina.

Quadro 3.1 – Síntese da Estrutura da DCG

Mais detalhes destas aulas podem ser obtidos nos apêndices E, F e G.

A ideia ao longo desta disciplina foi de preparar um “alicerce”, ou seja, fornecer subsídios no processo formativo destes licenciandos, no sentido que adquirissem, em parte, as vivências de atividades de ensino necessárias para a elaboração dos respectivos planejamentos didáticos onde deveriam articular os conhecimentos de FMC com o tema transversal Saúde.

Em função da delimitação do problema de pesquisa, a seguir se analisaram a Tarefa 07 (aula 07) – Estruturação de um Planejamento didático e a Tarefa Final (aula 13) – Elaboração de um Planejamento didático.

Nestas análises não foram levados em conta o gênero do estudante, ou seja, referimo-nos como “alunos”, independente do sexo.

Com o objetivo de conhecer alguns parâmetros dos alunos matriculados nesta disciplina foi elaborado um questionário inicial, o qual é analisado e discutido na seção 4.2, do capítulo 04.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Aspectos Metodológicos

Conforme Severino (2007), o trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de abordagem qualitativa de caráter documental, tendo como fonte documentos no sentido amplo (Tarefas, Planejamentos e Questionário). Neste tipo de abordagem qualitativa existe a interação dinâmica entre o pesquisador e o objeto de estudo, tendo como principais características, a generalização dos resultados e a postura pessoal do pesquisador.

A análise das respostas dos questionários, tarefas e planejamentos foi baseada nos procedimentos de análise de conteúdo por Bardin (1977). Esta é uma metodologia de tratamento e análise de informações constantes de um documento. Ela descreve, analisa e interpreta as mensagens, neste caso, escritas, procurando ver o que está por detrás das palavras.

Segundo a autora, as diferentes fases da análise de conteúdo se organizam em torno de três polos cronológicos:

- Pré-análise;
- Exploração do material;
- Tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Para a autora, a pré-análise: “Corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema mais preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise”. (Bardin, 1988, p. 95).

A exploração do material é a fase de sistematizar as decisões estabelecidas na pré-análise. Posto de outra forma, colocar em prática o que foi planejado, enquanto, na fase de tratamento, os resultados obtidos são tornados significativos e válidos.

4.2. Análise do Questionário Inicial

Este questionário tem como objetivo investigar alguns parâmetros dos alunos, como por exemplo, qual etapa do curso que se encontram e que contatos já obtiveram com os conteúdos relacionados no programa da disciplina.

Questão 01: Assinalar as disciplinas já cursadas e o ano de ingresso.

(No original existem as disciplinas da grade curricular da licenciatura)

Objetivo:

- Identificar as disciplinas já cursadas e o semestre que se encontra a maioria dos alunos;

Respostas:

07 AF e 04 AI.

Questão 02: Em alguma das disciplinas do curso de Física, você já obteve contato com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de Física? Explique.

Objetivo:

- Investigar se os alunos têm ou tiveram algum contato com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Superior;

Respostas:

Não tem conhecimento	Tem conhecimento	Quais disciplinas? Comentários
AI1; AF4; AI6; AF7; AF8; AF11; AF9	AI10	Políticas Públicas
	AI2	Instrumentação para o Ensino de Física A, Didática I e Políticas Públicas (Lemos e discutimos sua aplicabilidade em sala de aula, assim como levantamos questionamentos acerca de sua validade)
	AF3	Não sabe.

Quadro 4.1 – Síntese das respostas da questão 02.

Podemos destacar que 07 alunos ainda não tinham conhecimento das DCN e, que AI10 e AI2 confundiram as DCN com os PCN, conforme se observa nas palavras destacadas do trecho de AI2, listada no quadro 4. AF3 acha que viu, mas não sabe onde.

Questão 03: No decorrer deste curso de graduação, quais disciplinas apresentaram os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Médio como objeto de estudo e/ou análise? Brevemente, explique como foram estas atividades.

Objetivo:

- Investigar se os alunos têm ou tiveram algum contato com os documentos oficiais (PCN⁺) do Ensino Médio.

Respostas:

As respostas foram apresentadas nos quadros 4.2 e 4.3.

Disciplinas	Alunos	Quantidade
Instrumentação para o Ensino de Física A	AI2; AI6; AI10	03
Instrumentação para o Ensino de Física C	AF3; AF4; AF7; AF9	04
Instrumentação para o Ensino de Física D	AF3; AF4; AF7; AF8; AF9	05
Didática I da Física	AI1; AI6; AI10; AF11	04
Didática II da Física	AF3; AF11	02
Políticas Públicas e Gestão da Ed. Básica	AI10	01
Estágio Supervisionado em Ensino de Física I	AI2; AF3; AF9	03
Estágio Supervisionado em Ensino de Física II	AF3; AF9	02

Quadro 4.2 – Lista de Disciplinas

Tipo de atividade	Alunos	Quantidade
Leitura/Discussão	AI1; AF3; AF7; AF11	04
Planejamento Didático	AF3; AF4; AF8; AF9; AF11	05
Comparação com o livro Didático	AI1; AI2; AF3; AI6	04

Quadro 4.3 – Tipo de atividades desenvolvidas.

Constata-se nestas respostas, que as disciplinas mais citadas, que abordam os PCN⁺ são:

- Instrumentação para o Ensino de Física D;
- Instrumentação para o Ensino de Física C;
- Didática I da Física.

O tipo de atividade mais realizada com os PCN⁺, segundo os alunos, são os planejamentos didáticos, o que concorda com a função desempenhada pela disciplina mais citada, a Instrumentação para o Ensino de Física D.

Questão 04: Alguma disciplina do curso apresenta relações entre a Física Moderna e Contemporânea (FMC) e o tema transversal Saúde? Exemplifique.

Objetivo:

- Identificar se existe alguma disciplina no curso que apresenta as relações da FMC com o tema transversal Saúde;

Respostas:

NÃO	SIM	Quais disciplinas? Comentários
AI1; AF3; AF4; AI6; AF7; AF8; AF9; AI10; AF11	AI2	Eletrônica para Física e Física III (apenas foi comentado algo)

Quadro 4.4 – Síntese das respostas da questão 04.

Nove Alunos disseram não terem cursado nenhuma disciplina, que apresentasse a relação entre FMC e o tema Saúde, e apenas 01 disse ouvir algo nas disciplinas de Eletrônica para a Física e Física III.

Questão 05: Em quais disciplinas você estudou (ou está estudando) os conceitos de Energia Nuclear e Radioatividade?

Objetivo:

- Verificar, através das respostas dos alunos, as disciplinas que tratam de conceitos de Energia Nuclear e Radioatividade;

Respostas:

Não	Sim	Quais disciplinas? Comentários
AI1; AI2; AI6; AI10; AF11	AF3	Mec. Quântica, Instrum. e ESEF (superficialmente)
	AF4	Mec. Quântica e Estrutura da Matéria
	AF7	Estrutura da Matéria e Lab. Física Moderna
	AF8	Estrutura da Matéria
	AF9	Mec. Quântica (superficialmente)

Quadro 4.5 – Síntese das respostas da questão 05.

As disciplinas mais citadas por estes alunos foram: Mecânica Quântica e Estrutura da Matéria, com 03 votos cada.

Vale destacar que os 04 alunos (AI1; AI2; AI6; AI10) são considerados iniciantes no curso e pertencem ao primeiro grupo, que respondeu não ter visto o tema EN/Rad na graduação. Logo, somente os formandos já tiveram contato com estes conhecimentos.

Percebe-se que estes dados concordam com a investigação realizada sobre as disciplinas da grade da licenciatura em física da UFSM que, conforme seus programas tratavam sobre os conhecimentos de EN/Rad, bem como, confirmam que estas disciplinas são lecionadas, geralmente, ao final do curso de licenciatura, no 8º semestre.

Por outro lado, discordam quanto à disciplina de prática de ensino destes conteúdos, pois esta não aparece citada, nem pelos formandos, como uma disciplina que aborda atividades com o tema EN/Rad.

Questão 06 - O curso de licenciatura em Física fornece vivências de atividades de ensino (elaboração de planejamentos didáticos), para que se trabalhem os conceitos de FMC no Ensino Médio? Em que momento esta questão foi trabalhada?

Objetivo:

- Identificar nas respostas, se o curso de física oferece vivências de atividades de ensino necessárias, para que os alunos estejam preparados em inserir a FMC no Ensino Médio;

Respostas:

Aluno		Disciplina
NÃO	SIM	
AI1; AI2; AF4; AI6 AF8; AI10	AF3	Instrumentações e ESEFs (muito superficialmente)
	AF7	Didática (superficialmente)
	AF9	Instrumentação D (superficialmente)
	AF11	Instrumentação C

Quadro 4.6 - Síntese das respostas da questão 06.

Considerando que os alunos que assinalaram não ter tido a oportunidade de vivenciar algum tipo de atividade são, em maioria, os AF. No entanto, dois alunos AF8 e AF4 dizem não terem participado de atividades fins. Outros quatro alunos formandos, em algum momento, mesmo que superficialmente, participaram de atividades relacionadas a estes temas de FMC. Outra informação obtida nesta questão é que estes formandos, que na maioria estão ou já concluíram o último estágio supervisionado na escola média, não o citam. Isso pode nos remeter a duas situações: a primeira indica que a escola ainda não adotou estes conceitos de FMC no seu currículo de Ensino de Física, ou a segunda, os alunos não têm a oportunidade de estagiar no 3º ano do EM, onde geralmente, são contemplados estes assuntos.

Questão 07: Existe alguma legislação/documento oficial que orientem a inserção de temas de FMC no Ensino Médio? Qual (is)?

Objetivo:

- Verificar se os alunos conhecem as orientações dos PCN⁺ quanto à inserção de FMC no EM.

Respostas:

Desconhecem	Conhecem	Quais?
AI1; AI2 AF3; AF7; AF9; AI10; AF11	AF4	PCN+
	AI6	PCN
	AF8	PCN ⁺

Quadro 4.7 – Síntese das respostas da questão 07.

07 alunos desconhecem 03 conhecem e citam os PCN⁺. Estas respostas destes três alunos (AF4, AI6 e AF8) concordam com a questão 01 onde apontam que tiveram contato com os PCN⁺ em alguma disciplina, no entanto constatamos que este contato não foi relativo aos aspectos de FMC.

4.3. Análise da Tarefa 07

Estruturação de um Planejamento Didático

Tema 05 – Matéria e Radiação - Unidade 01 – Matéria e suas propriedades.

Questão 01: Realizar uma estruturação de um planejamento didático que contemple algumas das diferentes propriedades dos materiais (elétricas, magnéticas, térmicas, ópticas, etc.) relacionando com o tema transversal Saúde.

Aspectos que devem ser contemplados:

- *O quê ensinar? (conteúdos);*
- *Como ensinar? (tipo de metodologia ou abordagem utilizada);*
- *Objetivos;*
- *Tempo estimado da implementação;*
- *Referencias.*

Objetivo:

- ❖ Elaborar a estruturação de um planejamento relacionando aspectos do Tema 5- Matéria e Radiação, Unidade 1- Matéria e suas propriedades, com o tema transversal Saúde.

Respostas:

Devido à dificuldade apresentada pela tarefa, apenas 05 de 11 alunos entregaram a estruturação do planejamento.

AI2: Não conseguiu elaborar a estruturação de acordo com o conteúdo solicitado, o aluno fugiu do tema proposto, este procura desenvolver o tema “Conhecendo nosso Sistema Solar”.

AF4 e AF7: Estruturaram uma aula através dos três momentos pedagógicos, abordando os conteúdos:

- Modelo Atômico de Bohr para compreender as propriedades eletromecânicas de certos cristais utilizados em exames de Ultrassom;
- As propriedades dos cristais de quartzo.

A aula tinha como objetivo:

- “Estudar o modelo atômico de Bohr para explicar as propriedades eletromecânicas e ópticas dos cristais usados em transdutores dos aparelhos de ultrassom” (AF4 e AF7)

Esforçaram-se para relacionar com os princípios físicos da Ultrassonografia. Utilizaram como recursos didáticos fragmentos de artigos da revista Ciência Hoje, imagens de cristais e vídeo explicativo dos modelos atômicos.

AF8: Elaborou um planejamento didático abordando os conteúdos de condutividade elétrica e resistividade elétrica.

O objetivo da aula:

- Discutir choque elétrico e efeitos fisiológicos dos choques elétricos.

Abordagem utilizada: Os três momentos pedagógicos

Utilizou como referências, materiais do Núcleo de Pesquisas em Inovações Curriculares, FEUSP e endereços eletrônicos de Universidades Federais.

A relação estabelecida com a saúde foi através do tema Choque Elétrico e seus efeitos fisiológicos. Percebe-se que este aluno conseguiu utilizar-se dos conhecimentos físicos articulando com o tema transversal Saúde (prevenção).

AF9: Este aluno tenta utilizar como objeto de estudo o aparelho utilizado para realizar Ressonância Magnética em pacientes. Promove questionamentos ao redor do procedimento, por exemplo:

“O que é ressonância magnética?

O que é radiação?

Como a radiação é emitida?

Como pode chegar até nós a radiação emitida pelo Sol se no espaço há vácuo?

Existe mais do que um tipo de radiação? Se sim, dê exemplos.

A radiação só faz mal a saúde? Justifique a resposta.” (AF9)

No entanto, não contempla discussões sobre os conteúdos propostos inicialmente (propriedades dos materiais). Apresentou alguns aspectos errôneos a respeito dos princípios físicos envolvidos neste tipo de exame, no entanto esta relação é possível e bastante interessante, por exemplo, realizar uma analogia para entender o conceito de átomo.

4.3.1. Discussões dos Resultados da Tarefa 07

Esta tarefa tinha por objetivo propor um desafio inicial aos alunos, para se investigar quais articulações conseguiriam estabelecer entre os conhecimentos físicos e o tema transversal saúde, sem ainda terem tido o contato, ao menos nesta disciplina, com apresentações de aulas que contemplavam estas articulações (Módulo sobre EN/Rad e a Saúde, aulas 9 a 12) e ainda, nem haviam sido discutidos todos os assuntos previstos ao redor deste tema na disciplina.

Com relação a esta tarefa (estruturação dos planejamentos), os alunos apresentaram grandes dificuldades em planejar as aulas articulando, ou mesmo, contextualizando com o tema saúde. Excetuando-se o aluno (AF8) que já vivenciava em seu grupo de pesquisa atividades neste sentido.

Analisando através destas estruturações de planejamentos, pode-se ver que apenas alguns dos alunos (4 de 7), considerados neste trabalho como formandos,

conseguiram estabelecer alguma relação com o tema saúde, pelo ao menos, em parte, com muitas dificuldades.

Com isso, elaborei um questionário específico²¹ direcionado para realizar um levantamento das dúvidas quanto ao planejamento.

Neste questionário específico, cujo, original, está apresentado no apêndice E, foram expostas as principais dificuldades encontradas na elaboração:

- Relacionar o conteúdo com o tema saúde;
- Incompreensão dos conteúdos propostos, falta de clareza nos limites de cada assunto;
- Pouco conhecimento sobre as propriedades dos materiais.

Logo, observa-se que as novas experiências sobre estes aspectos, propostas nesta disciplina, podem contribuir nesta perspectiva de elaboração de planejamentos.

4.4. Análises da Tarefa Final

Esta tarefa aconteceu ao final da disciplina, faltando 21 dias para a semana de avaliações finais das aulas. Neste momento os alunos já tinham obtido contato nas aulas através de discussões sobre os assuntos, a saber:

- Documentos Oficiais (PCN⁺ e DCN), tanto para o EM como para o ES, onde aparecem as orientações governamentais sobre a inserção da FMC no EM, com as respectivas competências e habilidades a serem desenvolvidas;
- As dimensões de um Planejamento Didático;
- Aulas apresentando um Módulo Didático, elaborado por mim, ensaiando articulações entre Energia Nuclear e Radioatividade com o Tema Saúde, constante no apêndice G.

²¹ Questionário específico elaborado para levantamento das principais dúvidas dos alunos na elaboração do planejamento solicitado na aula 07, este questionário encontra-se no apêndice C.

Planejamento Didático

Tema 05 – Matéria e Radiação - Unidade 2 – Radiações e suas Interações.

Questão 01 - Escolher um item, da unidade 02, do Tema 05: Matéria e Radiação (descrito abaixo).

Questão 02 - Realizar um planejamento didático para o Ensino Médio, onde você deverá relacionar os conhecimentos físicos do assunto (item 01 ou 02) com o tema transversal Saúde.

Objetivo:

- ❖ Proporcionar vivências de atividades de ensino, que exijam um pensar sobre a articulação dos conhecimentos de FMC e o tema transversal Saúde nos planejamentos didáticos.

Item 01: Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de microondas, tomografia etc.).

Item 02: Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias.

Aspectos que deveriam estar contemplados nos Planejamentos (solicitado aos alunos):

- *Objetivos;*
- *Tempo da implementação;*
- *Metodologia da aula;*
- *Fontes utilizadas;*
- *Competências e habilidades que você pretende desenvolver nos alunos. (PCN*)*

A seguir são descritos os aspectos do planejamento dos alunos através dos quadros, e logo em seguida é realizado uma discussão dos resultados.

Elementos do planejamento	Respostas A11
Desdobramentos	Item 02
Objetivos	“envolver o aluno, transmitindo conhecimentos científicos e valorizando o seu prévio conhecimento o do senso comum, proporcionando a esse aluno que ele relacione o conhecimento com o seu cotidiano”.
Tempo da Implementação	4 a 6 aulas
Competências	Investigação e Compreensão
Habilidades associadas	“Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias na medicina, por meio de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, nas novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou, ainda, a área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, tevê a cabo”.
Metodologia	Os três momentos pedagógicos (Slides, vídeos e debate sobre o assunto).
Conteúdo	Apresentação em Slides: Breve comentário do surgimento do RX; Espectro eletromagnético; Tipos de Radiações (α , β , γ); Fissão nuclear; Refração, difração, reflexão, polarização, interferência e atenuação; Processos da Interação da Radiação com a Matéria (IRM); Radiações ionizantes; Cita Radioterapia, Braquiterapia, Radiografia, Tomografia, Mamografia; Malefícios da Radiação Ionizante; Propõe um debate sobre os benefícios e malefícios da Radiação Ionizante.
Referências	Livros Ensino Médio e Superior, Apostilas educativas CNEN, Artigos da Revista Brasileira de Física Médica e materiais disponibilizados em aula.

Quadro 4.8 – Elementos do planejamento de A11.

Discussão dos Resultados de A11

Este aluno apresenta o seu planejamento didático com o conteúdo elaborado em slides, que descreve uma lista de tópicos de conteúdos, basicamente, tendo uma abordagem bem superficial dos conceitos de FMC. Quanto ao objetivo, ele é coerente com as competências e habilidades escolhidas, juntamente com o conteúdo selecionado. Aqui, destaco um descompasso com o conteúdo escolhido e

o material elaborado, pois o conteúdo abrange os itens 01 e 02. Outro aspecto a ser ressaltado foi à ausência nos objetivos, de um momento para a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos, por exemplo, a citação a seguir, “... valorizando o seu prévio conhecimento o do senso comum”.

Em relação à articulação entre FMC e a Saúde, seguiu-se uma lógica de se apresentar, primeiramente, aspectos internos do conhecimento científico e, com uma demonstração de aplicação destes, os conhecimentos tecnológicos, sociais e ambientais. Entretanto, pode-se considerar que este aluno atingiu em parte seu objetivo, que foi o de envolver o aluno do EM, transmitindo conhecimentos científicos, proporcionando a esse aluno que ele relacione o conhecimento com o seu cotidiano, ou seja, pensar sobre as possíveis articulações entre FMC e Saúde nos planejamentos didáticos.

Elementos do planejamento	Respostas AI2
Desdobramentos	Item 01
Objetivos	“...uma abordagem de conceitos e fenômenos de física através de um tema principal (radiações) ao mesmo passo que se trabalha o tema transversal “saúde”.”
Tempo da Implementação	1 a 2 meses
Competências	Investigação e Compreensão (Ciência e tecnologia na atualidade)
Habilidades associadas	“reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social”.
Metodologia	Propõe-se em abordar temas de repercussão social, como tratamento e diagnósticos de cânceres (Ex-presidente Lula).
Conteúdo	Propriedades da Matéria: Teoria atômica; Natureza atômica da matéria; Sólidos, líquidos e gases. Eletricidade: Eletrostática; Campo elétrico; Corrente elétrica; Magnetismo; Força magnética; Indução eletromagnética. Fenômenos ópticos: Ondas eletromagnéticas; Velocidade de ondas eletromagnéticas; Espectro eletromagnético. Física moderna: O átomo e o quantum; A descoberta do núcleo atômico; O núcleo atômico e a radioatividade: Raios X e a radioatividade; Radiações alfa, beta e gama; O núcleo; Isótopos; A radioatividade de átomos; Meia vida; Detectores de radiação; Isótopos radioativos; <i>Efeitos da radiação em seres humanos; Dose de radiação.</i>
Referências	Livros de Física do Ensino Superior

Quadro 4.9 – Elementos do planejamento de AI2.

Discussão dos Resultados de A12

O planejamento deste aluno (A12), estabelece uma lista de conteúdos como pré-requisitos, no intuito de se trabalhar os dois últimos conteúdos (*em destaque no quadro*). Apresento um trecho do planejamento que expressa esta ideia de pré-requisitos:

“O destaque dos dois últimos tópicos foi proposital, uma vez que o objetivo era chegar ali. Note que não há como falar completamente em “efeitos da radiação em seres humanos” e em “dose de radiação” sem ser vistos os tópicos anteriores. É uma sequência lógica para chegar até o objetivo do trabalho e acessível ao ensino médio, uma vez que física moderna em si é prevista ser trabalhada no ensino médio.” (A12)

Destaca-se que estes dois últimos tópicos de conteúdos não estão inclusos nos desdobramentos referentes aos itens 01 e 02, o qual havia sido solicitado. Com relação à metodologia, não descreve como seriam estas abordagens, apenas indica que será apresentada através de slides.

A relação estabelecida entre os objetivos e as competências e habilidades escolhidas parecem ser coerentes, mesmo que os conteúdos destacados pelo aluno, não são expostos detalhadamente, e ainda, é diferente do que foi solicitado. É importante resaltar que a habilidade escolhida, não corresponde somente a Física, e sim, a toda área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

No que diz respeito à articulação entre FMC e a saúde, não se pode encontrar uma relação, já que, apresentaram-se os conteúdos através de tópicos dos assuntos a serem tratados, e sim uma tentativa de traçar um caminho para contemplar seu objetivo. No entanto, transparece uma ideia de se trabalhar esta articulação, quando se seleciona os tópicos (*Efeitos da radiação em seres humanos; Dose de radiação*) a serem desenvolvidos.

Elementos do planejamento	Respostas AF3
Desdobramentos	Item 01
Objetivos	“Explicar o conceito de espectro eletromagnético e radiação”.
Tempo da Implementação	12hs/aula.
Competências	-
Habilidades associadas	“elaborar comunicações orais e escritas para relatar e explicar fenômenos”. “analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a um determinado tema”. “consultar, analisar e interpretar textos, explicativos e informativos, sobre determinados assuntos, neste caso, sobre os tipos de radiação.”
Metodologia	“Falar sobre alguns dos tipos de radiações existentes através da leitura de um texto.” “Fazer trabalho de pesquisa e apresentação em grupo sobre os tipos de radiação.”
Conteúdo	Espectro eletromagnético; Tipos de radiações;
Referências	-

Quadro 4.10 – Elementos do planejamento de AF3.

Discussão dos Resultados de AF3

Este planejamento de AF3 apresentou a elaboração dos seguintes conteúdos: o espectro eletromagnético e os tipos de radiações, após isso, ele sugere aos alunos uma pesquisa na INTERNET sobre os tipos de radiações. Pareceu-me estranho, pois seu planejamento contempla estes assuntos.

Com relação à competência, observa-se que o AF3 não a explicitou, mas analisando conforme os PCN⁺ inferem-se pelas habilidades descritas que parece contribuir para a competência Representação e Comunicação.

Com relação ao conteúdo apresentado e o objetivo da aula parece existir uma coerência, no entanto, os conteúdos elaborados não têm como contemplar as habilidades a serem desenvolvidas durante as aulas, mas talvez possa ser alcançado pelas atividades de pesquisa.

Neste planejamento AF3 não se realizou a articulação entre FMC e a saúde nos conteúdos planejados nas aulas 02 a 04. Este aluno passa isso como tarefa ao aluno do EM. O que se pode notar pelo trecho citado:

“Inicialmente será feito uma explicação sobre o espectro eletromagnético e radiação.

- Posterior a isso, os alunos, divididos em sete grupos de no máximo quatro integrantes, farão uma pesquisa mais aprofundada sobre os sete tipos de radiação, constando nessa pesquisa a explicação física, *aplicações a saúde e a tecnologia*.

- Após a pesquisa, será feito a apresentação dos trabalhos.

- E por fim, se fará uma discussão geral dos trabalhos apresentado.”

(Desenvolvimento da aula por AF3, grifo nosso)

Acima se expõe que a ideia é partir dos conhecimentos científicos para ao final da aula apresentar as aplicações relacionadas ao tema Saúde. É importante destacar que este aluno elenca os conhecimentos prévios, que os alunos devem possuir: *energia, ondas, campo elétrico e magnético*. Com isso, pode-se entender a adoção de pré-requisitos necessários para a compreensão destes assuntos referentes à FMC.

Elementos do planejamento	Respostas AF4
Desdobramentos	Item 01
Objetivos	“Proporcionar aos alunos reconhecer os diferentes tipos de radiações, associado ao uso da tecnologia focado na relação com a saúde”.
Tempo da Implementação	09 aulas (18 h/aulas).
Competências	-
Habilidades associadas	“Análise e Interpretação de textos e outras comunicações de Ciência e Tecnologia; Símbolos, Códigos e Nomenclaturas de Ciência e Tecnologia; Discussão e Argumentação de temas de interesse de Ciência e Tecnologia”.
Metodologia	Os três momentos pedagógicos (Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento).
Conteúdo	Radiações não-ionizantes; Radiações ionizantes; Radiação Alfa; Radiação Beta e Radiação Gama.
Referências	Jornais de divulgação nacional, internet e livro didático.

Quadro 4.11 – Elementos do planejamento de AF4.

Discussão dos Resultados de AF4

AF4 apresenta um planejamento em que se pretende desenvolver uma lista de conteúdos, listados no quadro acima, a partir de uma solicitação de pesquisa junto aos alunos do EM, ou seja, passa a responsabilidade do professor de elaborar algum conteúdo, ao aluno. Ao final da aula, apresenta alguns endereços eletrônicos (links de reportagens) de notícias sobre os malefícios e benefícios da radiação, com intuito de discuti-los em sala.

Este planejamento não cita as competências a serem desenvolvidas, mas através das habilidades apresentadas, constata-se que contribuem para as competências referentes à Representação e Comunicação.

Com relação ao objetivo, o desenvolvimento da sequência de conteúdos está coerente, pois utilizou o verbo “proporcionar” e isso pode ser simplesmente levar os alunos ao laboratório e solicitar e orientar uma investigação sobre qualquer assunto. O aluno AF4 não elaborou o conteúdo, mas apontou quais tópicos deveriam ser tratados. Quanto à análise referente às competências ficou-se dependente dos conhecimentos dos assuntos pesquisados e discutidos em sala de aula, conforme os direcionamentos do professor. Ao final este aluno cita a avaliação dizendo que: “...se dará, por cada etapa de trabalho que o alunos será exposto, ou seja, desde a produção de textos e participação nos questionamentos, até a produção da apresentação do seminário.” Este item não foi solicitado como obrigatório na elaboração deste planejamento.

Em relação à articulação entre FMC e a saúde, faltará uma análise mais adequada, já que não houve a elaboração de um material didático, o que se pode inferir, é que as reportagens e o vídeo correspondem à ideia de aplicações dos conceitos de FMC ao final da aula, tendo em vista que estes articulam os conhecimentos físicos e o tema saúde. Em parte, ele realiza esta articulação ao final da aula, na apresentação do vídeo e reportagens.

Elementos do planejamento	Respostas AF5
Desdobramentos	Item 01
Objetivos	“Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético e sua utilização através das

	tecnologias a elas associadas”.
Tempo da Implementação	2 - 3 horas/aula.
Competências	-
Habilidades associadas	“Ativar e usar conhecimentos prévios”; “Relacionar a compreensão dos fundamentos científicos-tecnológicos da física com a prática”; “Compreender os fenômenos físicos relacionando-os com os fenômenos naturais do cotidiano”.
Metodologia	O aluno cita o método: “Socioindividualizante” Alguns recursos apontados pelo aluno são: folhas xerocadas, data-show, laboratório e filmes (documentários).
Conteúdo	“Definição de radiação; diferença de radiação ionizante e não ionizante, radiação da natureza, espectro magnético”.
Referências	Endereços eletrônicos da CNEN e de duas de suas normas de proteção radiológica

Quadro 4.12 – Elementos do planejamento de AF5.

Discussão dos Resultados de AF5

Neste planejamento de (AF5) não foram apontados as competências, mas pelas habilidades, que também não são indicadas, conforme descritas pelos PCN⁺, parece se associarem as competências Investigação e Compreensão.

Um aspecto curioso foi a palavra “ativar” os conhecimentos prévios dos estudantes, logo, a interpretação dada por nós foi que ele talvez tenha pensado em uma maneira de identificá-los, e então, partir destes. O aluno apresentou apenas uma estrutura do planejamento, sem maiores detalhes de como deveria ocorrer esta interação. Não se pode estabelecer uma coerência dos objetivos com o conteúdo e nem com as competências e habilidades escolhidas. AF5 descreve que a avaliação se daria com a participação e interesse de cada aluno nas discussões e atividades propostas.

O planejamento de AF5 não apresentou explicitamente uma articulação entre os conceitos de FMC e Saúde. Pois não continha um material didático, e sim, tópicos a serem trabalhados pelos alunos do EM, sem detalhes.

Elementos do planejamento	Respostas A16
Desdobramentos	Item 01
Objetivos	“...trabalhar fenômenos envolvidos na interação da radiação com a matéria, caracterizando as radiações que compõem o espectro eletromagnético através das diferentes formas que interagem com a matéria, permitindo aos estudantes uma melhor e mais abrangente compreensão das interações da radiação com a matéria”.
Tempo da implementação	04 aulas
Competências	-
Habilidades associadas	“...propiciar, um olhar investigativo e uma melhor compreensão sobre as ciências e tecnologias contemporâneas e seus impactos na vida humana, além de introduzir novos elementos para o estudantes possam discutir conscientemente sobre a ética da ciência. Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo..”.
Metodologia	Os três momentos pedagógicos e recursos, como o uso de vídeos, slides e outras mídias.
Conteúdo	A Radiação eletromagnética, espectro eletromagnético, tipos de radiações, radiação ionizante e não-ionizante, uso da radiação na medicina,
Referências	Apostila educativa CNEN Livro do ensino Superior Sites: http://www.nuclear2000.hpg.com.br http://br.geocities.com/radioativa_br/ Wikipédia, a enciclopédia livre.

Quadro 4.13 – Elementos do planejamento de A16.

Discussão dos Resultados de A16

Este aluno (A16) apresenta o planejamento em forma de um trabalho com introdução, desenvolvimento, conclusão e bibliografia. Um fato confuso acontece, quando este aluno indica os desdobramentos do item 01 (tipos de radiações e espectro eletromagnético), no entanto, seus objetivos correspondem aos desdobramentos do item 02 (interação da radiação com a matéria). O planejamento do conteúdo (conceitual) contempla o item 01. Este aluno não indicou as competências que pretende contribuir para desenvolvê-las e nem alguma forma de avaliação. Em relação às habilidades apresentadas, mesmo com redação diferente

das dos PCN⁺ pode-se inferir que correspondem às competências de Investigação e Compreensão.

Quanto à coerência entre objetivos, competências/habilidades e o conteúdo, conclui-se que os conteúdos apresentados contemplam os diferentes tipos de radiações e o espectro eletromagnético, contribuindo, em parte, para desenvolver as habilidades descritas, exceto a última que se referia a acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo.

Com relação à articulação entre FMC e a Saúde pode-se constatar que houve uma tentativa de contextualização ao final dos textos, como na maioria dos alunos nestes planejamentos, de que as aplicações são apresentadas ao final dos capítulos como ilustrações e curiosidades. As fontes utilizadas (apostila educativa Comissão de Energia Nuclear, livro de física do ensino superior e sites relacionados a radiações) indicam a preocupação em relacionar os conhecimentos em FMC e a Saúde.

Elementos do planejamento	Respostas AF7
Desdobramentos	-
Objetivos	“Saber diferenciar radiações ionizantes de radiações não ionizantes”; “Intender a origem, tecnológicas ou naturais, das radiações não ionizantes, assim como a sua relação com a saúde humana”.
Tempo da implementação	02 aulas
Competências	-
Habilidades associadas	“Análise e interpretação de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia”; “Símbolos códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia”; “Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia”.
Metodologia	Três momentos pedagógicos utilizando o recurso (textos).
Conteúdo	Material proposto foi um texto sobre “Radiações não ionizantes e seus efeitos sobre a saúde parte I”. Temas propostos para os alunos pesquisarem: Diferenças entre radiações ionizantes e não-ionizantes; Os efeitos da radiação solar sobre a saúde humana; Principais fontes naturais e artificiais de radiações; Quais os possíveis efeitos sobre a saúde humana causadas pelas radiações provenientes da telefonia celular.
Referências	Site: http://www.cram.org.br/?p=1254

Quadro 4.14 – Elementos do planejamento de AF7.

Discussão dos Resultados de AF7

O planejamento deste aluno (AF7) é sucinto, não indica qual desdobramento (01 ou 02) irá desenvolver em suas aulas, aponta como conteúdo um texto intitulado como “Radiações não ionizantes e seus efeitos sobre a saúde parte I” e, ao final da aula, no terceiro momento, alguns temas, listados acima, para os alunos pesquisarem e apresentarem a seus colegas em aula. Não aponta as competências e a avaliação. Analisando-se as “habilidades” listadas, concluem-se através dos PCN⁺, que as competências almejadas são as de Representação e Comunicação. Em relação aos tópicos apresentados (texto e tópicos propostos para a pesquisa) pode-se dizer que o aluno aborda conteúdos relacionados aos dois itens, 01 e 02. O tempo estipulado de 02 aulas se torna, praticamente, impossível tratar todos estes assuntos apresentados.

Os objetivos apresentados são coerentes com as habilidades pretendidas, no entanto, o conteúdo apresentado (texto) não fornece elementos suficientes para se alcançar as habilidades descritas.

Quanto à articulação da FMC com a Saúde, o texto proposto se encarrega de estabelecer esta relação, mas é uma fonte não confiável utilizada pelo aluno, um sitio de clube de radioamadores, que traz alguns erros conceituais, podendo isso prejudicar os alunos deste nível de ensino. Outro aspecto importante foi que a problematização inicial (questionamentos) não relacionou os conceitos de FMC com o tema saúde. A articulação ficou por conta do texto deste sitio e, talvez, de discussões posteriores a respeito do assunto em sala.

Elementos do planejamento	Respostas AF8
Desdobramentos	Item 01 e 02
Objetivos	<p>“...compreender os diferentes tipos de radiações provenientes do Sol e relacioná-los com benefícios e malefícios a saúde e sobrevivência humana”.</p> <p>“...diferenciar os tipos de radiações ultravioletas provenientes do Sol, bem como associá-los a consequências desse tipo de radiação à saúde humana”.</p> <p>“promover discussão sobre o uso do filtro solar e</p>

	proteção em dias nublados são questões que também serão trabalhadas”. “...diferencias radiação ionizante e não-ionizante, bem como, compreender danos e benefícios á saúde quanto à exposição de aparatos tecnológicos que utilizam radiação eletromagnética”.
Tempo da implementação	08 horas-aula.
Competências	Representação e comunicação; Investigação e compreensão
Habilidades associadas	“Acompanhar o noticiário relativo à ciência em jornais, revistas e notícias veiculadas pela mídia, identificando a questão em discussão e interpretando, com objetividade, seus significados e implicações para participar do que se passa à sua volta”. “Compreender a responsabilidade social que decorre da aquisição de conhecimento, sentindo-se mobilizado para diferentes ações, <i>seja na defesa da qualidade de vida</i> , da qualidade das infra-estruturas coletivas, ou na defesa de seus direitos como consumidor”. “Reconhecer que, se de um lado a tecnologia melhora a qualidade de vida do homem, do outro ela pode trazer efeitos que precisam ser ponderados quanto a um posicionamento responsável. Por exemplo, o uso de radiações ionizantes apresenta tanto benefícios quanto riscos para a vida humana”.
Metodologia	Os três momentos pedagógicos
Conteúdo	Radiações emitidas pelo Sol; Espectro eletromagnético; Benefícios e Malefícios da Radiação Solar; Radiação Ultravioleta (RUV), seus riscos e benefícios; Interação da Radiação Ultravioleta com a pele; Protetores Solares: filtros; As nuvens e as RUV; Mitos e verdades sobre a RUV; Efeitos da Exposição a Campos eletromagnéticos; Radiações ionizantes e não-ionizantes; efeitos térmicos e atérmicos; Raios Gama e Radioterapia, Radiosensibilidade e Radiocurabilidade, fontes de energias
Referências	Livros do ensino superior e de pesquisadores em ensino de FMC, Livro de pesquisadores da área de Radioproteção e Radiobiologia e textos dos sites do INCA, INPE e Brasil Escola.

Quadro 4.15 – Elementos do planejamento de AF8.

Discussão dos Resultados de AF8

Este aluno (AF8) apresentou os desdobramentos do item 01 e 02. O planejamento apresentou os conteúdos elaborados, de acordo com os objetivos

correspondentes, procurou contribuir no desenvolvimento das competências e habilidades apontadas. As articulações entre a FMC e o tema saúde, já aparece nos questionamentos iniciais das respectivas aulas, por exemplos:

1) “Para você há alguma relação entre radiação eletromagnética, saúde e meio ambiente? Quais? Justifique”.

2) “Para você há uma distinção entre UVA, UVB e UVC? Aponte quais. Qual a importância do filtro Solar?”

3) “Aponte aspectos positivos na utilização de radiação eletromagnética.”
(AF8)

Um aspecto interessante é que estes questionamentos já contextualizam o tema saúde, passando a exigir os conhecimentos científicos de FMC para assim justificar as respostas. Este planejamento apresenta textos elaborados com uma linguagem acessível para os alunos do EM, bem como uma articulação dos conceitos de FMC e a saúde. Nos momentos finais das aulas ainda são sugeridos vídeos educacionais sobre a natureza da radiação, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Por outro lado, este aluno apresenta um tempo relativamente pequeno para estas implementações e não cita critérios de avaliação.

Elementos do planejamento	Respostas AF9
Desdobramentos	Item 01
Objetivos	<p>“Discutir os conceitos físicos (ondas eletromagnéticas, luz, dualidade onda-partícula, comprimento de onda, campo elétrico e magnético) envolvidos no estudo da radiação, mediante um instrumento utilizado no dia a dia de sua casa (Micro-ondas).”</p> <p>“Aluno tenha autonomia para realizar discussões com os colegas, observando a postura de escutar os colegas, aceitando ou refutando as ideias trazidas pelos mesmos.”</p> <p>“Aluno saiba explicar para seus familiares e/ou conhecidos os riscos da radiação para a saúde humana, bem como saber explicar os fatores de prevenção contra a radiação.”</p>
Tempo da implementação	06 horas-aula.
Competências	-
Habilidades associadas	“Acompanhar o noticiário relativo à ciência em jornais, revistas e notícias veiculadas pela mídia, identificando a questão em discussão e interpretando, com objetividade, seus significados e implicações para participar do que

	<p>se passa à sua volta. Por exemplo, no noticiário sobre telefonia celular, identificar que essa questão envolve conhecimentos sobre radiações, suas faixas de frequência, processos de transmissão, além de incertezas quanto a seus possíveis efeitos sobre o ambiente e a saúde.”</p> <p>“Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso.”</p>
Metodologia	<p>“Discussões sobre os conceitos físicos envolvidos no tema “Radiação”, mediante a abordagem da utilização do micro-ondas.”</p> <p>“A ideia principal é que o professor leve para a sala de aula um micro-ondas e discuta com os alunos como eles tem utilizado o mesmo nas suas casas, explicando os principais fatores de risco da utilização do mesmo.”</p>
Conteúdo	Uma hiperímídia educacional para demonstrar o fenômeno da radiação. Um microondas para uma aula experimental.
Referências	-

Quadro 4.16 – Elementos do planejamento de AF9.

Discussão dos Resultados de AF9

Este aluno (AF9) apresenta uma estruturação de planejamento indicando a utilização de um microondas e uma hiperímídia educacional do fenômeno da radiação. Aponta uma sequência de passos para desenvolver o experimento, e a utilização da hiperímídia, no entanto, aponta a necessidade de elaboração de um texto de apoio pelo professor, mas não o faz. Quanto às fontes de consulta, avaliações e competências a serem desenvolvidas, não faz referência. No entanto, analisando as habilidades apresentadas, parece que estas estão associadas às competências de Representação e Comunicação.

Com relação aos objetivos, eles não são coerentes, principalmente, com a primeira habilidade citada: “*Acompanhar o noticiário relativo à ciência em jornais, revistas e notícias....*” este procedimento não é oportunizado no planejamento da aula. Quanto aos conteúdos são plausíveis quando trabalhados e discutidos na hiperímídia e no experimento com microondas. Estes conteúdos não são descritos no

planejamento. A articulação que o aluno realiza em seu planejamento é durante as discussões, indicando através de questionamentos, como por exemplos: “*Você sabe como é o funcionamento dos micro-ondas? Você sabe dizer são as principais características envolvidas no funcionamento do micro-ondas? Quais os fatores que vocês acham que são os maiores riscos para a saúde humana, quanto a utilização do micro-ondas? Como podemos prevenir nossa saúde dos riscos da utilização do micro-ondas?*”

Orienta ainda uma pesquisa em sites elencados pelo professor, de maneira que elaborassem um texto a ser entregue, como o que se referiu de “*fechamento do trabalho*” (AF9).

Elementos do planejamento	Respostas AI10
Desdobramentos	Item 01
Objetivos	“Levar para os alunos do ensino médio de uma maneira conceitual o tema radiações, mostrando que o mesmo está presente no cotidiano. Mostrar os benefícios e os malefícios.”
Tempo da implementação	08 aulas
Competências	Respondeu o item 01.
Habilidades associadas	Respondeu o ítem 01.
Metodologia	Os Três momentos pedagógicos com recursos didáticos (slides).
Conteúdo	Conteúdo elaborado em slides: Conceito de radiação e seu tipos, radiações ionizantes, benefícios (uso em medicina) e malefícios (exposição a radiação solar).
Referências	Sites sobre Energia atômica e nuclear, Apostila Educativa CNEN, UFPEL e Brasil Escola.

Quadro 4.17 – Elementos do planejamento de AI10.

Discussão dos Resultados de AI10

Este aluno apresentou uma estrutura de planejamento baseados nos três momentos pedagógicos, descrevendo qual deveria ser a atitude do professor perante a turma em cada momento, elaborou 38 slides, contemplando os conteúdos conforme listados no quadro. Utilizou os desdobramentos do item 01, como as competências e habilidades a serem desenvolvidas. O objetivo descrito está de

acordo com o conteúdo contemplado nos slides. Com relação às articulações entre FMC e a saúde, estas foram realizadas ao final dos slides quando se relacionou os malefícios e benefícios das radiações na vida humana. Ao início de cada seção dos slides realizava um questionamento, mas não relacionava ao tema saúde, este foi levando em consideração, após a exposição dos conhecimentos científicos de FMC.

Elementos do planejamento	Respostas AF11
Desdobramentos	Item 02
Objetivos	<p>“Identificar a interação das radiações com a matéria, bem como os seus processos e diferentes tipos.”</p> <p>“Estudar a interação da radiação emitida por ondas eletromagnéticas com a matéria.”</p> <p>“Compreender algumas conseqüências biológicas da interação da radiação com a matéria e a sua utilização no tratamento de doenças.”</p>
Tempo da Implementação	03 Aulas em 05 horas
Competências	-
Habilidades associadas	-
Metodologia	Apresentou apenas na última parte do planejamento
Conteúdo	Elaborou apenas questionamentos sobre o conteúdo e uma Representação através de figuras dos processos de interação da radiação com a matéria (Efeitos Compton, Fotoelétrico e Produção de Pares).
Referências	Artigo da Revista Brasileira de Física Médica, Trabalho do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física EPEF, Apostila Educativa CNEN e Material da Disciplina.

Quadro 4.18 – Elementos do planejamento de AF11.

Discussão dos Resultados de AF11

O planejamento didático deste aluno (AF11) é descrito através dos passos apresentados a seguir:

- “1. As radiações são emitidas por meio de ondas eletromagnéticas ou partículas.
2. Diferenciar radiação ionizante de radiação não-ionizante, através das suas características.

2.1 Radiação ionizante tem energia suficiente para remover elétrons de átomos ou moléculas.

2.1.1 Ionização: quando a energia transferida pela radiação é suficiente para arrancar um elétron do seu orbital.

2.2 A radiação é dita não-ionizante quando não tem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos ou moléculas.

2.2.1 Excitação: a energia transferida é suficiente para que o elétron passe de uma camada mais interna para uma mais externa.

3. O conjunto das radiações ionizantes:

- Radiação eletromagnética: Raios-X, raios gama e outros.

- Partículas carregadas rápidas (com grande energia cinética): partículas alfa, partículas beta, elétrons e pósitrons acelerados e outras.

4. Ocorre transferência de energia quando a radiação ionizante interage com alguma partícula atômica

5. Em dois processos: ionização e excitação”.

(Desenvolvimento da aula, AF11).

No entanto, não se desenvolve os conteúdos e, nem aponta fontes para uma pesquisa. No planejamento da próxima aula, apenas, apresenta três figuras representando os processos de interação da radiação com a matéria, como conteúdo, e um questionamento como avaliação final. Quanto aos objetivos e a sequência de conteúdos existe certa coerência, no entanto não são desenvolvidos, e sim indicados por passos como no desenvolvimento do trecho acima. A articulação que o aluno pretende realizar após o desenvolvimento das duas primeiras aulas, tem a mesma forma de condução do conteúdo, como já apontado nos planejamentos anteriores. Por exemplo, na última aula, apresenta-se um trecho, que consta como organização do conhecimento:

“1. As moléculas são constituídas principalmente por átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

2. A interação deve arrancar elétrons desses elementos, podendo modificar as moléculas e, em consequência, as células.

3. A molécula de água está em abundância no organismo, sofrendo radiólise quando irradiada.

4. A dose absorvida define os efeitos que serão causados no homem, ou seja, quanto maior a dose, maior a possibilidade de danos, morte celular, etc...

5. Se submetemos células cancerígenas, por exemplo, à uma dose de radiação ionizante (Raios X, Gama, partículas alfa e beta...), podemos “destruir” as células ligadas ao câncer.

6. Pode-se fazer teleterapia, onde a fonte está longe do corpo do paciente, ou braquiterapia, onde a fonte está selada e colocada próxima ao tumor.

7. Deve-se ter a maior dose possível na região do tumor, oferecendo o menor comprometimento das células normais.

8. Em teleterapia, aparelhos utilizam Cobalto. A fonte radiativa emite radiação, liberando partículas beta e raios gama com altas energias.

9. Também são utilizados aceleradores lineares, que produzem energias ainda mais altas”.

(Organização do Conhecimento, AF11)

Nesta organização do conhecimento, percebe-se que este aluno retirou estes trechos de algum “texto” e foi elaborando uma sequência para responder o questionamento inicial, “*Como a exposição a radiações pode auxiliar no tratamento de doenças?*”. Percebe-se que este aluno traçou um caminho para contemplar o objetivo. O conteúdo de FMC apresentado, em forma de trechos, nesta última aula, tem potencial para desenvolver todo o conteúdo dos itens 01 e 02. Entretanto, parece que existe uma espécie de “regra”, o de apresentar, inicialmente, os conhecimentos de FMC somente sob os aspectos científicos, como no primeiro trecho extraído, como desenvolvimento da primeira aula. Ao final o aluno orienta que cada aluno elabore uma questão com fins de avaliação final.

4.5. Discussão dos resultados das Tarefas

Na análise da tarefa 07, verificou-se que a maioria dos alunos não a entregou, alegando como principais dificuldades a relação do conteúdo com o tema saúde, a incompreensão dos conteúdos propostos e a falta de clareza nos limites de cada assunto. Os alunos que conseguiram estruturar um planejamento foram os formandos, ou seja, aqueles que, em grande parte, já participam de algum grupo de pesquisa em ensino de física ou de bolsas de iniciação científica. No entanto, estas dificuldades apontaram indícios de que são poucos discutidos estes assuntos (FMC) sob a perspectiva dos documentos oficiais (PCN+) na formação inicial de professores de física.

Já nos planejamentos da tarefa final, com maiores exigências, conseguiram desenvolvê-los com certos limites na elaboração de material, ou mesmo na contextualização com o tema saúde. Alguns alunos limitaram-se a indicar uma sequência de conteúdos a serem trabalhadas, não elaborando materiais próprios, como textos, módulos didáticos, atividades que exigissem criar algo novo. Outro fator constatado foi que, em grande parte, atribuem uma espécie de prioridade em desenvolver os aspectos internos do conhecimento científico e em decorrência destes os aspectos tecnológicos, sociais, históricos, culturais.

Com relação às competências e habilidades dos PCN⁺, chamou a atenção que a maioria dos alunos não as explicitou em seus planejamentos, mas sim, as

habilidades, às vezes, com redação diferente dos PCN⁺. Estas dúvidas, sobre as competências e as habilidades a serem desenvolvidas por determinados assuntos, parecem permanecer entre os alunos, mesmo quando trabalhadas em sala de aula (aulas 04 e 05), situações que tentavam esclarecer estes termos e significações, através de pesquisas e preparação de atividades.

Outros elementos analisados foram os itens avaliação e as referências utilizadas. Quanto aos critérios de avaliação, estes apareceram na minoria dos planejamentos, sendo descritos como um processo, ao longo das etapas das aulas, onde todas as participações e envolvimento nas atividades propostas seriam avaliados. Em relação às fontes de busca dos alunos na construção destas tarefas, foram bem variadas, como os livros do ES e EM, endereços eletrônicos de órgãos governamentais (CNEN, INPE, INCA, Universidades) , periódicos (RBFM) e eventos (EPEF). Geralmente fontes confiáveis e de ótimos materiais de apoio.

5. CONSIDERAÇÕES

Este trabalho intitulado “Física Moderna e Contemporânea e a Saúde: Uma proposta envolvendo Energia Nuclear e Radioatividade na Formação Inicial de Professores de Física” foi motivado pela necessidade de uma atualização curricular no Ensino de Física, onde a sala de aula constituiu-se como o principal campo de pesquisa, fundamentado pela própria história do capital cultural do conhecimento produzido pela pesquisa em Ensino de Ciências (EC) e de Ensino de Física (EF) nestes últimos 40 anos.

Neste sentido, esta proposta debruçou-se sobre os resultados de pesquisa em EC/EF, relacionados aos tópicos de FMC, mais especificamente, ao tema EN/Rad, elaborando, implementando e avaliando uma proposta de uma Disciplina Complementar de Graduação (DCG) na Formação inicial de professores de Física.

Para a elaboração desta proposta foram necessárias investigações sobre a linha de pesquisa em Ensino de Física Moderna e Contemporânea nos principais periódicos e eventos da área de EC/EF, buscando os principais direcionamentos das propostas de ensino, suas limitações e possibilidades de aplicação em sala de aula.

Os resultados destas buscas se apresentaram, em maior número, com trabalhos de natureza a subsidiar os alunos e professores em suas discussões em sala de aula, nos futuros planejamentos didáticos, através de diferentes estratégias e recursos didáticos. Este resultado vem a concordar com a extensa revisão bibliográfica de Ostermann e Moreira (2000), onde também relatam uma maior concentração de trabalhos destinados como fontes de consultas a professores (subsídios).

Em número bastante reduzido de trabalhos aparecem as propostas de ensino, sobre EN/Rad, para a sala de aula, tanto para o EM, quanto para o ES. Entretanto, quando nos restringimos aos trabalhos que implementavam e avaliavam os resultados de aprendizagem ou mesmo as propostas, este número se reduziu ainda mais.

Outro aspecto constatado foi a falta de clareza na descrição do processo de desenvolvimento (elaboração, implementação e avaliação) das propostas de ensino, o que prejudicou um melhor entendimento do contexto da produção do material e

das interações ocorridas em sala de aula. No entanto, apesar das poucas propostas analisadas, elas apresentaram características que, a meu ver, evidenciam o começo da incorporação, de aspectos essenciais nos planejamentos didáticos trabalhados tanto na pesquisa em EC/EF, quanto pelas orientações oficiais (PCN⁺). Estes aspectos apresentados nas propostas, a que me refiro são a interdisciplinaridade, a contextualização e as competências.

Levando em consideração todos os aspectos discutidos até aqui, ao redor do tema EN/Rad, pode-se constatar que estas propostas de ensino podem contribuir em maior ou menor grau para a Formação inicial de professores de Física, se olharmos sob a ótica de Driver (1988), coordenadora do projeto “Children Learning in Science”, que coloca a seguinte questão:

“Por mais efetiva e empiricamente bem-sucedida que certas abordagens didáticas possam ser, a menos que os resultados de pesquisa sejam implementados, elas são de pouco valor para o mundo educacional. Isso levanta questões não só sobre quão bem pesquisadores comunicam suas conclusões aos professores, mas também, antes de qualquer coisa, que “detém” e está comprometido com a investigação”. (Driver, p. 147, 1998)

Neste sentido, Vaz (2008) que estuda os desafios desta articulação entre a teoria (pesquisa) e a prática (ensino), aponta que um caminho possível para que os pesquisadores e professores promovam mudanças, nesta relação, deve-se contar, entre os ingredientes, com a colaboração e o diálogo.

Isso acaba por se refletir na Formação inicial de professores que pode e deve contemplar estas discussões de resultados de pesquisa em sala de aula, enquanto espaço de ensino e aprendizagem do desenvolvimento do conhecimento científico.

Caminhando nesta direção, partiu-se para uma segunda investigação, que se deu, sobre as grades curriculares das licenciaturas em Física das universidades federais do RS. Esta análise baseou-se em verificar quais as disciplinas das grades curriculares, que contemplavam em seus programas os conteúdos sobre o tema EN/Rad e qual as relações entre as disciplinas ditas conceituais e procedimentais.

Os resultados apresentados nesta investigação indicam que a FMC, e em especial o tema EN/Rad, possuem uma série de obstáculos tanto de caráter

conceitual como do ponto de vista procedimental. No entanto, a universidade que mais se destaca em tratar o tema em questão foi a UNIPAMPA, mesmo a UFSM e a UFRGS se apresentando com as que possuem maior número de disciplinas sobre a FMC.

As disciplinas localizadas nas grades²² curriculares das universidades que tratam os assuntos de FMC, em sua imensa maioria, são disciplinas que, segundo as DCN para os cursos de formação de professores de Física, pertencem ao núcleo comum do curso, parte básica do currículo, chamadas disciplinas conceituais, ou teóricas. Este fato se caracteriza em um problema para a formação de professores, pois conforme as DCN orientam, os cursos devem destinar metade de sua carga horária às disciplinas da parte básica e outra metade as disciplinas definidoras de ênfase, ou seja, aquelas procedimentais, ou práticas de ensino. No entanto, parece que a quantidade das disciplinas do núcleo comum está bem além do que a legislação prevê.

Nesta composição da grade surgem os obstáculos, que convergem ainda para outros, quando se observa que as poucas disciplinas de práticas de ensino para tratarem do tema EN/Rad acontecem em semestres anteriores (geralmente no 5º) e as disciplinas conceituais do núcleo comum se encontram geralmente no 7º ou 8º semestre. Logo, afirmo que no máximo estas disciplinas deveriam ocorrer juntas, sem prejuízo da relação teoria e prática.

Esta incompatibilidade temporal que ocorre com as disciplinas ditas conceituais e procedimentais também foi objeto de investigação em questionário inicial da disciplina²³ na UFSM, que demonstrou uma ressonância com estes resultados, através de uma turma mista de alunos (AI e AF), onde alguns AF afirmaram terem visto o tema EN/Rad e, os AI, em sua totalidade, afirmaram nunca terem tido contato com estes assuntos na graduação.

Por outro lado, os resultados do questionário apontam que a maioria dos alunos afirma não ter tido oportunidade de vivenciar atividades de ensino sobre o tema EN/Rad contrariando o programa da única disciplina de prática de ensino, apresentada pelo curso de licenciatura da UFSM.

²² Esta investigação sobre as disciplinas das grades curriculares excluiu-se os Estágios supervisionados, tanto pela análise que deveria se utilizar de outros instrumentos de coletas, como pelas maiorias das escolas da região ainda não contemplarem no currículo o ensino de FMC.

²³ Questão 05 do Questionário Inicial da Disciplina que se encontra analisado no capítulo 4, seção 4.2.

As dificuldades para a inserção de FMC no Ensino Médio, obrigatoriamente, passam pela formação inicial de professores, e se dedicarmos poucas práticas de ensino, sobre este tema EN/Rad na universidade, somados aos empecilhos (currículo) na atuação da escola média, diminuem ainda mais a velocidade com que ocorrerá esta efetiva atualização curricular acontecer.

Estes resultados por si só já sugerem uma pesquisa mais aprofundada em relação aos currículos dos cursos de licenciatura em Física, das universidades, no que diz respeito à contemplação de atividades de ensinos sobre FMC.

Procurando também contribuir neste sentido, de *complementar* o currículo das licenciaturas, foi elaborada uma disciplina intitulada “Radiações e suas Interfaces com a Saúde na Formação Inicial de Professores de Física”. Esta disciplina teve como finalidade proporcionar atividades de ensino sobre o tema estruturador 5 Matéria e Radiação, apontados pelos PCN⁺, que visassem articular os conhecimentos de FMC com o tema Saúde nos planejamentos didáticos destes licenciandos.

Nesta proposta de DCG inicialmente trabalharam-se aspectos da legislação da formação inicial de professores (DCN) e dos alunos do EM (PCN⁺), também se discutiram os elementos de um planejamento didático, a proposta de um módulo didático envolvendo a EN/Rad com a Saúde²⁴, e a construção dos planejamentos pelos licenciandos.

Esta DCG foi utilizada como uma espécie de caminho para convergir à elaboração de planejamentos didáticos dos licenciandos, que se constituíram como um instrumento de investigação sobre a articulação da FMC e o tema Saúde.

Ao longo da disciplina foram elaboradas, além de outras, duas tarefas sobre planejamentos, uma mais pela metade do semestre (tarefa 07) e outra como tarefa final. Os resultados apresentados durante a análise destes planejamentos indicaram grandes dificuldades pelos AI, já que, as disciplinas que contemplam estes conteúdos são lecionadas a partir do 7º semestre.

Os aspectos levados em consideração, ao longo das análises, foram em relação de coerência entre os objetivos, os conteúdos, as competências e as

²⁴ Este módulo elaborado e implementado nas aulas 09 a 12 envolvem a EN/Rad com o tema Saúde, contemplando, principalmente, aspectos da área de Radiologia Médica, este não se constituiu, diretamente, em uma proposta para avaliar a aprendizagem dos alunos e sim como subsídio para a elaboração do planejamento solicitado ao final da disciplina. Este módulo se encontra no apêndice E.

habilidades, listadas na tarefa de planejar. Neste sentido, mesmo aqueles alunos, que não desenvolveram os conteúdos, mas os citaram através de tópicos, conseguiram apresentar coerência, de modo a contemplar as habilidades propostas. Já quanto às competências, poucos alunos as listaram nos planejamentos. Outros já confundiam as habilidades com as competências, mesmo estes elementos sendo discutidos através de atividades de aulas (04 e 05) envolvendo seu significado, com artigos científicos, e de seu desenvolvimento através de elaborações de atividades-problemas.

Logo, considerou-se que estas intervenções pontuais sobre a análise destes documentos oficiais (competências e habilidades) não suprem, neste aspecto, as necessidades formativas destes licenciandos. Um breve comentário, observado em várias análises de tarefas desta disciplina, aqui não descritas, por questão de delimitação dos problemas de pesquisa, mas que preocupa, é o baixo nível de compreensão e interpretação dedicado pelos alunos às questões trabalhadas em sala de aula.

Com relação às articulações entre FMC e a Saúde, procurou-se avaliar sob o seguinte aspecto: como e em que nível ocorrem estas articulações no desenvolvimento dos planejamentos dos licenciandos em física?

A partir da análise do desenvolvimento dos planejamentos destes licenciandos pode-se criar, ao menos virtualmente, um modelo comum, para a maioria dos alunos, onde, as “articulações” acontecem nesta sequência: primeiramente, são desenvolvidos os conhecimentos de FMC e depois como decorrência destes, é proporcionado os usos e aplicações destes na sociedade contemporânea, ou seja, relacionando-os ao final da aula com alguma situação cotidiana.

Esta ênfase quanto ao “ponto de partida” (Valente et. al., 2008) vem do sistema escolar como um todo, pois mesmo atualmente em cursos de nível superior ainda assistimos estes passos.

Neste sentido, os resultados da elaboração destes planejamentos entram em consonância com a pesquisa realizada por Valente et. al. (2008) sobre a abordagem da Física Nuclear, nos livros didáticos do Ensino Médio:

“Nos livros didáticos os aspectos tecnológicos, históricos ou sociais são inseridos pontualmente, como decorrência dos aspectos conceituais, ou seja, como “ilustração” ou exemplo de aplicação dos conteúdos científicos. Nessa seqüência, pode-se perceber que “as questões do mundo contemporâneo” e suas diferentes dimensões, constituem um “apêndice” da física”. (Valente et. al., p. 12, 2008)

Uma sugestão, que esta autora dá como forma de seleção e organização de conteúdos, é uma matriz. São elencados em três colunas os aspectos Científicos, Tecnológicos e Sociais (CTS) relacionando-se com os conteúdos (as linhas) através de questionamentos. Logo, pode-se escolher o caminho a percorrer conforme os objetivos formativos que o professor deseja.

Nos planejamentos elaborados pelos alunos as articulações que ocorreram entre FMC e a Saúde são de nível semelhante aos apontados no trabalho de Valente et. al. (2008) no qual os aspectos sociais, tecnológicos e históricos analisados nos livros didáticos têm a função de ilustração ou como um apêndice da Física. Acredita-se que uma forma, como a proposta da DCG, de articular temas significativos com os conhecimentos de física, pode e deve ganhar uma proporção maior na vida destes estudantes. Talvez fosse necessário, em uma futura reedição desta disciplina, um recorte para se trabalhar especificamente com planejamentos relacionando as duas áreas, FMC e a Saúde, muito solicitado pelos alunos ao longo da disciplina, e deixando para outro momento, ou disciplina, a discussão dos documentos oficiais, já que estes demandam mais tempo no seu entendimento.

Outro aspecto a destacar diz respeito às vivências dos alunos com este tipo de trabalho. Foi apontada a necessidade de se trabalhar sob a perspectiva de construção de planejamentos didáticos, relacionando o tema EN/Rad com outras áreas do saber, tendo como base os PCN+. Estes relatos tiveram início no questionário inicial, quando se evidencia nas respostas a ausência de disciplinas, que abordam este tipo de articulação e também quando se referem a planejamentos didáticos sobre estes assuntos na sua formação inicial. Logo, esta DCG contribuiu na formação inicial destes estudantes suprimindo a escassez de vivências de atividades de ensino ao redor deste tema.

Um dos possíveis desdobramentos visualizados nesta pesquisa poderiam ser os encaminhamentos para uma investigação visando, principalmente, os docentes formadores de professores, sob quais condições estes profissionais incorporam os resultados de pesquisa em Ensino de Física na prática de Ensino de FMC, no Ensino Superior, colaborando para que se estabeleça uma efetiva atualização no currículo do Ensino de Física.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo, Lisboa**. Edição 70, 1977.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. [S. l.]: Persona, 1988.

BRASIL, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei 9.394, de 20/12/1996.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física**. PARECER CNE/CES nº 1.304/2001.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais** / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BROCKINGTON, G. e PIETROCOLA, M. **Serão as regrws aas da transposição aplicáveis aos conceitos de física moderna**. In: Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo, 2004.

CARVALHO, A. P. de. e Gil-Pérez, D. **Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações**. 8ª Ed. São Paulo, 2006.

CHEVALLARD, Yves. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique, 1998.

DRIVER, R. **Research on Students Conceptions in Science: A Bibliography**. Leeds: Children's Learning in Science Project, CSSME, University of Leeds, 1988.

LIMA. E. M. **Perfil dos Vídeos do Ministério da Saúde**, Monografia de Especialização, UnB, Brasília, 2001.

LIMA, E. M.. **A Saúde como Tema Transversal na Escola**. Revista Pedagogia Ano 3; nº 6. Edição especial sobre formação de professores.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. 2003, **Avaliação do Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. In: Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ciências – ENPEC. ABRAPEC. Bauru, SP, 2003.

MELLO, G. N. de. **Formação inicial de professores para a educação básica: uma (re)visão radical**. São Paulo em perspectiva, 14(1) 2000.

MONTEIRO, M. A. e NARDI, R. **As Tendências das Pesquisas sobre a FMC apresentadas nos ENPEC**. ENPEC, 2007.

OLIVEIRA, F. F. **O Ensino de Física Moderna com enfoque em CTS: Uma proposta metodológica para o Ensino Médio usando o Tópico Raios X** - Dissertação de Mestrado ao Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, da UFRJ, 2006.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. **Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

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, v.5, n.1, 2000.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. **Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente**. Investigações em Ensino de Ciências. V.14(3), 2009.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. **Os Parâmetros Curriculares Nacionais para as Ciências do Ensino Médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores**. Investigações em Ensino de Ciências, v.13 (03), 2008.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. **O Ensino das Ciências no Nível Médio: um estudo sobre as dificuldades na implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n.3, 2002.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. **Os Parâmetros Curriculares Nacionais na Formação Inicial dos Professores das Ciências da Natureza e Matemática do**

Ensino Médio. Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre – Instituto de Física da UFRGS, v.12, n.3, 2007.

RODRIGUES, C. M. **Inserção da Física Moderna no Ensino Médio aliado à tecnologia do Sistema de Posicionamento Global (GPS).** Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências. Dissertação de Mestrado, UFSM, 2011.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico.** 23 ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SIQUEIRA, M. R. da P. **Do Visível ao Indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio.** USP, São Paulo, 2006. Sorpreso e Almeida, (2010).

TERRAZZAN, E. A. **A Inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau.** Caderno catarinense de Ensino de Física, 9(3): 209-14, 1992.

TERRAZZAN, E. A. **Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média.** Dissertação de mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação - USP. São Paulo, 1994.

TIMM N. R. e SAUERWEIN, I. P. S. Energia Nuclear e Radioatividade no Ensino Médio: uma investigação da produção acadêmica na área de ensino em ciências. **EPEF, 2011.**

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. **Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.15, n.2, pp.121-135, ago. 1998.

VALENTE, L. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: caminhos para a sala de aula,** USP, São Paulo, 2009.

VALENTE, L. **A Física Nuclear: caminhos para a sala de aula.** EPEF, 2008

VAZ, A. M. **Articulando Teoria e Prática: Desafios para o Ensino de Física.** A Pesquisa em Ensino de Física e a Sala de Aula: articulações necessárias. Editora Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, 2010.

WHO, Carta de Ottawa, pp. 11-18. In Ministério da Saúde/FIOCRUZ. *Promoção da Saúde: Cartas de Ottawa, Adelaide, Sundsvall e Santa Fé de Bogotá*. Ministério da Saúde/IEC, Brasília. 1986.

Apêndice A – Referências dos Artigos dos periódicos e eventos analisados.

GRASSI G., FERRARI P.C. A Linguagem dos Quadrinhos no Estudo da Radioatividade no Ensino Médio: O Acidente com o Césio-137 em Goiânia, 20 anos depois. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009.

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**, v.5, n.1, 2000.

SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M.J.P.M. A Construção de um Episódio de Ensino com Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e o Imaginário de Licenciandos em Física. **XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2007.

SORPRESO, T. P.; e ALMEIDA, M. J. P. M. A Construção de um Episódio de Ensino com Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e o Imaginário de Licenciandos em Física. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009.

SORPRESO, T. P.; e ALMEIDA, M. J. P. M. Elaboração de Episódios de Ensino tratando da Questão Nuclear: relações entre abordagens e conteúdos. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009.

SORPRESO, T.P.; ALMEIDA, M.J.P.M. Aspectos do Imaginário de Licenciandos em Física numa situação envolvendo a Resolução de Problemas e a Questão Nuclear. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, v. 25; nº01, 2008.

SORPRESO, T.P.; ALMEIDA, M.J.P.M. Discursos de Licenciandos em Física sobre a Questão Nuclear no Ensino Médio: Foco na Abordagem Histórica. **Ciência e Educação**, v.16, nº1, p.37-60, 2010.

SOUZA, A. M.; GERMANO, A. S. M. Análise de Livros Didáticos de Física quanto a suas abordagens para o conteúdo de Física Nuclear. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009.

SOUZA, M. A. M.; DANTAS, J. D. Fenomenologia Nuclear: uma proposta conceitual para o Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, v.27, nº01, 2010.

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**, 9(3): 209-14,1992.

BROCKINGTON, G. e PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição aplicáveis aos conceitos de física moderna. In: **Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. São Paulo, 2004.

MACHADO, D. I. e NARDI, R. Avaliação de um sistema hipermídia enquanto recurso didático para o ensino de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza a Ciência. In: **Atas do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. São Paulo, SP, 2006.

MACHADO, D. I., NARDI, R. 2003, Avaliação do Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. In: **Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ciências – ENPEC**. ABRAPEC. Bauru, SP, 2003.

MONTEIRO, M. A. e NARDI, R., Tendências das Pesquisas Sobre o Ensino da Física Moderna e Contemporânea Apresentadas nos ENPEC. In.: **Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. ABRAPEC. Florianópolis, SC, 2007.

OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A. Uma Revisão Bibliográfica sobre a Área de Pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências** - V5(1), PP.23-48, 2000.

PEREIRA, A.P. e OSTERMANN, F. Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências** – V14(3), pp. 393-420, 2009.

TIMM, N. R. et. al. Energia Nuclear e Radioatividade no Ensino Médio: uma investigação da produção acadêmica na área de ensino em ciências. In.: **Atas do**

Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF – SBF. Foz do Iguaçu, PR, 2011.

Endereços Eletrônicos dos Periódicos e Eventos

Alexandria – Revista de Educação em Ciências e Tecnologia -
<<http://www.ppgect.ufsc.br/alexandriarevista>> - Acessado em 10 de agosto de 2010.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física – Disponível em:
<<http://www.periodicos.ufsc.br>> Acessado em 15 de agosto de 2010.

Ciência e Educação - <<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao>> -
Acessado em 03 de agosto de 2010.

Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências -
<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>> - Acessado em 03 de setembro de 2010.

Revista Brasileira de Ensino de Física – Disponível em
<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>> Acessado em 16 de julho de 2010.

Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC) –
Disponível em <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>> - Acessado em 24 de agosto de 2010.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias – Disponível em
<<http://www.saum.uvigo.es/reec/>> Acessado em 17 de agosto de 2010.

Revista Investigações em Ensino de Ciências – Disponível em
<<http://www.if.ufrgs.br/ienci/>> - Acessado em 08 de agosto de 2010.

Simpósio Nacional de Ensino de Física – Disponível em
<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>> ; Acessado em 18 de setembro de 2010.

Apêndice B – Relação dos trabalhos analisados nos Eventos conforme seus códigos.

T1 – Física Nuclear: caminhos para a sala de aula; Valente et. al. EPEF, 2008.

T2 – Um Objeto de Aprendizagem para Trabalhar Conceitos de Radioatividade e Modelos Atômicos na Formação de Professores de Química; SALGADO et. al. ENPEC, 2009.

T3 – A Radioatividade através das Conferências Nobel de Marie e Pierre Curie; CORDEIRO e PEDUZZI, ENPEC, 2009.

T4 – Um Estudo sobre a Inserção do Tema “Energia Nuclear” no Ensino Médio de Municípios da Baixada Fluminense – RJ; PEREIRA et. al. ENPEC, 2009.

T5 – A Física do Núcleo aplicada ao Estudo do Sangue; ZAMBONI et. al. SNEF, 2005.

T6 – A Física e a Irradiação de Alimentos; OLIVEIRA et. al. SNEF, 2005.

T7 – Preparação de Padrões de Filmes Finos para Análise IBA: uma atividade para iniciantes na pesquisa em física nuclear aplicada; DELGADO et. al. SNEF, 2005.

T8 – A Construção de um Episódio de Ensino com Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e o Imaginário de Licenciandos em Física; SORPRESO e de ALMEIDA, SNEF, 2007.

T9 – A Linguagem dos Quadrinhos no Estudo da Radioatividade no Ensino Médio: o acidente com o cézio-137 em Goiânia 20 anos depois; GRASSI e FERRARI, SNEF, 2009.

T10 – Análise de Livros Didáticos de Física quanto a suas Abordagens para Conteúdo de Física Nuclear; SOUZA E GERMANO, SNEF, 2009.

T11 – Elaboração de Episódios de Ensino tratando da Questão Nuclear: relações entre abordagens e conteúdos; SORPRESO e de ALMEIDA, SNEF, 2009.

T12 – A Divulgação Científica fundamentada na Teoria da Aprendizagem significativa de David Ausubel: uma proposta com o tema da radioatividade e sua implementação.

Apêndice C – Ementa da Disciplina Complementar de Graduação

DCG PARA LICENCIATURA EM FÍSICA (Disciplina Complementar de Graduação)

TÍTULO	RADIAÇÕES E SUAS INTERFACES COM A SAÚDE NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA.
CARGA-HORÁRIA	60h/Semestre
PRÉ-REQUISITOS	Estar cursando Licenciatura
DOCENTE RESPONSÁVEL	Inés Prieto Schmidt Sauerwein
SEMESTRE	2º/2011
HORÁRIO PROPOSTO	Segunda e quarta-feira: 19h – 21h
CRÉDITOS	04
VAGAS PROPOSTAS	20

Vagas - Curso
Física - Licenciatura (20 vagas)

1- OBJETIVOS

- 1.1. Discutir e contextualizar resultados de pesquisa sobre o tema;
- 1.2. Contribuir no desenvolvimento de determinadas competências e habilidades básicas nos futuros professores de Física, a partir de vivências, de atividades de ensino relacionadas ao Tema Estruturador Radiação e Matéria, envolvendo o tema transversal Saúde;
- 1.3. Discutir planejamentos curriculares contemplando os aspectos apontados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

2- PROGRAMA

Unidade 1: **Formação de Professores - Legislação**

- 1.1. Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) - Competências e Habilidades;
- 1.2. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) - Temas Estruturadores - Radiação e Matéria.

Unidade 2: **Dimensões de um planejamento didático**

- 2.1 Matéria e suas propriedades
- 2.2 Radiações e suas interações
- 2.3 Energia Nuclear e Radioatividade

3- REFERÊNCIAS

3.1. Bibliografia Básica

- ALVETTI, Marco Antônio Simas. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. p.15-53. UFSC, 1999.
- BRASIL, 2000. **Parâmetros Curriculares Nacionais⁺** - Ensino Médio. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>
- BRASIL, 2002. **PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais)** – Ensino Médio, Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>
- BRASIL/MEC/CNE, 2001. **Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>
- BRASIL/MEC/CNE, 2002. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12907:legislacoes&catid=70:legislacoes
- BRASIL/MEC/SEB, 2006. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Volume 02. Pag.45-66. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13558&Itemid=859
- Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN. **Apostilas Educativas**. Disponível em: <http://www.cnem.gov.br/ensino/apostilas.asp>
- DELIZOICOV, Demétrio et. Al. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. Demétrio Delizoicov, José André Angotti e Marta Maria Pernambucano. Editora Cortez, São Paulo, 2002.
- NARDI, Roberto (Org.). **Ensino de Ciências e Matemática I**. Temas sobre Formação de Professores. “*Dificuldades dos Professores em Introduzir a Física Moderna no Ensino Médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos*”. p.145-160. Editora Cultura Acadêmica, 2009.
- OKUNO, Emico et Al. **Física Para Ciências Biológicas e Biomédicas**. Editora Habra. 2ª Ed.1986.
- OKUNO, Emico. **Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios**. Editora Habra, 1998.
- OLIVEIRA, F. F. **O Ensino de Física Moderna com enfoque em CTS: Uma proposta metodológica para o Ensino Médio usando o Tópico Raios X** - Dissertação de Mestrado ao Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, da UFRJ, 2006.
- 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, v.5, n.1, 2000.

SANCHES, Mônica Bordim. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Qual sua presença em sala de aula?** p 42-69. Dissertação de Mestrado. UEM- Maringá - PR, 2006.

VALENTE et. Al. **Física Nuclear: caminhos para a sala de aula.** XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Curitiba – 2008.

3.1. Links Complementares:

Alexandria – Revista de Educação em Ciências e Tecnologia -

<http://www.ppgect.ufsc.br/alexandriarevista>

Caderno Brasileiro de Ensino de Física – CBEF -Disponível em:

<http://www.periodicos.ufsc.br>

Ciência e Educação - <<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao>

Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências -

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>

Revista Brasileira de Ensino de Física – RBEF - Disponível em

<http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>

Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC – Disponível

em *<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>*

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias – REEC - Disponível em

<http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Revista Investigações em Ensino de Ciências – IENCI - Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/ienci/>

Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF- Disponível em

<http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. IPEN. Disponível em:

<https://www.ipen.br/sitio/>

Apêndice D – Questionário Inicial

QUESTIONÁRIO INICIAL

Matrícula: _____

1. Assinale as disciplinas já cursadas:

- Cálculo I
- Tópicos de Fís.Contemp.
- Física I
- Labor. de Física I
- Computação Bás. Fortran
- Cálculo II
- Álgebra Linear
- Física II
- Labor. de Física II
- Química Geral Inorg.
- Cálculo III
- Equações Difer. I
- Física III
- Labor. de Física III
- Didática I da Física
- Instrum. Ens. Física A
- Métodos Num. e Comp.
- Equações Difer. II
- Física IV
- Labor. de Física IV
- Didática II de Física
- Instrum. Ens. Física B
- Psicologia da Educação
- Políticas. Púb. e Gestão na Ed. Bás.
- Unid. de Cont. de Física I
- Instrum. Ens. Física C
- Estágio Superv. Ens. Fís. I
- Mecânica Clássica I
- Eletromagnetismo I
- Termodinâmica
- Unid. de Cont. de Física II
- Estágio Superv. Ens. Fís. II
- Instrum. Ens. Física D
- Mecânica Quântica I
- Labor. de Física Moderna
- Eletrônica p. Física
- Estágio Superv. de Física III
- Fundam. Hist. Fil. da Física
- Estrutura da Matéria
- Estágio Superv. Ens. Fís. IV
- Outras: _____

Ano de Ingresso: _____

Apêndice E – Questionário Específico para Levantamento de Dúvidas da Tarefa 07.

Componentes:

Questionamentos relativos a tarefa 06.

1. Qual a maior dificuldade que encontraram no planejamento?
2. Houve dúvidas quanto aos conteúdos (o quê) abordados no planejamento?
3. Qual critério de escolha que você(s) utilizaram para estabelecer a metodologia da aula?
4. Quanto às fontes utilizadas? Quais foram? Houve algum critério?
5. Você acha que o aluno precisa saber para entender este conteúdo sugerido?
6. Se fossem orientados a planejarem conforme o texto dos PCN⁺ seria mais fácil?

Unidade Temática: Matéria e Radiação

Item 1: Utilizar os modelos atômicos propostos para a constituição da matéria para explicar diferentes propriedades dos materiais (térmicas, elétricas, magnéticas etc.).

Apêndice F – Planejamento Didático das Aulas 01 a 08.

Aula 01

Apresentação da Disciplina:

Radiações e suas Interfaces com a Saúde na Formação Inicial de Professores de Física

Questionário Inicial

Objetivos:

- Apresentar a proposta da disciplina (Objetivos e Sistema de avaliação)
- Investigação sobre os alunos matriculados na disciplina (Disciplinas cursadas, ano de ingresso, conhecimentos sobre os documentos oficiais (DCN e PCN⁺), o tema EN/Rad envolvendo Saúde).

Dinâmica: Apresentação em Slides: programa, objetivos e dinâmica das aulas e sistema de avaliação.

Tarefa 01

Aplicação do Questionário Inicial

Nota: A ementa da DCG encontra-se no apêndice C. O Questionário Inicial encontra-se no apêndice D.

Aula 02

Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Física (DCN)

Projeto Pedagógico do Curso de Física da UFSM.

Objetivo:

- ❖ Conhecer as competências, habilidades e vivências que a legislação (DCN e PP do curso de Física) aponta como necessárias no processo formativo de professores de Física.
- ❖ Investigar quais aspectos, segundo os alunos, não estão sendo contemplados na atual formação inicial.

Dinâmica utilizada: Solicita-se aos alunos individualmente que pesquisem e realizem uma leitura das DCN p/ os cursos de Física, no site do MEC, comparando ao seu Projeto Pedagógico do curso de Licenciatura da UFSM. Após esta pesquisa, apresenta-se uma questão como tarefa para entregar, na próxima aula.

Material utilizado: Computadores com conexão a INTERNET. (Aula realizada no laboratório de informática)

Tarefa 02

Questão 01: Analisando as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) dos cursos de Física e o perfil desejado ao Licenciando em Física da UFSM (PPP) aponte aspectos (competências, habilidades e vivências) os quais não estão sendo contemplados na atual formação.

Aula 03

Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN⁺)

Objetivos:

- ❖ Identificar nos PCN⁺, quais as orientações/sugestões de modificações em relação ao atual Ensino de Física do Ensino Médio.
- ❖ Identificar a função dos temas estruturadores no Ensino de Física sob a ótica dos PCN⁺.
- ❖ Investigar junto aos licenciandos que já estão em sala de aula, ou aqueles que, há pouco, concluíram o EM, quais conteúdos estão sendo abordados dentro do tema 5 - Matéria e Radiação.

Dinâmica utilizada: Computadores com conexão a INTERNET. (Aula realizada no laboratório de informática)

Tarefa 03

- 1) *Analise e descreva os aspectos dos PCN+ em que são sugeridas modificações em relação ao atual ensino de Física.*
- 2) *Descreva com suas palavras, qual a função dos temas estruturadores no ensino de Física apontado nos PCN+.*
- 3) *Com relação ao Tema 5: Matéria e Radiação, quais aspectos estão sendo contemplados no atual ensino de Física do Ensino Médio?*

Aula 04

Competências e Habilidades (PCN⁺)

Objetivo:

- ❖ Buscar compreender os termos competência e habilidade utilizados nos PCN⁺.

Dinâmica utilizada: Solicita-se aos licenciandos no laboratório de informática que realizem uma pesquisa procurando responder a questão da tarefa 04.

Tarefa 04

Questão 01: Realizar uma pesquisa em artigos da área do Ensino de Ciências (internet) selecionando um artigo, ou mais, no qual forneçam subsídios para que vocês possam descrever o que significa Competências e Habilidades.

Observação: Deve-se descrever a referência completa do(s) artigo(s) utilizado(s).

Aula 05

Competência e Habilidade (PCN⁺)

Objetivo:

- ❖ Elaborar uma atividade tendo como objetivo desenvolver, ao menos em parte, a competência e habilidade escolhida.

Dinâmica utilizada: Distribuíram-se as seguintes páginas: 63 a 68 dos PCN+, e solicitou-se a elaboração das atividades supracitadas. Esta tarefa foi solicitada para a realização em grupos de no máximo 03 alunos.

Tarefa 05

Atividades – Problema.

1. *Escolha uma competência e habilidade associada, apontada pelos PCN⁺. (Páginas 63 a 68)*
2. *Construa uma atividade/problema direcionada a alunos do Ensino Médio, que vise contribuir para o desenvolvimento desta competência/habilidade escolhida.*

Bibliografia utilizada:

Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN⁺). Portal do MEC, Brasil, 2002.

Aula 06

Dimensões de um Planejamento Didático

Objetivo:

- ❖ Compreender as dimensões envolvidas em um planejamento com perspectivas didático-pedagógicas.

Dinâmica utilizada: Cada licenciando deve ler o referido capítulo, e elaborar no mínimo três questões para discussão em sala de aula. Estas questões selecionadas referem-se às dúvidas encontradas, durante sua leitura.

Material Utilizado:

Texto selecionado: Metodologia do Ensino de Ciências. 4ª parte- *Abordagem de temas em sala de aula. Capítulo I - Conhecimento e Sala de Aula. Páginas 177-202.*

As Três Dimensões envolvidas na interação Professor-Aluno estudadas neste capítulo são:

1. Dimensão epistemológica das interações;
2. Dimensão educativa das interações;
3. Dimensão didático-pedagógica das interações.

Tarefa 06

Questão 01: Leitura e elaboração de, no mínimo, três questões para discussão em sala de aula.

Bibliografia utilizada:

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2007.

Aula 07 (Analisada)

Unidade 01 – Matéria e suas propriedades.

Objetivo:

- ❖ Elaborar a estruturação de um planejamento relacionando aspectos conceituais da FMC com o tema transversal Saúde.

Dinâmica: Solicitar a estruturação de um planejamento didático.

Tarefa 07

Questão 01: Realizar uma estruturação de um planejamento didático que contemple algumas das diferentes propriedades dos materiais (elétricas, magnéticas, térmicas, ópticas, etc.) relacionando com o tema transversal Saúde, unidade 3, do tema 5 – Matéria e Radiação.

- Propriedades Físicas

- Propriedades Elétricas (condutividade elétrica, resistividade elétrica, etc.)
- Propriedades Magnéticas (permeabilidade magnética; força coercitiva, indução magnética, etc.)
- Propriedades Térmicas (condutividade térmica; dilatação térmica, etc)
- Propriedades Óticas (transparência; índice de refração, etc.)

Aspectos que devem ser contemplados:

- O quê ensinar? (conteúdos);
- Como ensinar? (tipo de metodologia ou abordagem utilizada);
- Objetivos;
- Tempo estimado da implementação;
- Referencias das fontes.

Aula 08

Evolução dos Modelos Atômicos

Objetivo:

- ❖ Compreender a evolução e as principais características apresentadas por cada Modelo Atômico.

Dinâmica utilizada: Solicitar que desenvolvam esta atividade em grupos, pesquisando na INTERNET. (Aula no Laboratório de Informática - CCNE)

Tarefa 08

Questão 01: Realizar uma pesquisa sobre a evolução dos modelos atômicos até o atualmente aceito, destacando as principais características de cada modelo (problemas que fizeram com que fossem substituídos, etc.)

Nota: Esta pesquisa deve ser apresentada em sala de aula para discussões.

Apêndice G – Planejamento Didático (Aulas 9 a 13)

AULA 09 – TRANSFORMAÇÕES NUCLEARES

Objetivo:

- Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade e sua presença em sistemas tecnológicos (ênfase medicina).

Problematização Inicial

Atividade 01: Questionamentos

1. Para você que tipo de energia é utilizado em medicina nuclear? E para que pode ser útil este tipo de energia em medicina?
2. O que significa um elemento ser radioativo?

Organização do conhecimento

Atividade 02: Leitura e discussão de texto.

Texto 01 - Por que certos elementos são radioativos?

O núcleo atômico é constituído por partículas chamadas de nucleons, que quando carregadas eletricamente são os prótons e, quando neutras os nêutrons. O próton (carga positiva) é de mesmo valor que a carga negativa do elétron. Os nucleons (prótons ou nêutrons) possuem uma massa de aproximadamente 1850 vezes maior do que a do elétron, de maneira que a massa atômica é praticamente igual à massa do núcleo.

Sabendo-se que os prótons têm carga positiva e estão próximos um dos outros dentro do núcleo atômico e, que cargas de mesmo sinal se repelem, então, por que eles não se afastam devido a essa força repulsiva? Isso não acontece, porque existe uma força ainda maior atuando no interior do núcleo – a *força nuclear*. Tanto os prótons como os nêutrons se ligam através desta força atrativa. A parte principal desta força nuclear, a parte que mantém os nucleons juntos, é chamada de interação forte. Esta força atua somente em distâncias muito pequenas (figura 01).

Ela é muito forte entre nucleons que estão afastados até cerca de 10^{-15} metros, mas praticamente nula para separações maiores do que esta (figura 02).

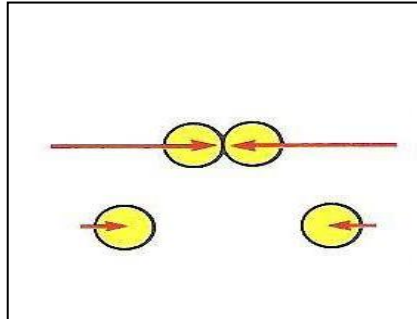


Figura 01: A interação nuclear forte é uma força de curto alcance. Para núcleons muito próximos ou em contato, ela é muito forte, mas para um afastamento de alguns poucos diâmetros de nucleons, ela é praticamente nula.

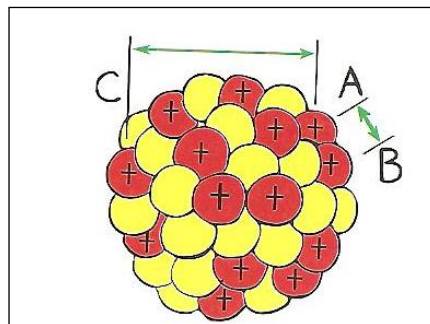


Figura 02: O próton A atrai (força nuclear) e repele (pela força elétrica) o próton B, mas principalmente repele o próton C. Quanto maior for a distância entre A e C, mais importante será o papel da repulsão e mais instável torna-se o núcleo. Portanto núcleos maiores são mais instáveis do que núcleos menores.

Assim, quando temos núcleos pequenos, ou seja, prótons que estejam pertos entre si (até 2fm), a força nuclear domina a força elétrica de repulsão. Porém, quando temos elementos com núcleos grandes (“pesados”) a distância aumenta e a força nuclear pode ser pequena comparada com a força elétrica de repulsão. Portanto, um núcleo grande não pode ser tão estável quanto um núcleo pequeno.

Cada elemento químico tem um número específico de prótons no núcleo; assim, por exemplo, o carbono tem 6 prótons, o nitrogênio tem 7 prótons, e o oxigênio tem 8 prótons. No entanto, o número de nêutrons dentro de um núcleo pode variar para cada elemento.

A presença de nêutrons no núcleo desempenha um papel importante na estabilidade nuclear. A ligação entre um próton e um nêutron é mais forte do que a ligação aos pares (dois prótons e dois nêutrons). Logo, temos como resultado, os primeiros 20 ou mais elementos classificados na tabela periódica com o mesmo número de prótons e nêutrons. Já para elementos mais pesados como o exemplo do Urânio U-238, que possui 92 prótons, existem 146 (238-92) nêutrons. Se o núcleo do urânio possuísse igual número de prótons e nêutrons (92), ele se romperia em pedaços que seriam ejetados a grandes velocidades. Os 54 nêutrons extras são necessários para trazer uma relativa estabilidade do núcleo. Mesmo assim o U-238 ainda é instável devido às forças elétricas.

Um princípio importante envolvido na instabilidade do núcleo é o da *conservação de energia*. Nesse caso, leva-se em conta que a massa é equivalente à energia e que uma delas pode transformar-se em outra. Deste modo, pode ser calculado pela equação da energia liberada, por exemplo, em um decaimento alfa:

$$Q = [M(x) - M(y) - m_{\alpha}] \cdot c^2.$$

M(x) e **M(y)** são as massas do elemento pai e filho, respectivamente e, **c** a velocidade da luz.

Os núcleos de um dado elemento com número diferente de nêutrons, porém, de igual número atômico (nº prótons) são chamados de *isótopos*. Estes podem ser estáveis ou instáveis. Os núcleos instáveis são núcleos em níveis energéticos excitados, com excesso de partículas ou de cargas, e eventualmente podem dar origem à emissão espontânea de uma partícula e/ou energia do núcleo, passando, então, de um núcleo (pai) para outro (filho) em nível energético menos excitado ou fundamental. Esta “partícula” pode ser alfa, elétron, pósitron ou um *fóton da radiação gama*. A esse fenômeno se dá o nome de *Desintegração nuclear* ou *decaimento nuclear* ou *decaimento radioativo*. Os isótopos instáveis são, portanto, radioativos e também conhecidos como radioisótopos. Observe os núcleos instáveis e suas possíveis emissões, nas figuras 03 e 04.

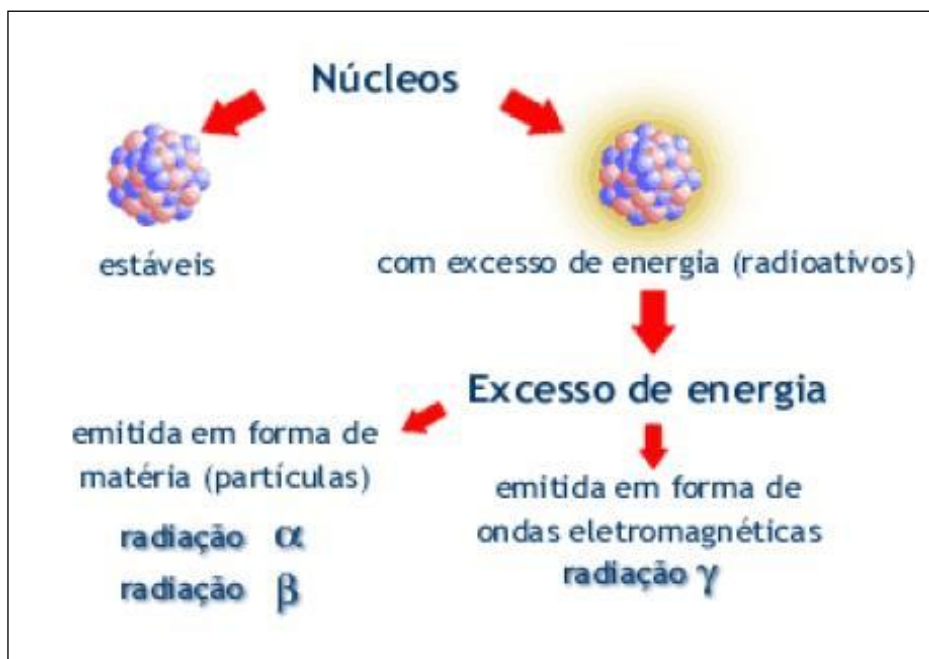


Figura 03: retirada da Apostila Educativa - CNEN

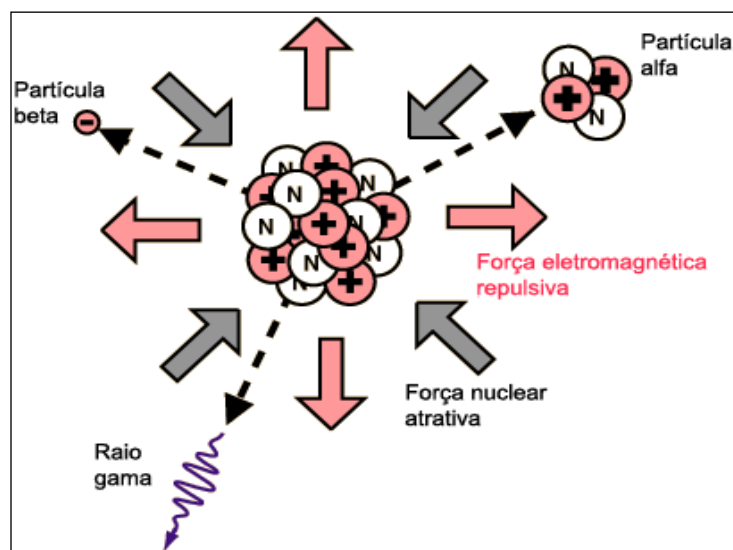


Figura 04: Núcleo Atômico e as forças envolvidas em sua coesão e, as possibilidades de emissões.

Atividade 03: Apresentação do vídeo 01.

Exposição de vídeos 01 e 02 - A energia atômica parte 01 e 02.

Este vídeo descreve os elementos que constituem um átomo, dando ênfase na energia do núcleo, explica as transformações nucleares (fissão e fusão).

Atividade 04: Leitura e discussão do texto 02.**Texto 02 - Medicina Nuclear**

A medicina nuclear é um serviço onde se utilizam dos radioisótopos, tanto para o diagnóstico como em tratamentos. Estes radioisótopos são produzidos por reatores nucleares ou por aceleradores de partículas. Associados a eles estão às substâncias químicas (fármacos) que se associam a órgãos e tecidos específicos do corpo humano.

Então, os radiofármacos (radioisótopo + fármaco) são administrados nos pacientes, onde se concentram no local a ser examinado (órgãos e/ou tecidos), emitindo radiação que por sua vez é detectada no exterior do corpo pelos detectores (câmaras gama) que podem transformar esta informação em imagens, permitindo estudarmos o funcionamento destes órgãos detalhadamente.

Os radiofármacos utilizados para estes diagnósticos possuem meia-vidas (T1/2) curtas (dias ou horas), ou seja, sua atividade será reduzida para níveis desprezíveis em curto intervalo de tempo minimizando a possibilidade de danos nos pacientes. Na figura 05 é apresentado os radiofármacos mais utilizados em medicina nuclear, fabricados pela CNEM, de acordo com o órgão do corpo humano, entre parênteses está o radioisótopo.

A partir de 1998, vem sendo utilizado em alguns estados brasileiros (RJ, SP e DF) uma nova técnica chamada de Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET sigla em inglês). Esta técnica como o próprio nome diz, é um mapeamento da distribuição de radiofármacos emissor de pósitrons em um determinado corte do corpo humano. A figura 06 ilustra o esquema de decaimento de um elemento $C \gg B$, aniquilação do pósitron com elétron e a formação do par de fótons de 511 keV cada, em opostas.

No entanto, esta técnica ainda fica restrita a poucos lugares, devido à meia vida muito curta destes radiofármacos utilizados, os quais devem ser produzidos próximos aos locais de uso.

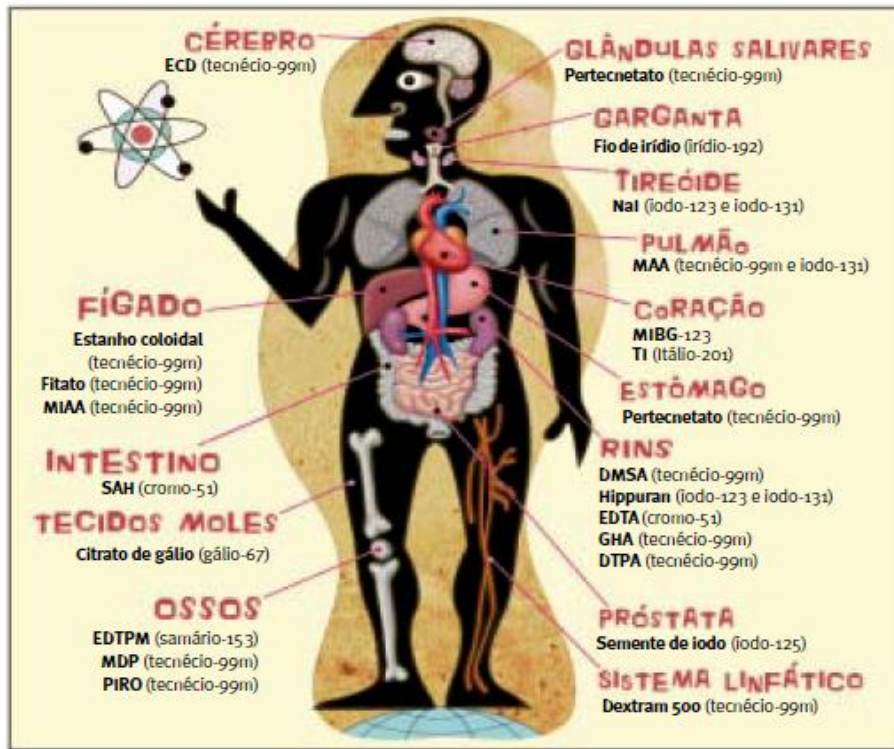


Figura 05: retirada do artigo Energia Nuclear e seus usos na sociedade. CIÊNCIA HOJE, vol. 37, nº 220, 2005.

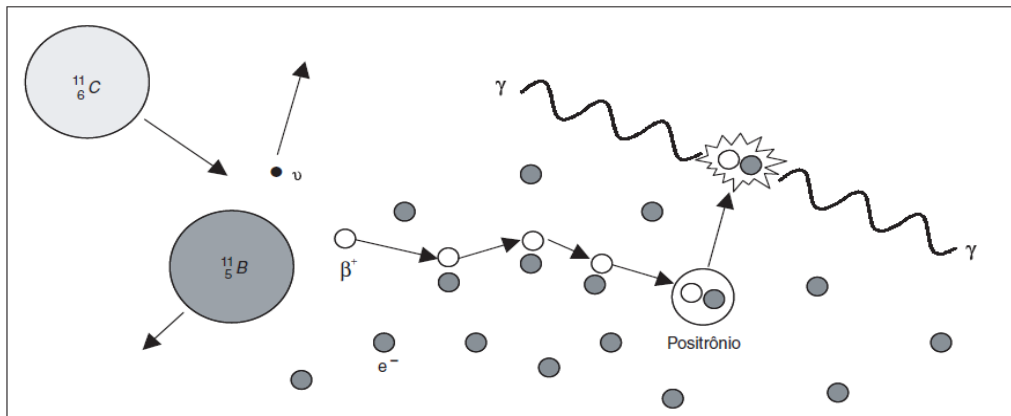


Figura 06: retirada do artigo A Tomografia por Emissão de Pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira, Ver. Panam. Salud. Publica/Pan. Am. J. Public. Health 20(2/3), 2006.

As radiações nucleares também são aplicadas em diversas terapias, principalmente, no tratamento de câncer. Neste caso, a irradiação tem como objetivo matar as células e impedir sua multiplicação. Adiante veremos mais detalhes destes tipos de tratamentos.

Atividade 05: Apresentação do vídeo 03.

Exposição do vídeo 03: Medicina Nuclear

Neste vídeo se expõe os usos e aplicações da energia nuclear na área de medicina.

Disponível no site: <http://www.youtube.com/watch?v=m6bSksxL2SQ>

Atividade 06: Leitura e discussão do texto 03.**Texto 03 - Lei da Desintegração Nuclear**

Em 1902, Ernest Rutherford e Frederick Soddy publicam um artigo, *The cause and nature of radioactivity* (*Philosophical Magazine*, v.4, p. 370-396, 1902), onde apresentaram a lei estabelecida experimentalmente:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1.1)$$

Onde N_0 é o número de átomos inicialmente ($t=0$); $N(t)$, o número de átomos que ainda não se desintegraram após “ t ”; e , a base dos logaritmos naturais; λ , a constante de decaimento característico de cada radioisótopo.

Meia Vida Física ($T_{1/2}$)

Uma fonte radioativa tem muitos átomos não havendo como dizer quando um dado núcleo irá desintegrar. Mas, podemos dizer que decorrido certo intervalo de tempo ($T_{1/2}$), chamado de *meia vida física*, a metade dos núcleos “sofre” decaimento, ou seja, resta à metade de sua população inicial. Então, cada radioisótopo tem uma meia vida característica, temos radioisótopos com meias-vidas ($T_{1/2}$) curtas (de segundo(s)), ou longas (de milhões de anos). A figura 07 ilustra o decaimento de dois elementos distintos.

Portanto, **Meia Vida** é o tempo necessário para a atividade de um material radioativo ser reduzido à metade de sua atividade inicial.

Sabendo disso, podemos achar uma relação entre a meia vida $T_{1/2}$ e a constante de desintegração λ , a partir do fato de que, para $t = T_{1/2} \rightarrow N = N_0/2$

$$\text{Que resulta em: } \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \quad \text{ou} \quad e^{\lambda T_{1/2}} = 2 \quad (1.2)$$

Tomando o logaritmo neperiano dos dois lados da igualdade e levando em conta que $\ln 2 = 0,6931$ temos:

$$T_{1/2} = \frac{0,6931}{\lambda} \quad (1.3)$$

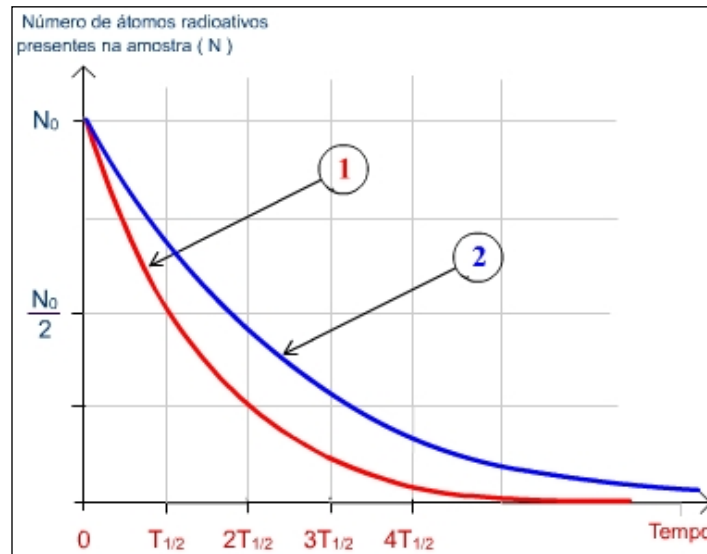


Figura 07: Apresenta duas curvas de decaimento de dois elementos 1 e 2 com diferentes constantes de desintegração. Ilustração retirada do site de biofísica da UFRGS.

<http://www.ufrgs.br/biofis/>

Atividade de uma amostra radioativa

A velocidade com que se desintegram os núcleos dos átomos, por unidade de tempo, de uma determinada amostra chama-se *atividade*. Esta taxa de decaimento é escrita como:

$$A(t) = \lambda N(t) \quad (1.4)$$

Esta equação demonstra que o número de desintegrações de um tipo de núcleo radioativo por unidade de tempo é proporcional ao número de tais núcleos presentes.

Substituindo-se o $N(t)$ da eq.(1.1) na eq. (1.3), obtém-se:

$$A(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t} \quad (1.5)$$

Onde $A_0 = N_0 \lambda$ e $A = N\lambda$ são atividades da amostra inicial e, no instante t respectivamente.

Unidade utilizada

A unidade de atividade no Sistema Internacional (SI) é o Becquerel (Bq), sendo $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$, que é uma desintegração por segundo. Esta unidade substituiu a unidade Curie (Ci), que foi definida como o número de desintegrações por segundo de uma amostra contendo 1 grama de Ra-226, então:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ s}^{-1} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Aplicação do conhecimento

Atividade 07:

- Retomar as questões da problematização inicial;
- Realizar resolução de problemas relacionados ao que foi abordado na organização do conhecimento. (tarefa 08)

CLASSIFICAÇÃO PERIÓDICA DOS ELEMENTOS.
Com massas atômicas referidas ao isótopo 12 do Carbono

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

ATENÇÃO:
- O carbono 12 serve como referência às massas atômicas.
- Os elementos artificiais são apresentados em cor verde.
- São chamados: - representativos ou não de transição os elementos dos grupos - A (todos) e B (somente 1B e 2B)
- transição simples: 3B até 8B
- transição interna: Terras Raras, Lantanídeos (57 a 71) e Actinídeos (89 a 103)

ELEMENTOS DE TRANSIÇÃO

LEGENDA: Metálicos Não-Metálicos Artificiais Gases e Não-Metálicos Semimetálicos Líquidos

CHAVE

PUNTO DE FUSÃO > 100°C
 PUNTO DE FUSÃO < 100°C
 DENSIIDADE > 1g/cm³
 ESTADOS DE OXIDAÇÃO +3, +4, +5
 SIMBOLO
 ESTRUTURA ELETRÔNICA

Figura 07: Tabela periódica dos elementos

Bibliografia

CNEN — **Apostilas educativas** – Energia Nuclear – Radioatividade. CIÊNCIA HOJE vol. 37, nº 220, 2005; CNEN

Hewitt P. G. – **Física Conceitual** – Tradução: Trieste Freire Ricci; Maria Helena Gravina. – 9º Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2002.

Okuno E.; Yoshimura E. – **Física das Radiações** – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

Okuno E.; Caldas I.L; Chow C. – **Física para as ciências biológicas e biomédicas** – São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

Robilotta, C. C; **A Tomografia por Emissão de Pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira**, *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health* 20(2/3), 2006.

Rutherford e Soddy ***The cause and nature of radioactivity*** -*Philosophical Magazine*, v.4, p. 370-396, 1902).

AULA 10 – A DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE

Objetivo:

- Entender o contexto histórico em que se deu a descoberta da radioatividade;
- Compreender os tipos de decaimento radioativo dos elementos instáveis.

Problematização Inicial

- 1) Vocês sabem, aproximadamente, em que ano as radiações começaram a ser utilizadas na medicina? E quem foi o(a) pioneiro(a) ?
- 2) A radioatividade pode ser criada artificialmente ou ela é natural de alguns elementos?
- 3) Aponte quais as características que se assemelham e se diferenciam entre os raios x e os raios gama.

Organização do Conhecimento

Atividade 01: Leitura e discussão do texto 01.

Texto 01: A DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE

Começaremos um pouco antes, pelo ano de 1895 quando Wilhelm Conrad Röntgen, doutor pela universidade de Zurique em 1869, descobriu um tipo de radiação que atravessava corpos opacos, apesar de serem absorvidos, em partes, por estes. Chamou esta radiação desconhecida de **radiação X** ou **raios X**. Logo, constatou que estes raios tinham as seguintes propriedades: *de excitar substâncias fosforescentes e fluorescentes; impressionar placas fotográficas e; aumentar a condutividade elétrica do ar que atravessavam*. Em janeiro de 1896, a notícia da descoberta dos raios X já tinha criado em todo mundo uma enorme comoção. Pode-se imaginar o deslumbramento em relação a estes raios, já que por meio destes, tudo se tornava transparente. Em 1902, Röntgen recebe o premio Nobel de Física.



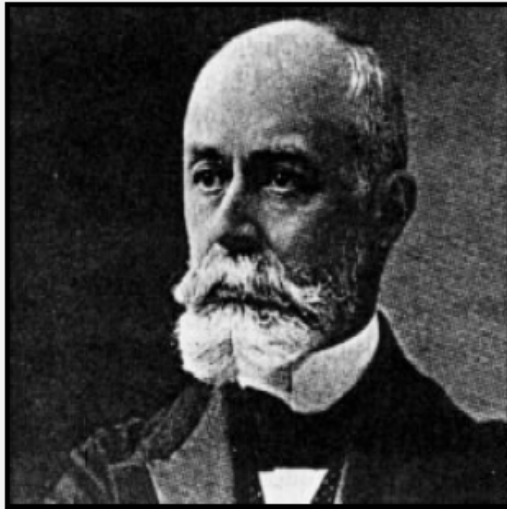
Figura 01: retirada dos sites www.nautilus.fis.us.pt; e www.medicinaintensiva.com.br respectivamente. Demonstra a foto de W. C. Röntgen e, uma das primeiras fotografias do corpo humano, a mão de sua esposa.

Ao final de 1895, Röntgen envia informações preliminares sobre seus raios-X, a vários colegas, entre os quais Henri Poincaré, matemático, que sempre demonstrava interesse pelas pesquisas básicas de Física (participou de debates sobre a natureza dos raios catódicos). Esta descoberta, talvez o tenha entusiasmado mais que qualquer outro cientista, pois em uma sessão da Academia de Ciências em 1896, apresentou as primeiras radiografias que haviam sido enviadas por Röntgen.

Nesta sessão, um dos seus colegas da Academia, Henri Becquerel perguntou-lhe de onde emergiam os raios X. Poincaré respondeu que aparentemente os raios eram emitidos da área da válvula oposta ao catodo, à área em que o vidro se tornava fluorescente. Daí surge a possibilidade, segundo Becquerel, de uma relação entre os raios-X e fluorescência. Assim, no dia seguinte, se pôs a realizar experimentos para verificar se as substâncias fluorescentes emitiam os raios-X, levando a descoberta dos *raios urânicos* (radioatividade).

A Fosforescência e a Fluorescência era interesse da família Becquerel, pois H. Becquerel juntamente com o seu pai Edmond Becquerel, seu avô Antonie César Becquerel e, por fim, seu filho Jean Becquerel, representaram quatro gerações, quase 80 anos (1828 a 1908), na Academia de Ciências de Paris em busca de descobertas a respeito destes fenômenos. Logo, Becquerel estava predestinado a descobrir a radioatividade.

Radiação Emitida pelo Urânio Ioniza Gases



Henri Becquerel

Henri Becquerel, cientista da Academia de Ciências de Paris, constatou que os raios emitidos pelo urânio, que haviam sido descobertos por ele mesmo, tinham a capacidade de ionizar gases. Assim foi possível medir a intensidade dos raios emitidos por uma amostra.

Para se ter uma melhor idéia do que são estes raios, transcrevemos parte dos relatórios de Becquerel que foram publicados pela *Comptes-rendus* da Academia Francesa de Ciência:

“Cobri uma... chapa fotográfica... com duas folhas de papel negro grosso, tão grosso que a chapa não ficou manchada ao ser exposta ao sol durante um dia inteiro. Coloquei sobre o papel uma camada de substância fosforescente (um sal de urânio) e expus tudo ao sol por várias horas. Quando revelei a chapa fotográfica, percebi a silhueta da substância fosforescente em negro sobre o negativo... A mesma experiência pode ser feita com uma lâmina de vidro fina, colocada entre a substância fosforescente e o papel, o que exclui a possibilidade de ação química resultante de vapores que poderiam emanar da substância quando aquecida pelos raios solares. Portanto podemos concluir destas experiências que a substância fosforescente em questão emite radiações que penetram no papel que é opaco à luz...” [Comptes-rendus de l’Academie des Sciences, Paris, 122, 420, (24/ 02/ 1896)].

“Como o sol não voltou a aparecer durante vários dias, revelei as chapas fotográficas, que estavam no escuro de minha gaveta, a primeiro de março, na expectativa de encontrar imagens muito deficientes. Ocorreu o oposto: as silhuetas apareceram com grande nitidez. Pensei imediatamente que a ação poderia ocorrer no escuro.” [Comptes-rendus, 126, 1086, (03/03/1896)].

Figura 02: retirada e adaptada da apostila do Instituto de Química da UFRGS. Transcrições de H. Becquerel.

Com estas experiências Becquerel conclui que os raios emitidos dos sais de urânio nada tinham a ver com o fenômeno de fosforescência apresentado por este material.



Figura 03: retirada do site <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ur%C3%A1nio>, demonstra a impressão da chapa radiográfica pelos sais de urânio de Becquerel.

Na época, a descoberta de Becquerel não se comparava a descoberta de Röntgen, assim os cientistas continuavam a falar dos raios-X e a testá-lo, deixando que os raios de Becquerel ficassem a cargo de seu descobridor. Becquerel avançou

e em março de 1896, descobriu que estes raios também provocavam ionização dos gases, transformando-os em condutores, e a partir daí pôde-se medir a “atividade” de uma amostra simplesmente por estas ionizações produzidas.

Ao final de 1897, Marie Curie, casada com Pierre Curie, nascida na Polônia, passou a interessar-se pelos raios de Becquerel. Em 1898, ela já tinha determinado que elementos conhecidos fossem radioativos e suspeitara da existência de elementos mais intensamente radioativos. Juntos Pierre e Marie Curie descobriram o Polônio, nome dado em homenagem à pátria de Maria Slodowska. O casal, nessa época, já explicava a radioatividade como uma propriedade atômica. Descobriram também a radioatividade no grupo do Bário (bário, estrôncio e cálcio). O casal Curie contou com o auxílio do químico francês G. Bélmont nas pesquisas, ou seja, na separação dos elementos e na busca por um laboratório. Logo no início, não conseguiram isolar a radioatividade do bário; quando, finalmente tiveram êxito, mediante a cristalização fracional, descobriram uma nova substância intensamente radioativa, e deram o nome de Radio. Este elemento foi descoberto em 1910, doze anos após a descoberta do polônio, devido sua difícil extração, que exigia um longo trabalho, já que, para extrair 01 grama do elemento, tiveram que tratar aproximadamente 10 toneladas de mineral.

Em 1903, o Casal Curie e H. Becquerel receberam o prêmio Nobel de Física, pela contribuição nos estudos dos fenômenos da radioatividade, o que contribuiu bastante para melhorar a condição financeira do casal.

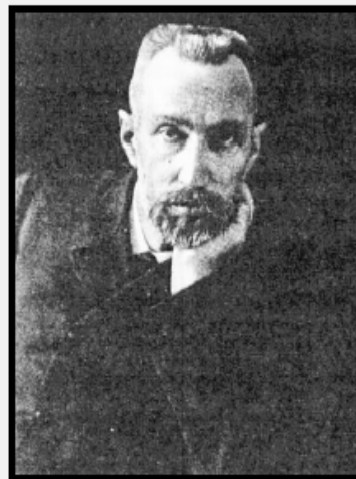


Figura 04: retirada do site <http://www.algosobre.com.br/biografias/pierre-e-marie-curie.html>, demonstra a foto do casal Curie.

Na Entrega do Prêmio Nobel, Pierre Curie Discursa pela Paz

Pierre Curie, cientista francês, foi agraciado com o Prêmio Nobel de Física juntamente com sua esposa, Marie Skłodowska-Curie, e Henri Becquerel. A escolha destes cientistas foi devida à descoberta da radioatividade, palavra inventada por Mme. Curie.

Pierre encerrou seu discurso de agradecimento com palavras de otimismo: *“Podê-se ainda conceber que, em mãos criminosas, o rádio (elemento químico por nós descoberto) venha a tornar-se bastante perigoso, e aqui podemos indagar-nos se é*



Pierre Curie

vantajoso para a humanidade conhecer os segredos da natureza, se está madura para usufruir desses segredos ou se esse conhecimento lhe será nocivo... No entanto, estou entre aqueles que pensam, como Nobel, que a humanidade extrairá mais bem do que mal das novas descobertas”.

Figura 05: retirada e adaptada da apostila do Instituto de Química da UFRGS.

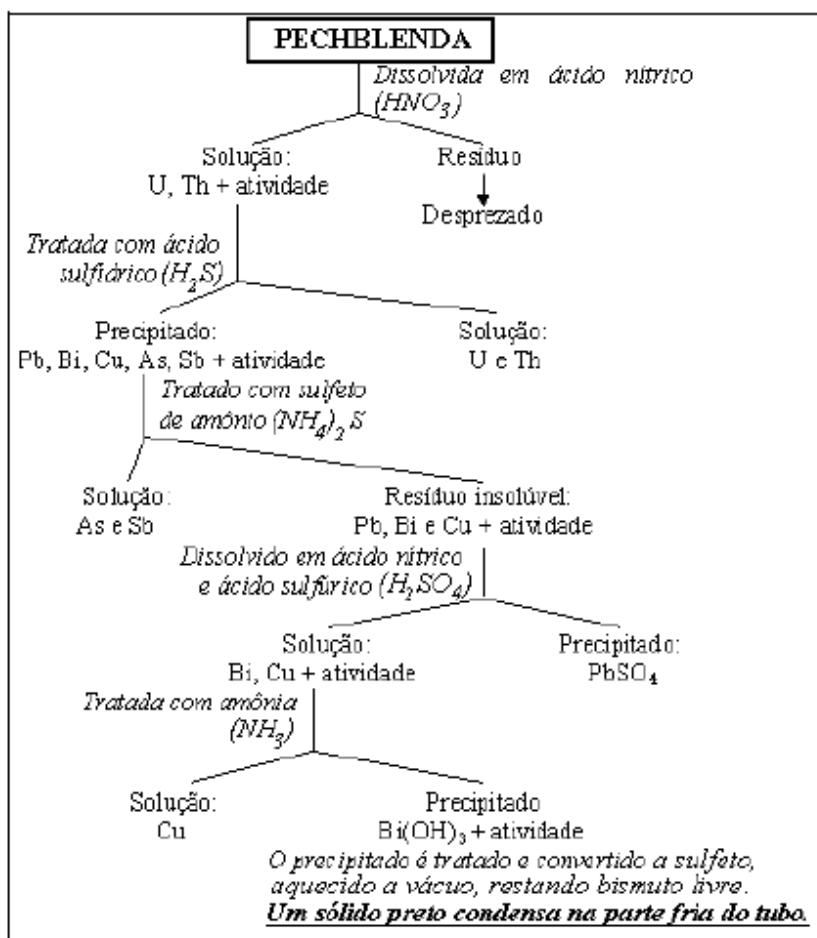


Figura 06: Apresenta o trabalho de M. Curie que culminou na descoberta do polônio, retirada da apostila de Radioatividade do Instituto de Química da UFRGS.

Em abril de 1906, uma terrível tragédia aconteceu, Pierre morre atropelado por uma carroça, em uma rua, em Paris, cujo cavalo estava solto das rédeas.

No período de 1900-1906, M. Curie deu aula na École Normale Feminine, em Sévres, ocupando depois o cargo de assistente do marido, na Faculdade de Ciências. Na seqüência, foi indicada para ser professora da Soborne, em substituição a Pierre.

Em 1911, M. Curie foi laureada com o segundo prêmio Nobel de Química pela descoberta do Polônio e do Rádio.

Por ocasião da primeira guerra, Marie Curie era uma celebridade mundial, e o governo francês finalmente destinara verbas para o laboratório almejado por tanto tempo, pelos Curie, porém este só foi finalizado após a guerra. *No início desta guerra, Marie demonstrou-se indignada pela falta de equipamentos radiológicos nos hospitais de campo, assim sabendo da utilidade da radiação, organizou uma equipe*

de ambulâncias equipadas com aparelhos de Raios-X, levando consigo sua filha Irène, de dezoito anos de idade, na qualidade de assistente.

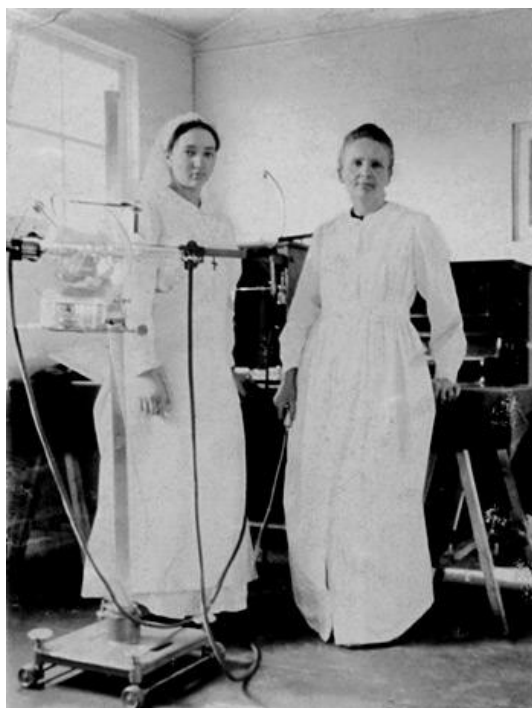


Figura 07: Apresenta M.Curie e sua filha Irène, em 1915, no hospital Hoogstade na Bélgica, retirada do site www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/marie-curie-photo.html,



Figura 08: M. Curie em 1934, retirada do site www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/marie-curie-photo.html,

Após a guerra, em 1921, fez uma viagem triunfal aos EUA, onde o presidente Harding ofereceu-lhe de presente o rádio adquirido com contribuições feitas por cidadãos norte-americanas. Nesta época, podia-se notar que o rádio poderia ter efeito sobre o tecido biológico, tendo como um dos primeiros a se queimar H. Becquerel que carregava em um bolso de seu colete uma amostra de rádio preparado pelos Curie. Os Curie também apresentaram lesões provocadas pelo Rádio.

Por volta de 1931, já parecia frágil pela sua saúde, cada vez mais cambaleante. Ao final de sua vida, ainda conseguiu assistir a descoberta de sua filha e seu genro: a radioatividade artificial.

Atividade 02: Apresentação de um vídeo sobre a M. Curie. Uma produção da Rede de Televisão Espanhola RTVE. “*ERASE UMA VEZ...LOS INVENTORES*”, 1994. Tempo aproximado: 23min.

Atividade 03: Leitura e discussão do texto 02.

Texto 02: Radioatividade Natural

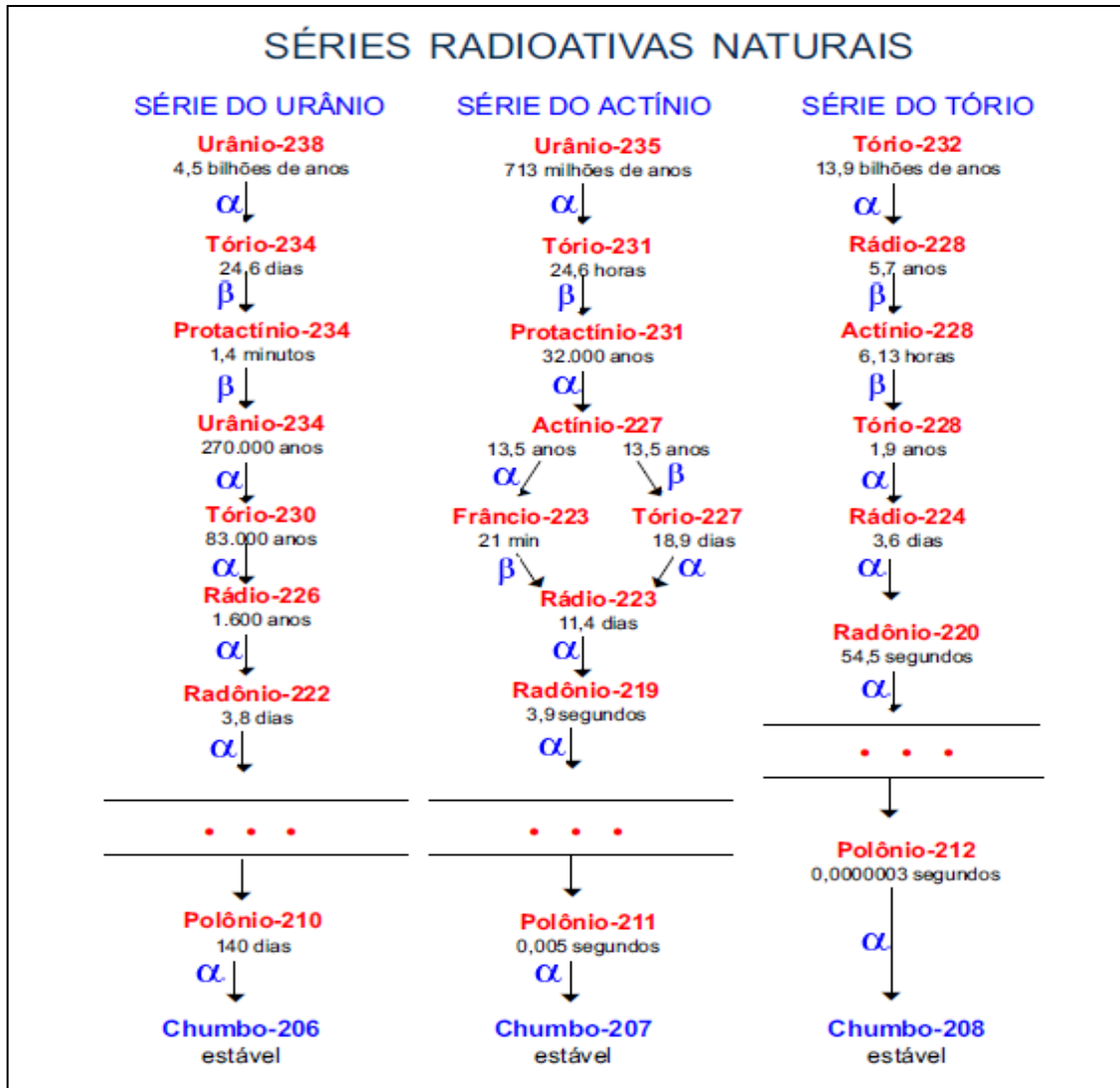
Quando elementos instáveis (isótopos radioativos) transformam-se em outros, através de seqüências de desintegrações nucleares, em busca da estabilidade de seu núcleo, surgem as séries, ou famílias radioativas. Estas séries radioativas naturais são particularmente, apresentadas como três famílias importantes: A série do Actínio, a Série do Urânio e, a Série do Tório. Respectivamente os elementos (^{235}U , ^{238}U e ^{232}Th) são os elementos PAI das séries, ou seja, inicia-se com estes e terminam com os núclídeos estáveis ^{207}Pb , ^{206}Pb e ^{208}Pb (isótopos do chumbo $_{82}\text{Pb}$) No quadro 01 são apresentados alguns elementos das séries radioativas naturais.

“Alguns elementos radioativos têm meia-vida muito longa, como, por exemplo, os elementos iniciais de cada série radioativa natural (urânio-235, urânio-238 e tório-232).

Dessa forma, é possível explicar, porque há uma porcentagem tão baixa de urânio-235 em relação ao urânio-238. Como a meia-vida do urânio-235 é de 713 milhões de anos e a do urânio-238 é de 4,5 bilhões de anos, o urânio 235 decai muito mais rapidamente e, portanto, é muito mais consumido do que o urânio-238.

Com o desenvolvimento de reatores nucleares e máquinas aceleradoras de partículas, muitos radioisótopos puderam ser “fabricados” produzidos, utilizando-se isótopos estáveis como matéria prima. Com isso, surgiram as Séries Radioativas Artificiais, algumas de curta duração”.

(Extraído um trecho da página 14 da Apostila de Radioatividade da CNEN)



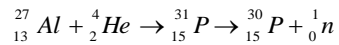
Quadro 01: Apresenta as séries radioativas naturais, retirado da Apostila Educativa CNEN – Radioatividade.

Produção Artificial de Radioisótopos

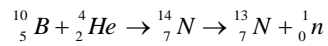
Os trabalhos de transmutação artificial começaram em 1934, com Irène Curie, filha do Casal Curie, e seu marido Frédéric Joliot (Prêmio Nobel em 1935). Eles produziram artificialmente, pela primeira vez, os elementos radioativos fósforo P-30 e

o nitrogênio N-13. Bombardearam o $^{27}_{13}\text{Al}$ e o $^{10}_5\text{B}$ com partículas alfas emitidas pelo Polônio-210.

As reações nucleares foram as seguintes:



O $^{30}_{15}\text{P}$ é radioativo e decai em $^{30}_{14}\text{Si}$, com meia vida de 2,5min.



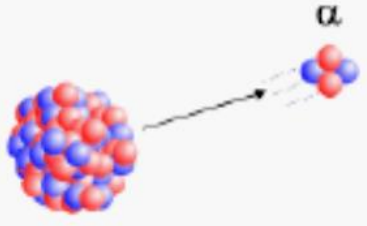
O $^{13}_7\text{N}$ é radioativo e decai em $^{13}_6\text{C}$, com meia vida de 10,1min.

Agora a produção artificial de radioisótopos em grande quantidade só se tornou possível com o desenvolvimento do Cíclotron, por Ernest Orlando Lawrence e Milton Stanley Livingston, no começo da década de 1930, e de reatores nucleares de fissão na época da segunda guerra mundial, por Enrico Fermi.

Tipos de Decaimentos

RADIAÇÃO ALFA OU PARTÍCULA ALFA

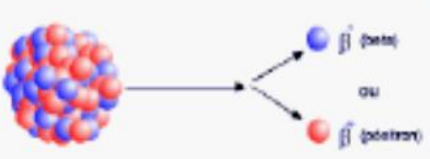
Um dos processos de estabilização de um núcleo com excesso de energia é o da emissão de um grupo de partículas positivas, constituídas por dois prótons e dois nêutrons, e da energia a elas associada. São as **radiações alfa** ou **partículas alfa**, núcleos de hélio (He), um gás chamado "nobre" por não reagir quimicamente com os demais elementos.



RADIAÇÃO BETA OU PARTÍCULA BETA

Outra forma de estabilização, quando existe no núcleo um excesso de nêutrons em relação a prótons, é através da emissão de uma partícula negativa, um elétron, resultante da conversão de um nêutron em um próton. É a **partícula beta negativa** ou, simplesmente, **partícula beta**.

No caso de existir excesso de cargas positivas (prótons), é emitida uma **partícula beta positiva**, chamada **pósitron**, resultante da conversão de um próton em um nêutron.

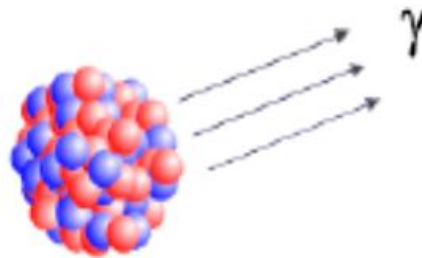


Portanto, a **radiação beta** é constituída de partículas emitidas por um núcleo, quando da transformação de nêutrons em prótons (**partículas beta**) ou de prótons em nêutrons (**pósitrons**).

Figura 09: Pagina 06 da Apostila Educativa sobre Radioatividade – CNEN.

RADIAÇÃO GAMA

Geralmente, após a emissão de uma partícula alfa (α) ou beta (β), o núcleo resultante desse processo, ainda com excesso de energia, procura estabilizar-se, emitindo esse excesso em forma de onda eletromagnética, da mesma natureza da luz, denominada **radiação gama**.



PARTÍCULAS E ONDAS

Conforme foi descrito, as radiações nucleares podem ser de dois tipos:

- partículas**, possuindo massa, carga elétrica e velocidade, esta dependente do valor de sua energia;
- ondas eletromagnéticas**, que não possuem massa e se propagam com a velocidade de 300.000 km/s, para qualquer valor de sua energia. São da mesma natureza da luz e das ondas de transmissão de rádio e TV.

A identificação desses tipos de radiação foi feita utilizando-se uma porção de material radioativo, com o feixe de radiações passando por entre duas placas polarizadas com um forte campo elétrico.

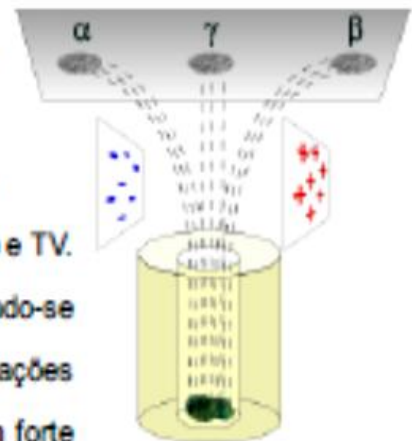


Figura 10: Pagina 07 da Apostila Educativa sobre Radioatividade – CNEN.

Aplicação do conhecimento

Atividade 04:

- Retomar as questões da problematização inicial, discutindo com os alunos.
- Realizar resolução de problemas relacionados ao que foi abordado na organização do conhecimento. (tarefa 09)

Bibliografia:

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. **Noções Básicas de Proteção Radiológica**. 2002.

Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. **Apostila Educativa sobre Radioatividade**. [Http://www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)

OKUNO. E; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações**. Oficina de textos. São Paulo, 2010.

Instituto de Química. **Módulos para o Ensino de Radioatividade**. UFRGS <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/>

Segré, E. **Dos Raios X aos Quarks**. Físicos Modernos e suas descobertas, Editora: UnB. Prêmio Nobel 1959 (descoberta do antipróton);

Sugestão de leitura:

A RADIOATIVIDADE ATRAVÉS DAS CONFERÊNCIAS NOBEL DE MARIE E PIERRE CURIE – VII ENPEC 2009.

COMO BECQUEREL NÃO DESCOBRIU A RADIOATIVIDADE - Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis, 7 (Número Especial): 27-45 .

AULA 11 – INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA

Objetivo:

- Compreender como ocorrem os principais processos de interação da radiação com a matéria.
- Conhecer os princípios físicos básicos envolvidos em radioterapia.

Dinâmica: Aula expositiva e dialogada (passo a passo).

- 1º. *Problematização Inicial* - Solicita-se aos alunos que formem grupos e respondam as questões supracitadas, identificando esta folha de questão com os componentes do grupo, para entrega ao professor.
- 2º. Realizar uma síntese das respostas dos alunos, buscando mostrar as diferentes concepções existentes em sala de aula.
- 3º. Questionar os alunos de modo a gerar discussões sobre o assunto a ser abordado no momento seguinte.
- 4º. *Organização do conhecimento* - Dedicar alguns minutos, neste caso (30min), a leitura do texto 01.
- 5º. O professor dialoga com os alunos a respeito do texto 01, tentando sanar dúvidas e ao mesmo tempo direcionando aos principais aspectos que cumpram com o objetivo da aula.
- 6º. *Aplicação do conhecimento* - Ao final, o professor retoma as questões iniciais, preferencialmente, aos pontos de divergência dos grupos. Propõe questões sobre os conhecimentos supostamente adquiridos e generalizações da conceituação científica abordada em outras situações.

Problematização Inicial

Atividade 01: Questionamentos

1. Você conhece alguém que já se submeteu a um tratamento de Radioterapia? Para o que serve este tipo de tratamento?
2. Que tipo de energia é utilizado em um Serviço de Radioterapia?
3. A radioatividade faz bem ou mal a saúde? Justifique.

Organização do Conhecimento

Atividade 02: Leitura e interpretação do texto 01

Texto 01 - Interação da Radiação Ionizante com a Matéria

Radiação Ionizante

É a radiação cuja energia é superior à energia de ligação de um elétron com o seu núcleo, radiações cuja energia é suficiente para arrancar elétrons de seus orbitais (CNEN).

A interação das radiações ionizantes com a matéria ocorre em um nível atômico. Ao atravessarem algum material, estas radiações transferem energia para as partículas que se encontrem em sua trajetória. Nesta transferência de energia podem ocorrer dois processos o de *Ionização* e o de *Excitação* dos átomos, e o de *ativação* do núcleo.

No processo de *Ionização*, o átomo recebe energia suficiente para arrancar o elétron de seu orbital.

No processo de *Excitação*, o átomo recebe a energia suficiente para transferir o elétron de uma camada mais interna para uma camada mais externa do átomo.

No processo de **Ativação do núcleo** ocorre quando o núcleo recebe uma energia superior à energia de ligação dos nucleons, resultando num núcleo residual e na emissão de radiação.

A aplicação da radiação ionizante em diversas áreas é baseada na ionização e excitação da matéria, e na transferência de energia para ela. Os efeitos biológicos que a radiação produz nos seres humanos são conseqüências desses processos.

As interações das radiações com a matéria dependem das características da radiação e da matéria (átomos irradiados) e podemos classificá-las em dois grupos:

Grupo 01: Quanto a Interação da Radiação com a Matéria.

a) *Radiação Indiretamente Ionizante* (Radiação sem carga elétrica).

Estas interagem individualmente transferindo sua energia para elétrons que irão provocar novas ionizações.

b) *Radiação Diretamente Ionizante* (Radiação com carga elétrica).

Estas atuam principalmente por meio do seu campo elétrico e transferem sua energia para muitos átomos ao mesmo tempo.

Grupo 02: Quanto às características da Radiação.

- a) *Partículas Carregadas Rápidas Pesadas e Leves* – (Há a ação de forças coulombianas entre as cargas da radiação e as cargas do meio, caracterizadas pelo longo alcance);
- b) *Fótons e Nêutrons* – (As interações devem-se a ação de campos eletromagnéticos que atuam sobre as partículas carregadas do meio, no caso dos Fótons, e a ação da Força Nuclear sobre os prótons e nêutrons dos núcleos atômicos, no caso dos nêutrons).

Nota: A passagem de radiação no meio produz mais radiação, na forma de radiação secundária, tornando inviável a obtenção de equações analíticas que descreveram por completo a distribuição de energia e de partículas no meio de interação.

Nesta aula, focalizaremos nossas atenções aos Fótons (Raios X e Gama) e elétrons.

Radiação Diretamente Ionizante*Interação de Elétrons com a Matéria*

Os elétrons perdem energia principalmente pelas ionizações que causam no meio em que atravessam e em segunda instância, pela produção de radiação de freamento (bremsstrahlung). Como são leves, sua trajetória é irregular, podendo serem defletidos para a direção de origem. Os elétrons quando comparados as partículas pesadas (alfa, prótons) possuem um maior poder de alcance, pois produzem densidades de ionização menores ao longo da trajetória.

Radiação Indiretamente Ionizante

Este tipo de radiação (Raios X e Gama) por seu caráter ondulatório, ausência de carga e massa de repouso, interagem esporadicamente penetrando grandes espessuras dos materiais antes de sofrer a primeira interação. A penetrabilidade dos Raios X e Gama são muito maiores do que as partículas carregadas, que possuem probabilidade de interação que dependem muito do valor de sua carga.

Os principais modos de interação da radiação com a matéria, excluindo as reações nucleares, são: *Efeito Fotoelétrico* (EF), *Efeito Compton* (EC) e *Produção de Pares* (PP).

Efeito Fotoelétrico (EF)- Neste efeito o fóton incidente transfere toda sua energia a um único elétron orbital (K e L), que é expelido com uma energia cinética (E_c) bem definida. A figura 01 demonstra esta interação.

$$E_c = h \nu - B_e$$

Onde h é a constante de Planck, ν é a frequência da radiação e B_e a energia de ligação.

Nota: Como a E_c representa a energia do fóton incidente, a menos de um valor constante B_e , com a sua transferência para o material de um detector, pode ser utilizada como mecanismo de identificação do fóton e de sua energia.

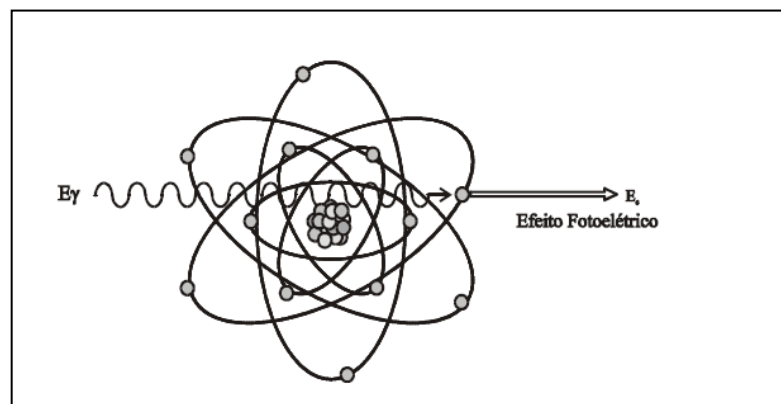


Figura 01: Efeito fotoelétrico, retirada da Apostila IRD/CNEN, 2003.

Em cada um destes processos têm-se uma probabilidade de ocorrência, que varia com a energia do fóton, com o número atômico e com a densidade do meio. A figura 02 abaixo mostra as faixas de número atômico e de energia em que cada um desses efeitos predomina.

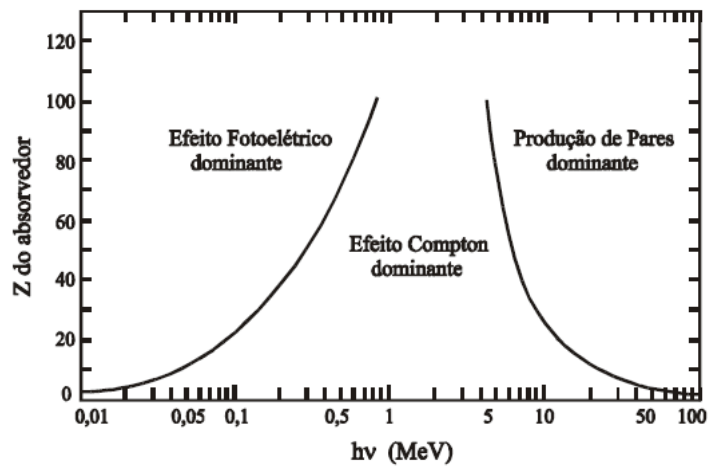


Figura 02: Faixas em que predominam os efeitos conforme Z x E. Figura retirada e adaptada da Apostila IRD/CNEN

Efeito Compton - Neste efeito o fóton é espalhado por um elétron de baixa energia de ligação, ou seja, resulta um elétron Compton com certa E_c mais um fóton espalhado com energia menor do que o incidente.

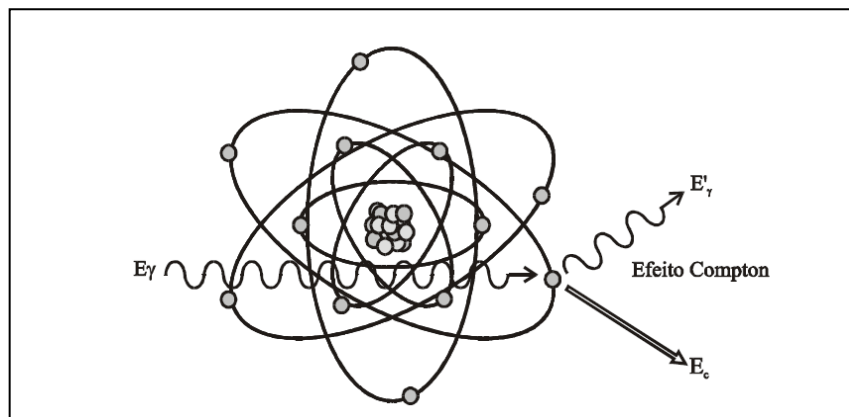


Figura 03: Efeito Compton. Figura retirada e adaptada da Apostila IRD/CNEN

Produção de Pares - Este efeito é predominante nas formas de absorção da radiação eletromagnética de alta energia, na qual é produzido um par elétron-pósitron. Acontece aqui, uma conversão de toda a energia do fóton incidente em massa de repouso e energia cinética do Par de partículas (elétron) e sua anti-partícula (pósitron). Nesta interação temos a reação: $\gamma + e^- + e^+ + E_c$ e que pode ser descrita pela expressão relativística de Einstein: $E = h \nu = 2m_e c^2 + K_1 + K_2$

Através desta expressão pode-se dizer que, para ocorrência da produção de Par, o fóton deve ter no mínimo, energia equivalente a duas massas de repouso do elétron (1,022 MeV).

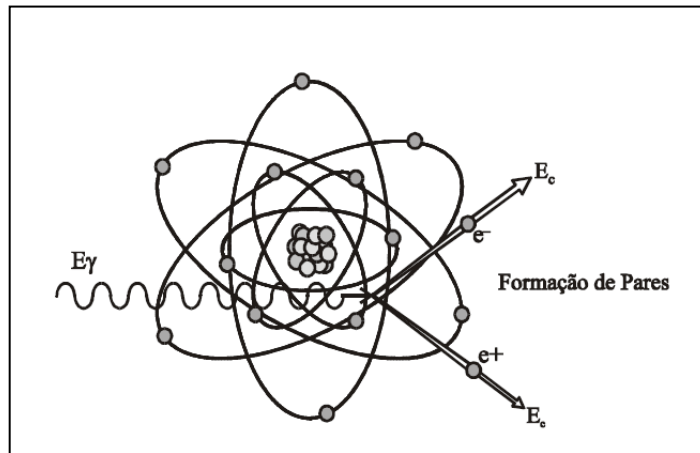


Figura 04: Formação de Pares. Figura retirada e adaptada da Apostila IRD/CNEN

Radioterapia

É uma forma de tratamento que utiliza as radiações ionizantes principalmente para destruir células tumorais como também lesões benignas (quelóides, malformações arteriovenosas). Uma dose pré-calculada de radiação é aplicada, em um determinado tempo, a um volume de tecido que engloba o tumor, buscando erradicar todas as células tumorais, com o menor dano possível às células normais circunvizinhas, à custa das quais se fará a regeneração da área irradiada. Este tipo de tratamento utiliza as **radiações**, como por exemplo, os **raios-X**, os **raios gama**, **partículas beta (elétrons)**.

O tratamento de radioterapia pode ser realizado com uma fonte externa ao corpo do paciente, ou seja, longe da região a ser tratada (geralmente 60 a 100 Cm), esta modalidade chama-se de **Teleterapia**. Quando se utiliza de fontes seladas colocadas próximas a lesão (tumor) chama-se de **Braquiterapia**. O princípio de todas as formas de tratamento em radioterapia é que a dose seja a *máxima possível* na região afetada, com o *mínimo de comprometimento* dos tecidos sadios ao seu redor. Um aspecto importante é que os tecidos normais tendem a repopular as regiões irradiadas com mais facilidade que os tumorais, embora os tumores também o façam. Esta característica favorece o tratamento (erradicação).

Os fótons interagem com a matéria, produzindo elétrons por ionização. A fluência de elétrons e a dose absorvida pela matéria aumentam com a profundidade

até certo ponto, diminuindo à medida que os fótons são absorvidos. Em consequência disto, a dose absorvida inicialmente aumenta com a profundidade, atingindo um máximo a partir do qual passa a decrescer. A região entre a superfície irradiada e a profundidade onde a dose atingiu o valor máximo é chamada de região de **build-up** (acúmulo).

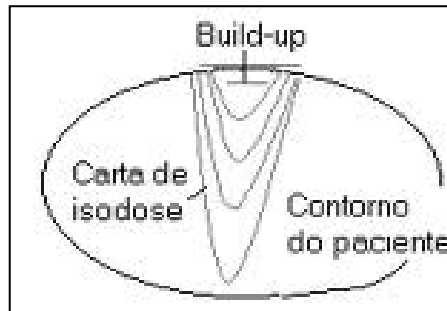


Figura 05: Curva Build-up

Na modalidade teleterapia em radioterapia apresenta alguns aparelhos conforme o tipo de radiação: Aparelhos que utilizam o elemento radioativo Co-60 chamados de Cobalterapia ou Bomba de Cobalto. Neste aparelho a fonte radioativa sempre fica emitindo radiação, ou seja, “sofrendo” um decaimento liberando partículas Beta e dois raios gama de 1,17 MeV e outro de 1,33 MeV. Esta radiação gama liberada pelo Ni-60 é que realiza a interação e destruição das células tumorais.

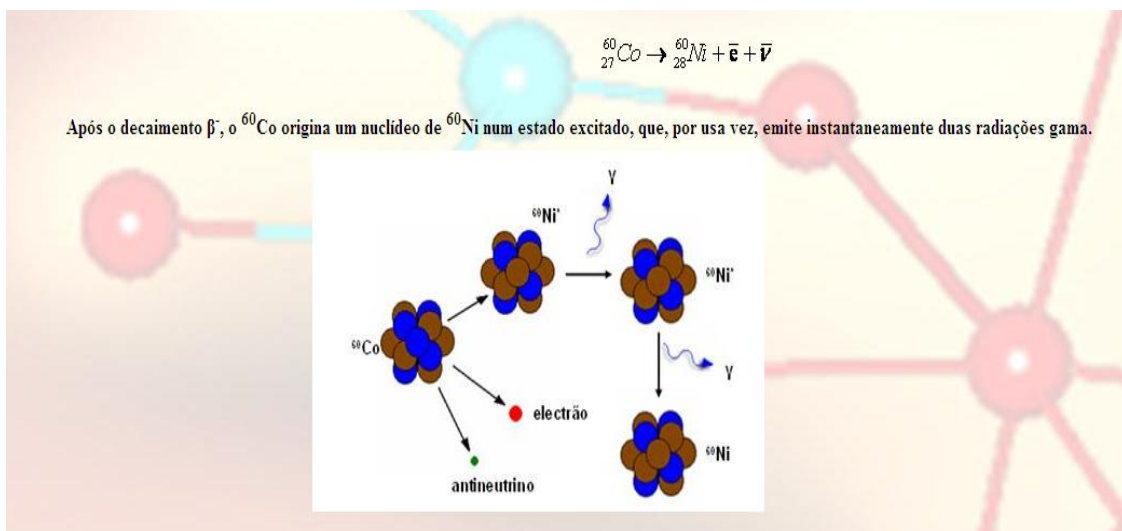


Figura 06: Apresenta o decaimento do Cobalto-60.

Outros tipos de aparelhos são os Aceleradores Lineares, mais modernos e que podem produzir diferentes energias, de 6 à 30 MeV. Esta energia é conseguida

pela aceleração de elétrons entre duas placas por uma diferença de potencial. Estes elétrons acelerados são chocados em alvo de metal. Este elétron pode passar bem próximo a um núcleo do material alvo, onde a atração entre o elétron carregado negativamente e o núcleo positivo faz com que o elétron seja desviado de sua trajetória perdendo parte de sua energia. Esta energia cinética perdida é emitida na forma de raios-X, que é conhecido como "bremsstrahlung" ("braking radiation") ou radiação de frenamento.

Existem outros tipos de aparelhos na modalidade de Teleterapia, os quais estão deixando de serem utilizados, tendo em vista, que os aceleradores obtêm diferentes tipos de energia de fótons e elétrons.

A modalidade de braquiterapia que consiste na colocação de fontes radioativas seladas a uma pequena distância do tecido-alvo, utiliza como principais elementos o Cs-137, Ir-192, Co-60, I-125 e Au-198



Figura 07: Equipamentos de teleterapia (Radioterapia) (a) Aparelho de Ortovoltagem; (b) Aparelho de Cobalto e, (c) Acelerador Linear.

Câncer

Câncer é o nome dado a um conjunto de mais de 100 doenças que têm em comum o *crescimento desordenado de células*, que invadem tecidos e órgãos. Dividindo-se rapidamente, estas células tendem a ser muito agressivas e incontroláveis, determinando a formação de tumores malignos, que podem espalhar-se para outras regiões do corpo. As causas de câncer são variadas, podendo ser *externas* ou *internas ao organismo*, estando inter-relacionadas. As causas externas referem-se ao meio ambiente e aos hábitos ou costumes próprios de uma sociedade. As causas internas são, na maioria das vezes, geneticamente pré-determinadas, e estão ligadas à capacidade do organismo de se defender das agressões externas. Os tumores podem ter início em diferentes tipos de células.

Quando começam em tecidos epiteliais, como pele ou mucosas, são denominadas *carcinomas*. Se o ponto de partida são os tecidos conjuntivos, como osso, músculo ou cartilagem, são chamados *sarcomas*.

Aplicação do Conhecimento

Atividade 03:

- Retomar as questões da problematização inicial;
- Realizar resolução de problemas relacionados ao que foi abordado na organização do conhecimento. (tarefa 10)

Bibliografia:

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. **Noções Básicas de Proteção Radiológica**. 2002.

Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. **Apostila Educativa sobre Radioatividade**. [Http://www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)

OKUNO, E; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações**. Oficina de textos. São Paulo, 2010.

Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Instituto de Radioproteção e Dosimetria. **Radioproteção e Dosimetria: fundamentos**. 2009.

Instituto Nacional do Câncer - INCA. **Radioterapia**. http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=100

LOPES, M. do C., Gazeta da Física. **Um Século de Terapia com Radiação**. Faculdade de Ciências – Universidade do Porto.

AULA 12 – EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES, GRANDEZAS E UNIDADES PARA O USO EM RADIOPROTEÇÃO E MEDIDAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.

Objetivos da aula:

- Compreender os efeitos biológicos, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes.

Problematização Inicial

Atividade 01: Questionamentos

1. *Quais fatores você acha que interferem quando se fala em exposição à radiação ionizante?*
2. *Você acha que a dose de radiação absorvida é cumulativa? Justifique.*
3. *Qual o tecido do corpo humano você acredita que é mais sensível à radiação ionizante?*
4. *Situação hipotética: Você se encontra exposto à radiação ionizante em uma sala triangular (todos os lados da sala de tamanhos iguais) e em cada canto desta sala, encontra-se uma fonte radioativa que emite respectivamente, radiação alfa (α), beta (β) e gama (γ). Qual o seu comportamento para minimizar sua dose de radiação?*

Organização do Conhecimento

Atividade 02: Leitura e discussão.

Texto 01: Grandezas e Unidades para uso em Radiproteção

Existem dois tipos de grandezas utilizadas na proteção radiológica: *atividade* e *dose*.

A grandeza **atividade** determina a quantidade de radiação emitida por uma fonte radioativa. O seu símbolo é A, e é medida em termos de desintegrações por unidade de tempo. A unidade atual da grandeza atividade é o Becquerel (Bq). **1 Bq = 1 dps = $2,7 \times 10^{-11}$ Ci ou 1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq**

Abaixo as tabelas 01 e 02, respectivamente, mostram os submúltiplos do Ci e os múltiplos do Bq.

Unidade	Abreviatura	relação com o Ci	dps
curie	Ci	1	$3,7 \cdot 10^{10}$
milicurie	mCi	0,001 (1×10^{-3})	$3,7 \cdot 10^7$
microcurie	μ Ci	0,000001 (1×10^{-6})	$3,7 \cdot 10^4$
nanocurie	nCi	0,000000001 (1×10^{-9})	$3,7 \cdot 10^1$
picocurie	pCi	0,000000000001 (1×10^{-12})	$3,7 \cdot 10^{-2}$

Quadro 01: Submúltiplos do Curie (Ci). Fonte: IPEN

UNIDADE	ABREVIATURA	relação com o Bq	dps
becquerel	Bq	1	1
quilobecquerel	kBq	1000 (1×10^3)	1×10^3
megabecquerel	MBq	1000000 (1×10^6)	1×10^6
gigabecquerel	GBq	1000000000 (1×10^9)	1×10^9
terabecquerel	TBq	1000000000000 (1×10^{12})	1×10^{12}

Quadro 02: Múltiplos do Becquerel (Bq). Fonte: IPEN

Avaliação de dose

Este conceito de dose faz analogia ao seu uso em farmacologia, uma vez que queremos determinar o efeito causado por uma dose de radiação ionizante.

A dose recebida por um indivíduo pode ser avaliada por meio das seguintes grandezas: **exposição, dose absorvida, dose equivalente e dose efetiva.**

Exposição (X)

Esta grandeza foi a primeira definida para fins de radioproteção. Esta é uma medida da capacidade ou habilidade dos raios X e gama em produzir ionizações no ar, ou seja, ela mede a carga elétrica total produzida pelos raios X ou gama em um quilograma (kg) de ar. A unidade atual de exposição é o Coulomb por quilograma (C/kg). A unidade antiga é o roentgen (R) que equivale a $2,58 \times 10^{-4}$ C/kg.

Os instrumentos de medida, geralmente, utilizam a taxa de exposição que é medida por unidade de tempo, isto é, C/(kg.s) ou C/kg.h.

Dose Absorvida (D)

Esta grandeza foi definida para suprir as limitações da grandeza exposição, pois é mais abrangente e válida para todos os tipos de radiações ionizantes (Rx, gama, α , β) e é válida para qualquer material absorvedor. Define-se como a

quantidade de energia depositada pela radiação ionizante na matéria, num determinado volume conhecido.

A atual unidade de dose absorvida é o Gray (Gy) que equivale a 1J/kg. A unidade antiga é o rad que equivale a 10^{-2} Gy. A medida da taxa de dose absorvida pela unidade de tempo tem por definição: Gy/h.

Dose Equivalente (H)

Bem, as grandeza até o momento levaram em conta a energia absorvida no ar e no tecido humano, porém não dão uma idéia de efeitos biológicos no homem. Então foi definida a Dose Equivalente que considera fatores como o tipo de radiação ionizante, a energia e a distribuição da radiação no tecido, para se poder avaliar os possíveis danos biológicos.

A dose equivalente tem a seguinte expressão:

$$H = D \cdot Q \cdot N$$

Q e N = fatores de qualidade da radiação.

Este Q representa na realidade o poder de ionização dos diferentes tipos de radiação ionizante no meio e os valores obtidos para Q são apresentados na tabela 03.

Tipo de Radiação	Valor de Q
Raios X, γ , β e elétrons	1
Nêutrons rápidos e protons	10
Partícula α e ions pesados	20

Quadro 03: Valores adotados para Q. Fonte: Apostila do IPEN

Um exemplo, 1Gy de dose absorvida de radiação alfa produz no tecido um dano vinte vezes maior do que 1Gy de radiação gama.

O N é o produto de outros fatores modificadores, que permitem avaliar a influência na dose de um radionuclídeo depositado internamente, Atualmente é utilizado o fator N = 1.

A dose antiga é o REM, a dose atual é o sievert (Sv) e 1 Sv = 100rems. A taxa de dose equivalente pela unidade de tempo é Sv/h

Dose Equivalente Efetiva (HE)

A grandeza dose equivalente efetiva tem por objetivo limitar os riscos dos efeitos estocásticos. Ela está baseada no princípio de que para um certo nível de proteção, o risco deve ser o mesmo se o corpo todo fosse irradiado uniformemente,

ou se a irradiação é localizada em um determinado órgão. A dose absorvida em cada órgão do corpo humano é multiplicada por um fator de ponderação (W_T), o que leva em conta o riscos dos efeitos estocásticos.

$$HE = WT \cdot HT$$

A tabela 04 apresenta os valores de fatores de ponderação para os diversos órgãos do corpo humano.

Órgão	Fator de ponderação (W_T)
Gonadas	0,25
Mamas	0,15
Medula óssea	0,12
Pulmão	0,12
Tireóide	0,03
Osso	0,03
Restante do corpo	0,06

Quadro 04: Fatores de ponderação para os órgãos do corpo humano.

As unidades de medida da Dose Equivalente Efetiva são o REM e o Sv.

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE ANTIGA			UNIDADE NOVA			UNIDADE ANTIGA VALE COM RELAÇÃO À NOVA	UNIDADE NOVA VALE COM RELAÇÃO À ANTIGA
		NOME	SÍMBOLO	VALOR	NOME	SÍMBOLO	VALOR		
ATIVIDADE	A	Curie	Ci	$3,7 \times 10^{10}$ dps	Becquerel	Bq	1 dps	$3,7 \times 10^{10}$ Bq	$2,7 \times 10^{11}$ Ci
EXPOSIÇÃO	X	roentgen	R	$2,58 \times 10^{-4}$ C/kg	<u>Coulomb</u> Kilograma	C/kg	1 C/kg	$2,58 \times 10^{-4}$ C/kg	$3,88 \times 10^3$ R
DOSE ABSORVIDA	D	radiation absorbed dose	rad	10^{-2} J/kg	Gray	Gy	1 J/kg	10^{-2} Gy	10^2 rad
DOSE EQUIVALENTE	H	roentgen equivalent man	rem	10^{-2} J/kg.Q.N	Sievert	Sv	1 J/kg.Q.N	10^{-2} Sv	10^2 rem

Quadro 05: Resumo das principais unidades e grandezas utilizadas em radioproteção.

Atividade 03- Leitura e discussão

Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes

Os danos biológicos nos seres vivos começaram a ser notados há muito tempo atrás, logo após a descoberta dos raios x e da radioatividade alguns pesquisadores apresentavam dermatites, perda de cabelo, anemia por consequência a exposição à radiação.

Os efeitos produzidos por doses repetidas de radiação começaram a ser estudados com mais detalhes após a segunda guerra mundial, em virtude das explosões nucleares nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki e do uso cada vez maior de radionuclídeos nos mais variados setores de atividades.

Noções de Biologia

A célula é a menor unidade do corpo humano que possui funções próprias. As células são constituídas por moléculas e estas por sua vez de átomos. As moléculas constituintes das células podem ser: aminoácidos, proteínas, água e eletrólitos como o potássio, sódio, cloro, cálcio magnésio e fosfatos. As células podem ser divididas em dois grandes grupos as células somáticas e as células germinativas.

Células Somáticas compõem a maior parte do organismo e são responsáveis pela formação da estrutura corpórea (ossos, músculos).

As Células Germinativas são muito importantes, responsáveis pela transmissão das características hereditárias do indivíduo. Elas estão localizadas nas gônadas (testículos e ovários) e se dividem produzindo os gametas (óvulos e espermatozóides) fundamentais na reprodução.

Mecanismos de ação das radiações ionizantes

A interação destas radiações ionizantes com átomos e moléculas de nosso corpo que produzem os efeitos biológicos. Estes efeitos podem ser divididos pela seguinte seqüência em que acontecem: **físicos** que consistem na ionização ou excitação dos átomos, resultantes da troca de energia entre a matéria e a radiação incidente. **Químicos** que consistem de rupturas de ligações químicas nas moléculas. A seguir aparecem os **bioquímicos** e **fisiológicos**. Em um intervalo de tempo variável aparecem as lesões observáveis, que podem ser no nível celular ou no nível do organismo como um todo. Geralmente, na maioria dos casos, devido à recuperação do organismo, os efeitos não chegam a tornar-se visíveis ou detectáveis.

Um dos processos mais importantes na interação da radiação no corpo humano é com as moléculas de água, já que nosso corpo é constituído por aproximadamente 70% de moléculas de água.

No momento em que a radiação interage com as moléculas de água de nosso corpo, essas se quebram formando uma série de produtos danosos ao organismo,

que se caracterizam por serem muito reativos e não possuírem carga elétrica. Em virtude disso eles podem interferir com o metabolismo das proteínas, dos lipídios e carboidratos como os radicais livres e água oxigenada. Esse processo é chamado de radiólise.

A célula responde à radiólise da água de um modo que vai desde a completa recuperação das lesões moleculares até a morte celular.

As células que apresentam grande atividade mitótica, bem como as mais indiferenciadas, são mais sensíveis às radiações ionizantes, por isso, o sistema hematopoiético e o reprodutivo são mais agredidos durante uma exposição às radiações ionizantes, que o tecido nervoso. Logo, via de regra, as células neoplásicas são mais sensíveis que as células normais, podendo assim ser tratados alguns tumores cancerosos por radiações ionizantes.

Características gerais dos efeitos biológicos das radiações ionizantes

Especificidade – os efeitos biológicos das radiações ionizantes podem ser provocados por outras causas que não as radiações, isto é não são característicos ou específicos das radiações ionizantes. Ex: câncer.

Tempo de Latência – é o tempo entre a irradiação e o aparecimento de um dano biológico visível.

Reversibilidade – este efeito depende do tipo de célula afetada e da possibilidade de restauração desta célula. No entanto existe danos irreversíveis como o câncer e as necroses.

Transmissibilidade – A maior parte dos danos causados pela radiação nas células não são transmissíveis a outras células ou outros organismos. Porém, quando causam danos no material genético das células do ovários ou testículos, este danos podem ser transmissíveis hereditariamente por meio da reprodução.

Dose limiar – Alguns efeitos biológicos necessitam, para se manifestar, que a dose seja superior a um mínimo, chamado de dose limiar. No entanto, têm-se efeitos que não necessitam de uma dose limiar para se manifestar, como por exemplo, a anemia e o câncer, teoricamente falando.

Radiosensibilidade – Isto é nem todas as células respondem igualmente a mesma dose de radiação. “a radiosensibilidade das células é diretamente proporcional a sua capacidade de reprodução e inversamente proporcional ao seu grau de especialização” - lei de Bergonie e Tribondeau.

Classificação dos efeitos biológicos das radiações ionizantes

Estes efeitos são classificados em estocásticos e determinísticos.

Efeitos estocásticos são aqueles que a probabilidade de ocorrência é em função da dose, não apresentando dose limiar. Observe a figura 01 ao lado.

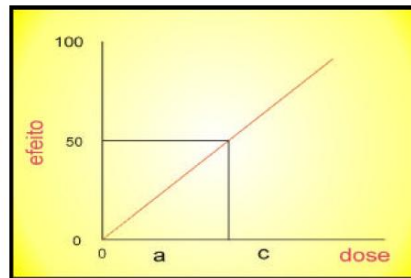


Figura 01: curva característica do efeito, retirada da Apostila do IPEN

Efeitos determinísticos são aqueles cuja gravidade aumenta com o aumento da dose e para os quais existe uma dose limiar (mínima). Ex: catarata e radiodermites. Observe a figura 02 abaixo.

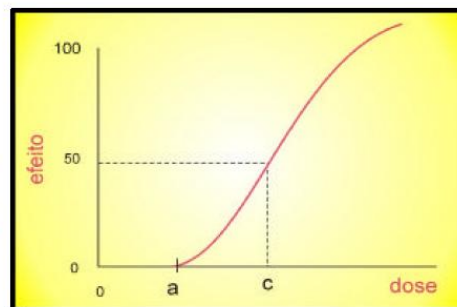


Figura 02: curva característica do efeito, retirada da Apostila do IPEN

Também podemos apresentar os efeitos biológicos em somáticos e hereditários.

Efeitos Somáticos são as alterações que ocorrem nas células somáticas manifestam-se no indivíduo irradiado e não são transmitidos aos descendentes.

Estes efeitos podem ser divididos em imediatos ou tardios.

Efeitos Hereditários são aqueles que podem ser transmitidos aos descendentes e são conseqüências de alterações nos cromossomos (DNA) dos gametas (óvulos e espermatozóides) do indivíduo irradiado. Qualquer alteração do material genético das células (DNA) é chamada de mutação.

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

Princípios Básicos da Radioproteção:

◆ Justificação

Qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo para a sociedade

◆ Otimização

O projeto, o planejamento do uso e a operação de instalação e de fontes de radiação devem ser feitos de modo a garantir que as exposições sejam tão reduzidas quanto razoavelmente exequível, levando-se em consideração fatores sociais e econômicos

◆ Limitação da Dose Individual

As doses individuais de trabalhadores e de indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de dose equivalente estabelecidos na norma CNEN NN-3.01

Limites de doses individuais

- Para indivíduo do público, as exposições normais decorrentes de todas as práticas não devem exceder a dose de 1mSv/ano.
- Para trabalhadores não deve exceder a 20 mSv/ano, média em 5 anos, não podendo ultrapassar a 50mSv em um único ano.

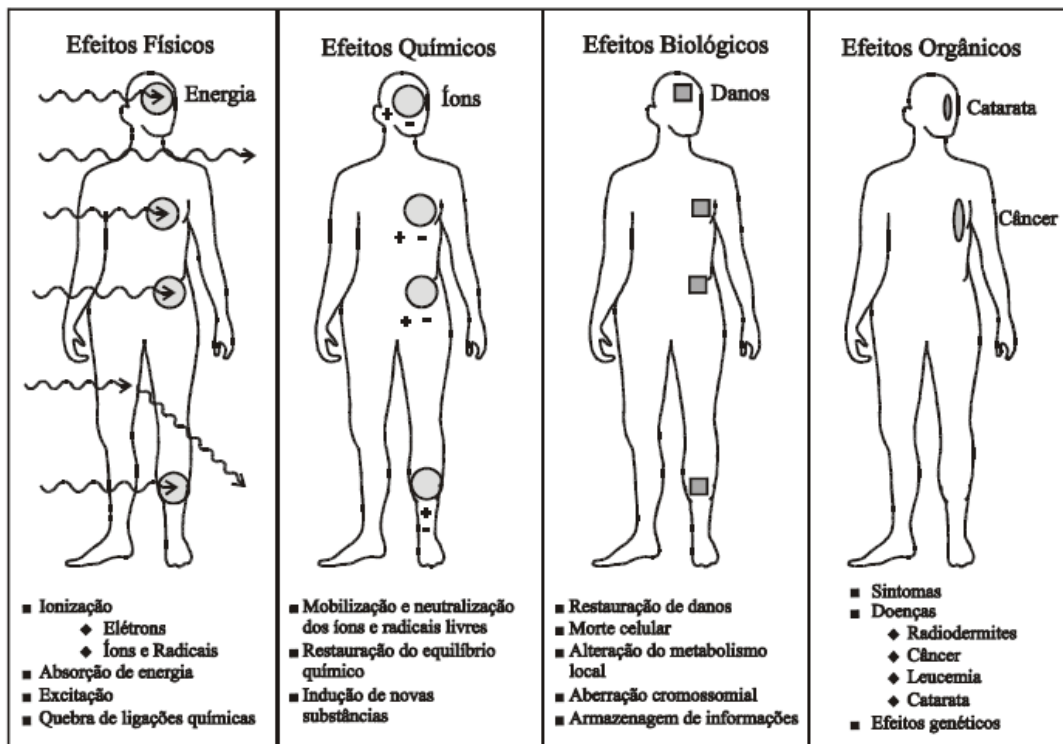


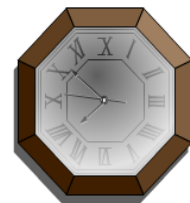
Figura 01: Fases do efeito biológico produzido pela radiação. Retirada e adaptada da Apostila IRD.

TÉCNICAS DE PROTEÇÃO

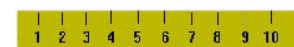
Exposição Externa

Embora possa parecer muito simplista todo método de proteção radiológica pode ser inserida em uma dessas três categorias, ilustradas ao lado. Enquanto equações matemáticas podem dar um aspecto complicado, em muitos casos, o simples bom senso, fundamentado no conhecimento das propriedades da radiação, resultará numa operação segura. O conhecimento fundamental não é obtido facilmente. Este programa de treinamento aborda alguns assuntos e não pretende cobrir todas as áreas de conhecimento necessárias. Para que um trabalhador seja considerado qualificado para utilizar material radioativo é necessário um treinamento complementar.

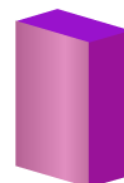
A exposição externa acontece quando a fonte de radiação está fora do corpo. Esta fonte produz um campo de radiação que pode ser evitado ou atenuado. Tecnicamente, uma fonte de radiação sobre a pele (contaminação) gera uma exposição externa. Mas em termos de técnica de proteção ela deve ser tratada mais como uma exposição interna. Isto é, tempo, distância e blindagem não são métodos efetivos neste caso. Entretanto, a lavagem da parte contaminada pode ser uma técnica utilizada para esta situação.



TEMPO



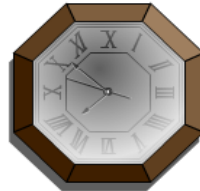
DISTÂNCIA



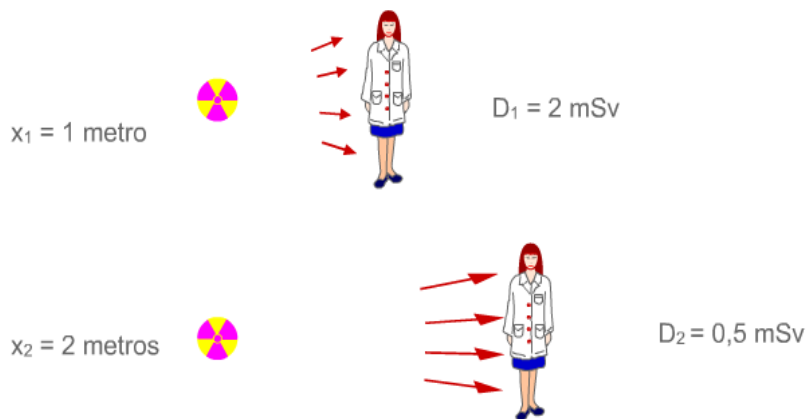
BLINDAGEM

TEMPO

Uma exposição mais prolongada resulta numa dose maior, o que leva a um dano maior. Assim, a primeira medida de proteção é **minimizar o tempo** de exposição a uma fonte de radiação.

**DISTÂNCIA**

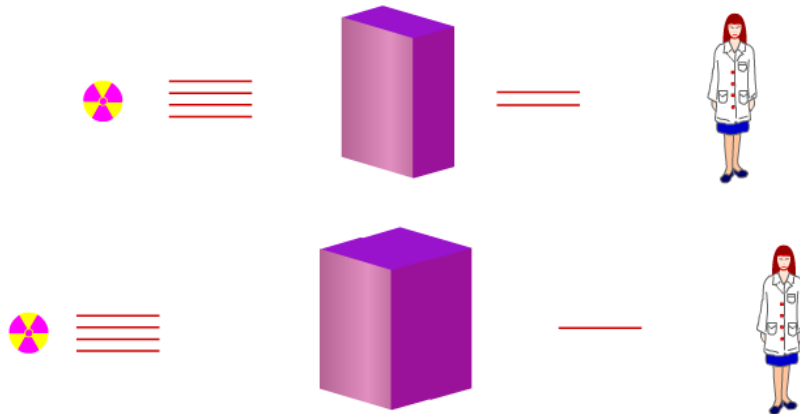
Em geral, quanto mais próximo à fonte estiver de uma pessoa exposta maior será a dose de radiação recebida. Num período de 1 hora tem-se:



Para o dobro da **distância** entre a fonte e o ponto da medição, a dose diminui para um quarto do valor inicial.

BLINDAGEM

Embora os dois primeiros métodos sejam altamente efetivos para a proteção de pessoas expostas a campos de radiação, existem situações que eles não fornecem a proteção adequada. Nos casos, por exemplo, em que as fontes de radiação são muito intensas, utiliza-se blindagem. O cálculo e a construção de uma blindagem de uma fonte de radiação em uma instalação exigem o conhecimento da planta da instalação, o tempo de uso e a localização da fonte, além do tipo e energia da radiação. As informações básicas sobre o assunto, pertinentes a este curso, foram dadas no Capítulo 2.



EXPOSIÇÃO INTERNA

O material radioativo que entra no corpo pode:

- ficar no local da entrada, por exemplo na pele ou no trato respiratório, e não ser distribuído aos outros órgãos;
- ser rapidamente excretado, com pouca retenção e distribuição nos outros órgãos, como por exemplo, a incorporação oral de um material insolúvel que passa pelo sistema gastrointestinal e é excretado nas fezes
- ser absorvido e distribuído para órgãos específicos e em alguns casos distribuídos quase uniformemente pelo corpo.

Se os radionuclídeos estão incorporados no organismo de uma pessoa, ela está sendo submetida a uma **exposição interna**.

As radionuclídeos podem entrar no corpo por quatro vias:

A - **Ingestão** (comida e bebida)



B - **Inalação** (respiração)



C - **Absorção** (através da pele)



D - **Injeção**



Os três métodos de proteção apresentados anteriormente (tempo, distância e blindagem) não reduzem a exposição interna. A única maneira de evitar as exposições internas é impedindo que os radionuclídeos entrem no corpo. Isto nem sempre é possível, porque, uma vez que o radionuclídeo esteja incorporado ao organismo de uma pessoa é muito difícil de ser removido, salvo poucas **exceções**; nesse caso, o indivíduo pode estar **comprometido** a receber até uma dose elevada.

EXPOSIÇÃO INTERNA

Uma vez que o material radioativo tenha sido incorporado é muito difícil, se não impossível, removê-lo. Desta forma, a melhor maneira de se proteger é ter a certeza de que este material não foi incorporado.

Abaixo tem uma lista com vários meios de proteção, escolha os três que servem como proteção contra exposição interna (existem três opções incorretas).

Distância

Bons hábitos

Ser muito cuidadoso

Proteção individual

Blindagem

Monitoramento

O Serviço de Radioproteção deve fornecer as informações e equipamentos necessários que ajudarão a reduzir a chance de haver uma contaminação externa. Porém, se você tiver dúvida sobre onde é possível haver contaminação na sua unidade e de como se proteger, contate o Serviço de Radioproteção.

Material das páginas 8 – 12, retirado das apostilas da CNEN.

Aplicação do Conhecimento

Atividade 03:

- Retomar as questões da problematização inicial;
- Realizar resolução de problemas relacionados ao que foi abordado na organização do conhecimento. (tarefa 10)

Bibliografias:

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. **Noções Básicas de Proteção Radiológica**. 2002.

OKUNO, E; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações**. Oficina de textos. São Paulo, 2010.

Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Instituto de Radioproteção e Dosimetria. **Radioproteção e Dosimetria: fundamentos**. 2009.

**Aula 14 – VISITA TÉCNICA AO SERVIÇO DE RADIOLOGIA DO HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO DE SANTA MARIA – HUSM.**

Objetivo:

- Conhecer os princípios físicos envolvidos nos procedimentos radiológicos de diagnóstico e tratamento.
- Sistematizar os conhecimentos de FMC com o tema transversal Saúde, enfocando a área de Radiologia na Medicina.

Dinâmica: A visita se deu no turno da noite, mesmo horário das aulas. Realizou-se uma visita guiada por um Físico-Médico responsável pelo Serviço de Física Médica e o Professor Regente da Disciplina (Técnico de Radioterapia).

Setores visitados: Radiologia Convencional – Salas de Raios – X; Sala de Mamografia; Salas de Tomografia; Sala de Medicina Nuclear; Serviço de Radioterapia.

Nesta visita guiada o Físico-Médico explicou os princípios físicos envolvidos em cada exame ou tratamento, desde a chegada do paciente até a saída do respectivo setor.