

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE
TÓPICOS DE FÍSICA NUCLEAR POR MEIO DE
AULA DE CAMPO**

SANDRA MARIA GOMES DE SOUSA

PROF. DR. CARLOS RINALDI

Orientador

PROF. Me MIGUEL JORGE NETO

Co-orientador

Cuiabá, MT, setembro de 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE
TÓPICOS DE FÍSICA NUCLEAR POR MEIO DE
AULA DE CAMPO**

SANDRA MARIA GOMES DE SOUSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

PROF. DR. CARLOS RINALDI

Orientador

PROF. Me MIGUEL JORGE NETO

Co-orientador

Cuiabá, MT, setembro de 2012.

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

G633a Gomes de Sousa, Sandra Maria.
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE
TÓPICOS DE FÍSICA NUCLEAR POR MEIO DE AULA DE
CAMPO / Sandra Maria Gomes de Sousa. -- 2012
80 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Carlos Rinaldi.
Co-orientador: Miguel Jorge Neto.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Ciências Naturais, Cuiabá, 2012.
Inclui bibliografia.

1. Ensino de física. 2. Física Nuclear. 3. Aula de Campo. 4.
Aprendizagem Significativa. 5. Aprendizagem Significativa Crítica.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS
Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança - Cep: 78060900 - CUIABÁ/MT
Tel : (65) 3615-8737 - Email : Não Informado

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "Aprendizagem significativa crítica de tópicos de Física Nuclear por meio de aula de campo"

AUTOR : Mestranda Sandra Maria Gomes de Sousa

Dissertação defendida e aprovada em 10/12/2012.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador	Doutor(a)	Carlos Rinaldi
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Co-Orientador	Doutor(a)	Miguel Jorge Neto
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Interno	Doutor(a)	Iramaia Jorge Cabral de Paulo
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Externo	Doutor(a)	Susana Rodrigues de Pina
Instituição :	Universidade de Cuiabá	

CUIABÁ, 10/12/2012.

DEDICATÓRIA

Aos pacientes oncológicos e seus familiares.

AGRADECIMENTOS

Ao meu esposo Patrick Siqueira da Rocha e a meus pais, José e Umbelina Sousa, pelo amor verdadeiro que ao mesmo tempo me oferece colo e me impulsiona a ir mais longe.

Aos Professores Dr. Carlos Rinaldi e Me Miguel Jorge Neto pelas fundamentais orientações e apoio para a conclusão deste trabalho.

À minha irmã Maria Sousa pelo carinho incondicional, cuidado e confiança em minhas potencialidades.

Ao físico em radioterapia Eduardo Sabino pela imensa colaboração no desenvolvimento da atividade de campo.

A todos os professores do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso, que me nortearam na missão de participar da pesquisa em ensino.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT.....	xi
2. REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	5
2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA....	7
2.3 ORIENTAÇÕES QUANTO AO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.....	8
2.4 CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS NO CONTEXTO ESCOLAR	11
2.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA - AULA DE CAMPO COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM E A FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO	12
3. METODOLOGIA	16
3.1. DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	16
3.2. CONTEXTO DA PESQUISA	18
3.3. ETAPAS DA PESQUISA	19
3.3.1 Elaboração do Plano de Ação das atividades didáticas e do Questionário Investigativo.....	19
3.3.2 Atividades didáticas	21
3.3.2.1 - 1º Encontro: Apresentação do projeto, das normativas da atividade de campo e aplicação do Pré-teste.	21
3.3.2.2 - 2º Encontro: Aula de campo	21
3.3.2.3 - 3º, 4º e 5º Encontros: Aulas dialógicas	28
3.3.2.4 - 6º Encontro: Aplicação do Pós-teste.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31

4.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
4.1.1 Análise dos questionamentos I e II	31
4.1.2 Análise das questões de múltipla escolha	33
4.1.3 Índícios de Aprendizagem Significativa Crítica: Discussão acerca das aulas dialógicas e Depoimentos extraídos do questionário investigativo (Pós-teste).	49
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 Hospital de Câncer de Mato Grosso	22
Figura 02 “Sala da Física” – Planejamento tridimensional.....	23
Figura 03 Símbolo internacional indicativo da presença de radiação ionizante	24
Figura 04 Aparelho para Teleterapia.....	25
Figura 05 Sala de comando da teleterapia.....	26
Figura 06 Sala de Braquiterapia	26
Figura 07 Gráfico das respostas ao questionamento I.....	32
Figura 08 Gráfico das respostas ao questionamento II	32
Figura 09 Gráfico das respostas à questão 01 (Q01)	34
Figura 10 Gráfico das respostas à questão 02 (Q02)	35
Figura 11 Gráfico das respostas à questão 03 (Q03)	36
Figura 12 Gráfico das respostas à questão 04 (Q04)	37
Figura 13 Gráfico das respostas à questão 05 (Q05)	38
Figura 14 Gráfico das respostas à questão 06 (Q06)	39
Figura 15 Gráfico das respostas à questão 07 (Q07)	40
Figura 16 Gráfico das respostas à questão 08 (Q08)	41
Figura 17 Gráfico das respostas à questão 09 (Q09)	42
Figura 18 Gráfico das respostas à questão 10 (Q10)	43
Figura 19 Gráfico das respostas à questão 11 (Q11)	44
Figura 20 Gráfico das respostas à questão 12 (Q12)	45
Figura 21 Gráfico das respostas à questão 13 (Q13)	46
Figura 22 Gráfico das respostas à questão 14 (Q14)	47
Figura 23 Gráfico das respostas à questão 15 (Q15)	48
Figura 24 Gráfico dos percentuais de acertos recolhidos referentes a cada questão	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 Ementa da disciplina curricular Física	18
Quadro 02 Conteúdo Programático.....	20
Quadro 03 Organização local.....	21
Quadro 04 Alguns questionamentos do professor-investigador	28

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FN	Física Nuclear
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Orientações Educacionais Complementares aos PCN
AS	Aprendizagem Significativa
TASC	Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica
AC	Aula de Campo
OC	Orientações Curriculares
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FC	Física Clássica
EM	Ensino Médio
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
HCMT	Hospital de Câncer de Mato Grosso
INCA	Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva
CTS	Ciências Tecnologia e Sociedade
SBRT	Sociedade Brasileira de Radioterapia
AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CRCN-CO	Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste
DPD	Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária

RESUMO

SOUSA, S. M. G. *Aprendizagem Significativa Crítica de tópicos de Física Nuclear por meio de aula de campo*. Cuiabá – MT, 2012. 80f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Investigou-se o uso de aulas de campo em um setor radioterápico como estratégia favorável à promoção da aprendizagem significativa como atividade crítica na compreensão de conceitos de física nuclear, através de uma pesquisa qualitativa com anuência de estudo de caso tendo a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel (1968) e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio Moreira (2005) como bases referenciais. Para a prática da proposta, no contexto escolar, foi dado início à construção da ferramenta didática nomeada “guia para aula de campo sobre tópicos de Física Nuclear”, produto final desta investigação que foi sendo aperfeiçoada no decorrer das ações didáticas. Esta investigação também buscou atender ao tema estruturador Matéria e Radiação (BRASIL, 2002). Os sujeitos da pesquisa foram 30 alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual de Cuiabá-MT. Nos instrumentos de recolha de dados – respostas aos questionários investigativos, anotações do professor-investigador, participações nas atividades e depoimentos extraídos no último encontro – se observou indicativas de que a aula de campo suscitou a motivação dos estudantes para com o estudo proposto. Provavelmente resultando em predisposição para aprender e esta por sua vez favorecendo a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2005; NOVAK, 1981). Diante dos resultados, acredita-se que o objetivo desta proposta tenha sido cumprido, uma vez que as evidências sugerem que houve captação de significados acerca de conceitos da física nuclear; tendo a aula de campo importante contribuição para estes resultados, garantindo a contextualização da proposta em situações reais e fortalecendo-a pelas implicações no contexto social.

Palavras-chave: Ensino de física, física nuclear, aula de campo, aprendizagem significativa, aprendizagem significativa crítica.

ABSTRACT

We investigated the use of field classes at a radiotherapy sector as a favorable strategy to promote meaningful learning as a critical activity in the comprehension of nuclear physics concepts, through a qualitative research with case study agreement using Meaningful Learning Theory, from David Ausubel (1968), and Subversive (Critical) Meaningful Learning Theory, from Marco Antonio Moreira (2005), as theoretical background. For practicing of the proposal, at scholar context, was initiated the construction of the teaching tool named "Guide to field classes about Nuclear Physics concepts", which is the main product of this work and was improved during didactic actions. This research also tried to contemplate the theme Matter and Radiation (BRASIL, 2002). The subjects of this research was thirty students from the last year of a state public high school at Cuiabá-MT. Was observed within the gathering-data tools - answers to the investigative questionnaire, research teacher notes, activities participation and testimonials extracted from the last meeting - indications that the field classes has raised the student's motivation towards the proposed theme. Probably resulting in a predisposition to learn, promoting the Meaningful Learning (MOREIRA, 2005; NOVAK, 1981). With the results, we believe that the main objective of this research was achieved once we observed evidence suggesting meaningful uptake about nuclear physics concepts; with the class fields playing an important role in this results, ensuring the contextualization of the proposal in real situations and strengthening it by implications in the social context.

1. INTRODUÇÃO

Atribuir significados à natureza e aos acontecimentos é intrínseco ao ser humano. São estes significados da realidade que originam os conhecimentos adquiridos ao longo do tempo, transmitidos de geração em geração. Dentre eles, o conhecimento científico, que é promovido por uma investigação rigorosa, através da qual se consegue enunciados, teorias, princípios e leis que têm a incumbência de elucidar as condições que regem um determinado fenômeno.

A sociedade contemporânea concebe que a nova tecnologia e o conhecimento científico são indissociáveis. Frente a essa visão encontra-se a estreita relação entre ciência, tecnologia e sociedade, que aborda o saber formal com o contexto social de modo a dar relevância ao entendimento dos conhecimentos desenvolvidos cientificamente. Nesta perspectiva, e por entender que o domínio tecnológico moderno contribui na promoção da tão desejada inserção social, diversas pesquisas foram realizadas procurando ressaltar a importância de se contextualizar socialmente os conhecimentos científicos, além disso, compreender que essas atividades não são independentes do campo político e econômico de um país. Para tanto se faz uso do eminente desenvolvimento da aplicação tecnológica que, em geral, busca atender as necessidades humanas em suas diferentes áreas.

Muitas dessas novas tecnologias utilizam os conceitos da física nuclear (FN). Através dos seus princípios desenvolveram-se importantes aparatos tecnológicos para diversos fins. Baseado nesse preceito da Física, usinas nucleares estão em funcionamento, no mundo todo, entende-se como exemplo da necessidade do entendimento dos fenômenos nucleares, uma vez que acidentes de caráter radioativo assustam e ainda hoje envolvem fatores desconhecidos da grande parte da população.

Eventos como catástrofes acontecidas em Chernobyl na Ucrânia, em 1986 - considerado a maior tragédia radioativa da história da humanidade. No ano seguinte tivemos no território brasileiro, em Goiânia, o acidente radiológico que ficou conhecido como Césio-137, que trouxe e ainda traz consternação aos moradores da região. Recentemente, março de 2011, uma central nuclear na cidade de Fukushima, no Japão, foi danificada por conta de um tremor de elevada magnitude que atingiu a

costa do país. Entretanto, não só de tragédias habita a ciência, temos a utilização médica da FN como forma de exemplificar suas aplicações em prol do bem comum.

Fazendo uso de equipamentos tecnológicos baseados em princípios da FN, Cuiabá possui um importante centro de tratamento oncológico. Este centro hospitalar traz em seu site oficial que tem a propensão de prestar serviços aos pacientes com suspeita ou diagnóstico de câncer, procurando aplicar a melhor tecnologia e conhecimentos possíveis para atingir índices significativos de cura e controle da doença. Com isso, atende em sessões radioterápicas aos pacientes da Região Centro-Oeste bem como demais regiões vizinhas.

Muitos são os questionamentos da necessidade de frequentar uma escola e nela tornar-se apto para atender os compromissos sociais. Entretanto, sem entrar no ápice da discussão sobre o real papel da escola, parte-se da premissa de que este questionamento seja válido e de interesse de ser evidenciado de forma indireta neste trabalho. Nesta perspectiva, destacam-se os entendimentos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio Moreira e do Desenvolvimento de Competências Desde a Escola de Philippe Perrenoud. Os quais ressaltam que devemos ser honestos com nossos alunos, ensinando-os de acordo com as exigências da vida contemporânea, que é abastecida de novas tecnologias e rápidas mudanças no meio social.

Por mais que se tenha uma constante interação entre as atividades humanas e os fenômenos da FN, estes muitas vezes são ignorados ou tratados de forma simplista no ensino de Física (OSTERMANN e MOREIRA, 2000; SOUSA et al, 2008; VALENTE et al, 2008). Desse modo, este trabalho se justifica na aspiração de amenizar esta debilidade e se distingue dos métodos, exclusivamente, memorísticos de conceitos e aplicações diretas de equações. Fazendo uso de aulas de campo pretende-se estimular uma formação conceitual coerente com o rigor científico além de permitir ao aluno vivenciar e interagir com as potencialidades e benefícios sociais desta área da ciência.

E assim, ultrapassando as delimitações das salas de aula, os alunos da educação básica através da atividade de campo no setor de radioterapia do Hospital de Câncer de Mato Grosso, e acompanhados pelo professor de Física e por um dos físicos em radioterapia do setor em questão, irão interagir com os diversos princípios físicos

envolvidos nas aplicações médicas e tecnológicas da FN, bem como presenciar as relações interdisciplinares – Física, Química e Biologia, envolvidas na utilização destes conhecimentos. Em concordância com o que orientam os Parâmetros Curriculares Nacionais quanto a não independência das disciplinas das áreas e até mesmo das outras áreas.

Tem-se como objetivo investigar o uso de aulas de campo como estratégia favorável à promoção da aprendizagem significativa como atividade crítica na compreensão de conceitos de FN. Dessa forma, são objetivos específicos deste trabalho: identificar o local para a atividade de campo, analisar e selecionar os conteúdos de física nuclear, construir e utilizar o guia para aula de campo com base nos princípios anteriores, fazer uso de dispositivos e métodos de coleta de dados para avaliar a proposta.

Assim, a partir da metodologia qualitativa de coleta de dados trabalhou-se com estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual em Cuiabá/MT. As aulas de campo foram desenvolvidas no setor radioterápico do Hospital de Câncer de Mato Grosso.

O presente trabalho trata no primeiro capítulo, esta introdução, da problemática que originou essa investigação e dos objetivos. No segundo capítulo é apresentado o arcabouço teórico que fundamenta esta pesquisa. São teorias, discussões e trabalhos referentes ao processo ensino-aprendizagem, aprendizagem significativa, aprendizagem significativa crítica, aula de campo como forma de diversificar as ações didáticas, a importância do desenvolvimento de competências e de se aprender tópicos de FN na educação básica. Os capítulos que se seguem: terceiro, quarto e quinto, apresentam respectivamente, a descrição dos procedimentos metodológicos explanando a escolha da abordagem qualitativa; o contexto da pesquisa e suas etapas; o resultado e a discussão, que tratam dos resultados obtidos a partir da aplicação da sequência didática bem como a análise dos questionamentos iniciais, das atividades didáticas, das questões de múltipla escolha e dos depoimentos extraídos. Por fim, no sexto capítulo são apresentadas as considerações finais dessa dissertação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Muitas são as teorias que se dedicam ao entendimento do processo ensino-aprendizagem. Teorias que advertem implicações para a escolarização de tal modo que apresentam características diversas da psicologia educacional, bem como do papel da instituição escolar quanto organização social. Por meio da seleção e análise de parte deste arcabouço teórico, discutidas neste capítulo, fundamenta-se este trabalho em busca de atingir o objetivo definido.

Entende-se que a educação constitui um processo pelo qual se procura mudar o significado da experiência. Envolve aprendizagem de conhecimentos, sendo a aprendizagem peculiar e pessoal e o conhecimento público e compartilhado (NOVAK, 1984). O compartilhar significados engrandece as ações didáticas, fomenta a potencialidade de se obter êxito no processo educacional. Tal processo demanda apreciar a relação da psicologia educacional com o ambiente escolar, nesta perspectiva, Novak (1981) afirma que o papel de uma teoria de aprendizagem em currículo e instrução deve ser de tal modo que anteriormente ao desenvolvimento de novas propostas didáticas é necessária a análise fundamentada se estas corroboram ou não à aprendizagem dos conhecimentos propostos. E é nesta linha de pensamento que se procurou, antes da utilização da aula de campo como estratégia didática facilitadora da aprendizagem significativa como atividade crítica, compreender como o novo conhecimento seria construído pelos alunos.

Na visão de Novak (1984), os novos conhecimentos não são descobertos, mas sim construídos. Essa construção começa com as observações de acontecimentos ou objetos com o recurso aos conceitos que já se possuem. Concepções que parecem estar em concordância com as ações desenvolvidas nesta proposta didática, uma vez que foi permitido ao aprendiz, em campo, se deparar com possibilidades de observar e interagir com determinados fenômenos físicos. Em relação à estrutura do conhecimento e a construção de significados Novak valoriza os conceitos. Antes que, para ele, tratam das regularidades nos acontecimentos ou nos objetos, os quais são adquiridos por meio da cultura, processo este avançado por intermédio da escola.

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Dentre os teóricos que se dedicaram ao processo que abrange a cognição, David Paul Ausubel, lançou a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). AUSUBEL¹ apud MOREIRA (1999b) afirma que o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe; determine isso e ensine de acordo. Sendo, portanto, de caráter primordial os conhecimentos prévios dos alunos, faz-se necessário o levantamento desses como condição de promover a aprendizagem de modo que se possa avaliar se são relevantes ao que foi planejado para que o aluno aprenda.

O aprender demanda interação cognitiva entre conhecimentos: aquele que está sendo proposto, o novo; e aquele que já se encontra na estrutura cognitiva do aluno, o prévio. Essa interação caracteriza a aprendizagem significativa (AS); nela, o conhecimento específico utilizado na assimilação é denominado subsunçor, que também sofre modificações, tornando-se mais elaborado. Já nos casos em que isso não ocorre a aprendizagem é denominada mecânica. Moreira (1997), conclui: “a diferença básica entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica está na relacionabilidade à estrutura cognitiva”.

Tendo como referência a TAS se procurou, neste trabalho, valorizar o conhecimento prévio do aluno, recolhidos por meio das discussões promovidas e pelo questionário investigativo. De modo a promover mudanças na estrutura cognitiva dos aprendizes. Uma vez que, na concepção de Ausubel, Quando exclusivamente mecânica, a aprendizagem sugere contemplar o avanço nos períodos escolares sem promover a valorização ao processo do ato de aprender, assim como as situações novas ali suscitadas pelos estudantes. O que pode levar as instituições educacionais, que se fundamentam nesta prática, a se distanciarem de um ambiente educacional composto por estudantes ativos para sua própria aprendizagem (MOREIRA, 1999b).

¹ AUSUBEL, D. **Educational psychology: a cognitive view**. New York, 1968 apud MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem, 1. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999b. 195p.

Em relação aos tipos de aprendizagem significativa, AUSUBEL² apud MOREIRA (1997), traz que a aprendizagem do significado de símbolos individuais ou do que eles representam é denominada de aprendizagem *representacional*, é o tipo mais básico de AS. A chamada aprendizagem *conceitual* é um caso especial da aprendizagem citada anteriormente. No entanto, diferem-se uma vez que aprender qual conceito está representado por uma dada palavra e aprender o significado do conceito não consiste a mesma ação. Já quando a aprendizagem que envolve significado de ideias expressas por um grupo de palavras combinadas em proposições ou sentenças, é denominada aprendizagem *proposicional*.

A aprendizagem significativa envolve aquisição/construção de significados e é no curso da AS que o significado lógico dos materiais de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o aluno (op. cit. p. 08). O significado lógico envolve a natureza do material escolar, e o significado psicológico diz respeito à experiência individual de cada aprendiz.

Dentre os princípios à facilitação programática da AS, propostos por Ausubel, tem-se: o princípio da diferenciação progressiva e o princípio da reconciliação integrativa. No primeiro, “as ideias e conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo da matéria de ensino devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade”. Já o segundo, implica que “a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes”. (op. cit. p. 18-19).

Partindo da premissa de que as instituições educacionais são, pela própria natureza, arraigadas em um contexto de caráter humanista, Joseph D. Novak contribuiu diretamente com a teoria de Ausubel, e realiza a aplicação da teoria na prática. Novak (1981), direcionando suas ideias à educação de seres humanos no contexto escolar, entende que a AS proporciona mudança conceitual na cognição por meio da construção, uma vez que ela leva o aprendiz à satisfação pessoal, aguçando-o às novas aprendizagens.

² AUSUBEL, D. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, 1963 apud MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. Actas del II Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos: Universidad de Burgos, p. 19-44, 1997.

Predisposição para aprender interage mutualmente com a aprendizagem significativa. Reciprocidade revelada nas perspectivas de Ausubel (1968) e Novak (1981), onde para o primeiro a predisposição do aprendiz é condição a AS, e para o segundo essa predisposição é proporcionada pela AS. Neste contexto, Brasil (1998) traz que a atividade de campo desempenha um papel de oportunidade para além da motivação.

2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

Nas ações desenvolvidas buscou-se a aprendizagem com significados e a autonomia intelectual dos alunos. Para tanto, foram desenvolvidas práticas centradas na interação entre os envolvidos, de modo a permitir a ativa participação do aluno, seja por meio de falas, discussões, observações e sentimentos. E na produção do novo conhecimento, desenvolver um pensamento crítico referente aos fenômenos físicos e os contextos sociais neles envolvidos. O que vem de encontro à Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica elaborada pelo professor Moreira (2005), que trata-se da potencialização da AS em situação de ensino-aprendizagem; estimula o indivíduo a ir além de aprender significativamente. Dentre os princípios facilitadores de uma aprendizagem significativa crítica (ASC), tem-se:

Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas; **Princípio da não centralidade do livro de texto.** Da diversidade de materiais instrucionais: Não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos; **Princípio do aprendiz como preceptor/representador:** O aluno percebe o mundo e o representa; **Princípio do conhecimento como linguagem:** Aprender-la de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo; **Princípio da consciência semântica:** O significado está nas pessoas, não nas palavras; **Princípio da desaprendizagem:** Desaprender está sendo usado aqui com o significado de não usar o conhecimento prévio que impede que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento; **Princípio do abandono da narrativa.** De deixar o aluno falar: Ensino centrado no aluno tendo o professor como mediador é ensino em que o aluno fala mais e o professor fala menos. (MOREIRA, 2005, p. 8-20).

De acordo com esses princípios, a educação tem que subsidiar o senso crítico dos aprendizes, levando-os ao desenvolvimento próprio por meio de atividades diversificadas e flexíveis, contexto essencial às vivências contemporâneas. Além de buscar anuência com esses princípios o presente trabalho foi enriquecido pelo meio social, pois se provia de ações fundamentadas nas aplicações dos fenômenos físicos estudados. Apresentando, portanto, situações favoráveis à contextualização³ de tópicos da FN em uma perspectiva de se aprender para a cidadania.

E é por meio dessa aprendizagem que Moreira (2005) afirma que ao sujeito permitirá, dentre outros, fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela, manejar a informação, criticamente, sem sentir-se impotente frente a ela; usufruir a tecnologia sem idolatrá-la. Em síntese, almeja-se que o sujeito seja “integrado socialmente, mas de maneira independente e subversiva”. Além disso, para este autor, um evento educativo vai além da prática dos princípios facilitadores da ASC, uma vez que a avaliação é parte integradora de um evento que anseie eficiência em suas ações.

2.3 ORIENTAÇÕES QUANTO AO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+, parecem corroborar para a reformulação do ensino médio (EM) brasileiro, instituída pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDBEN de 1996, regulamentada em 1998 pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCNEM.

Essas orientações educacionais, no nosso caso em particular, voltado à área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, mais especificamente ao Ensino de Física, são debatidas por meio de uma visão contemporânea da educação. Brasil (2002) ressalta que elas são referidas como sugestões de trabalho, não modelos

³ Inserção da ciência e de suas tecnologias em um processo histórico, social e cultural e o reconhecimento e discussão de aspectos práticos e éticos da ciência no mundo contemporâneo (BRASIL, 2002, p. 34).

fechados. Apresentam-se como uma importante base teórica em auxílio à ação envolvida no processo ensino-aprendizagem. Longe, portanto, de limitar o papel de cada comunidade escolar, estimulam todos os envolvidos a buscar caminhos próprios ao alcance dos objetivos educacionais delineados.

Como forma de facilitar o alcance desses objetivos tem-se a valorização de um ensino contextualizado. Neste sentido, as orientações descritas abaixo, resumem-se como base para uma ação educacional eficiente:

Ciência e Tecnologia na História - Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social; **Ciência e Tecnologia na Cultura Contemporânea** - Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea; **Ciência e Tecnologia na atualidade** - 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; **Ciência e Tecnologia, Ética e Cidadania**- Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania. (BRASIL, 2002, p. 86-88).

Observa-se, uma abordagem do currículo educacional com ênfase na relação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); cujo objetivo geral é auxiliar os educandos ao exercício da cidadania. Nas ações realizadas para o desenvolvimento deste trabalho buscou-se valorizar essa relação, que parece despertar grande interesse dos meios sociais e evidentemente dos alunos. Concepção que leva a um patamar além do mérito em formar pessoas aptas à vida acadêmica, pois implica nas vivências cotidianas do estudante, este que se encontra diante de um mundo tecnológico, complexo e em transformação (op. cit. p. 80). Nesta perspectiva, não cabe mais apenas lecionar nas escolas a denominada Física Clássica uma vez que o conhecimento contemporâneo, devido, em parte, ao seu caráter microscópico, tem uma estreita relação com o desenvolvimento tecnológico, conhecimento da denominada Física Moderna e Contemporânea (FMC).

Os PCNEM também trazem que uma visão contemporânea da educação leva ao entendimento de que o papel desempenhado pelos conhecimentos adquiridos no campo da Física e demais ciências deve ser fundamentada na relação entre ética e ciência. Relação essa que corrobora com os resultados do trabalho do professor Carlos Rinaldi (2002). Onde se defende que a educação tem que ir além do

desenvolvimento intelectual, promovendo também o desenvolvimento de valores morais e éticos. Para Rinaldi (2002), a educação é, muitas vezes, descomprometida e descontextualizada, levando, desse modo, à aceitação de um ensino que desvincula a escola do contexto e das necessidades da comunidade onde está inserida. Fato este que se procurou amenizar neste trabalho ao passo que a AC foi realizada na comunidade dos aprendizes; além disso, nos tópicos trabalhados, foram valorizadas abordagens possíveis de pensamentos críticos das aplicações das novas tecnologias.

Ainda em relação às orientações disponibilizadas pelos PCN propõem-se ações educacionais que tenham como decorrências o desenvolvimento de competências ao ensino de Física. Nesse sentido, Brasil (2002) afirma que “não há receita, nem definição única ou universal, para as competências, que são qualificações humanas amplas, múltiplas e que não se excluem entre si; ou para a relação e a distinção entre competências e habilidades”. Além disso:

O novo ensino médio deve estar atento para superar contradições reais ou aparentes entre conhecimentos e competências. Para quem possa temer que se estejam violando os limites disciplinares, quando estes se compõem com conhecimentos e competências, vale lembrar que as próprias formas de organização do conhecimento, as disciplinas, têm passado por contínuos rearranjos. (BRASIL, 2002, p.14).

Este trabalho fundamenta-se nos três conjuntos de competências, abaixo relacionadas, e suas respectivas habilidades:

Representação e comunicação - Desenvolver a capacidade de comunicação; **Investigação e compreensão** - Desenvolver a capacidade de questionar processos naturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções. Desenvolver o raciocínio e a capacidade de aprender; e **Contextualização sociocultural** - Compreender e utilizar a ciência, como elemento de interpretação e intervenção, e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático. (BRASIL, 2002, p. 23-25).

Desse modo, procurou-se com a AC promover momentos favoráveis não somente na apresentação da disciplina Física aos alunos, mas percebê-la como um conjunto de conhecimentos abastecidos de competências essenciais à participação cidadã: representar e comunicar, investigar e compreender e de dar contexto social e histórico aos conhecimentos científicos estudados.

2.4 CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS NO CONTEXTO ESCOLAR

Muitos autores procuraram definir competência, dentre estes, Philippe Perrenoud. Por mais que declare que são múltiplos os significados da noção de competência, apresentou a seguinte definição: “capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem limitar-se a eles”. Implica, portanto, em ir além da aquisição de conhecimento.

Quanto a uma ação denominada competente afirma que:

“[...] é uma invenção bem temperada, uma variação entre temas parcialmente conhecidos, uma maneira de reinventar o já vivenciado, o já visto, o já entendido, ou o já dominado, a fim de enfrentar situações inéditas o bastante para que a mera e simples repetição seja inadequada”. (PERRENOUD, 1999, p.31)

Assim como Brasil (2002), este autor procurou rever o entendimento, por ele denominado mal-entendido, que relaciona o promover competências com o ato de desvalorizar os conhecimentos. Informa que uma coisa não anula a outra, uma vez que praticamente toda a ação humana exige algum tipo de conhecimento. Perrenoud (1999) alega que quando nos deparamos diante de certa situação a ser resolvida, o enfrentamento se dará da melhor forma possível quando se põem em ação vários recursos cognitivos complementares, entre os quais estão os conhecimentos. De modo que “[...] as competências manifestadas por essas ações não são, em si, conhecimentos; elas utilizam, integram, ou mobilizam tais conhecimentos”. Além disso, “é na possibilidade de relacionar, pertinentemente, os conhecimentos prévios e os problemas que se reconhece uma competência”. (op. cit. p. 32).

Para que as competências se formem pela prática, isso deve ocorrer, necessariamente, em situações concretas, com conteúdos, contextos e riscos identificados (PERRENOUD, 1999); fato este que parece ascender às potencialidades da atividade de campo.

Delegando a construção de competências a uma sociedade que exige de seus integrantes uma referência que além de concreta é específica para lidar com as diversidades inerentes ao exercício da cidadania, percebe-se que: “[...] quando se toma como referência o “para que” ensinar Física, supõe-se que se esteja preparando

o jovem para ser capaz de lidar com situações reais” (BRASIL, 2002). Nesta perspectiva, durante toda a ação didática desta investigação, se procurou lecionar os conceitos físicos através de um ambiente contextualizado; vivenciados em situações reais e fortalecidos em suas implicações no contexto social.

2.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA - AULA DE CAMPO COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM E A FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO

Para os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN “[...] é impensável o desenvolvimento do ensino de ciências de qualidade sem o planejamento de trabalhos de campo que sejam articulados às atividades de classe”. (BRASIL, 1998, p. 126). Entretanto, a atividade de campo ainda é pouco explorada nas escolas por mais que os PCN a proponha como oportunidade que excede o aspecto motivacional às ações escolares.

Tendo a motivação papel importante nos processos que envolvam a aprendizagem, o ensino exclusivamente em salas de aulas com enfoque em resoluções de extensas listas de exercícios é insuficiente para promover tal propósito. Dessa forma, a AC sugere favorecer o “querer aprender” uma vez que provoca o estudante a sair do seu “habitat”, isto é, muda a rotina escolar e o permite a se deparar com variadas aplicações do que se estuda. Tem-se, portanto, a diversificação de estratégias didáticas; fator discutido por Moreira (2005) e a busca de informações em fontes variadas, descrita como procedimento importante para o ensino-aprendizagem em ciências (BRASIL, 1998), pois o trabalho didático mais amplo permite ao aluno elaborar e reelaborar concepções de modo a promover a autonomia na construção do conhecimento.

A atividade de campo é entendida como modalidade desse procedimento na busca de fontes variadas, também denominada aula de campo de excursão ou de estudo do meio (BRASIL, 1998). Tem-se também como uma dessas modalidades a observação, onde não trata apenas do ato de ver, mas sim de buscar “ver melhor”, ou

seja, ter capacidade de se envolver e relatar os fenômenos que lhe é permitido presenciar. Nota-se, então, que a AC envolve também a observação; onde, tendo o professor como mediador, o aluno é motivado ao entendimento do seu entorno.

Tem-se, portanto, uma estratégia de ensino-aprendizagem que vai além das paredes que delimitam o território escolar. Entretanto, requer atenção o fato de que a AC deve distanciar-se de ideias errôneas, tais como se tratar de “aula vaga”, momento de descanso da sala de aula ou até mesmo de lazer. Tais ideias podem ser amenizadas quando o professor, movido por objetivo pré-definido, propicia discussões e aponta relevâncias dos fenômenos presenciados/vivenciados de modo a permitir que o próprio aluno, motivado pela troca de significados entre os envolvidos no evento, assuma a responsabilidade de sua aprendizagem. O que vem de encontro com as concepções de Novak (1984), ao afirmar que em um episódio de ensino ao professor cabe planificar a agenda de atividades e decidir qual o conhecimento que deve ser considerado e em que sequência; enquanto que ao aluno, compete optar por aprender.

Assim, esta estratégia didática valoriza a relação entre os acontecimentos envolvidos nas interações sociais e o meio escolar, desse modo, por que não a escola oportunizar momentos de interação com as demais ações sociais de que estamos sujeitos? É ilusório acreditar que os alunos estão totalmente alheios ao mundo em sua volta; este que muitas vezes é representado nos jornais, na internet e em outros meio de comunicação. Colocando o aluno diante de um aglomerado de assuntos envolvendo a relação CTS. Estes alunos, por sua vez, se sentem seguros ao acreditar que na escola discutirão se o que foi exposto é ou não digno de confiabilidade. Qual o professor que jamais ouviu de um aluno um questionamento lido, por exemplo, na internet e/ou visto na TV? Assim, ao que parece não faz sentido ir à escola se as competências e habilidades ali desenvolvidas não atendem às necessidades de viver em sociedade (PERRENOUD, 1999).

Como já mencionado, essas necessidades do mundo contemporâneo abordam conhecimentos da FMC. Nesse sentido, Ostermann e Moreira (2000) elaboraram uma relação sobre quais tópicos de FMC deveriam ser abordados no EM; dentre os tópicos recolhidos se encontram conceitos da FN. Esses conceitos também estão

entre os temas estruturadores disponibilizados pelos PCNEM. Designado “Matéria e Radiação” este tema é considerado como imprescindível ao jovem moderno.

Sobre esta abordagem, Sousa et al (2008) revelam a constante interação entre as atividades humanas e os fenômenos da FN, afirmam que vivemos em um mundo onde estamos a todo tempo sendo bombardeados pelas mais diferentes radiações. Essas radiações possuem “[...] características as quais permitem diferenciá-las quanto ao seu caráter ionizante e não ionizante sensibilização de nossos sentidos e aplicações das mais diversas em nosso cotidiano”. (SOUSA et al, 2008, p. 04).

Apesar dessa constante interação evidenciada no trabalho citado anteriormente se observou que a FN nos livros didáticos do EM é pouco explorada, inserida em breves considerações ao longo do texto ou em forma de apêndice, segundo Valente et al 2008. Além disso, há uma tendência em iniciar os tópicos de FN com a definição do tema, “[...] com pouco aprofundamento teórico e conceitual, privilegiando os aspectos quantitativos, com ênfase em exercícios e aplicações numéricas, em detrimento de aspectos conceituais e qualitativos”. (VALENTE et al, 2008, p. 08). O que prevalece, portanto, a transmissão de conhecimento e não sua construção de modo gradativo e contextualizado.

Quanto a banalização deste conhecimento, encontrado pela referida pesquisa, pode-se citar que o popularmente denominado “lixo atômico” é tratado em semelhança ao lixo doméstico. Ignora-se o fato de que o material radioativo em concentração maior que a normal representa riscos à vida. No acidente radiológico em Goiânia, por exemplo, originou-se 3500 m³ de rejeitos radioativos, que foram acondicionados em contêineres de aço envolvidos em concreto e monitorados periodicamente.

Comparando as obras pesquisadas ao relacionar a quantidade de páginas destinadas aos assuntos da FMC e FN, concluem: “[...] nenhum dos textos traz elementos suficientes para que possam ser discutidas as questões sociais atuais que envolvem aspectos de física nuclear” (VALENTE et al, 2008). Observa-se, então, que materiais didáticos ainda apresentam debilidades em relacionar os conhecimentos da FN com o contexto social. Questões sociais que compreendem, por exemplo, os efeitos da radiação sobre ou na matéria, os quais permitem que o

aluno se torne conhecedor de diversas aplicações importantes, entre outros, na medicina, indústria, agricultura, geologia e arqueologia.

A presente pesquisa vem de encontro à contextualização social de conhecimentos da FN nas práticas escolares. Abordagem que vai além de aprender os significados dos conceitos científicos, uma vez que estes são relacionados com o meio em que se vive e com a valorização das ações que compreendem o integrar social de modo pertinente. Ou seja, se valoriza o aprender para a cidadania, para a vida; de maneira crítica e eficiente (MOREIRA, 2005). Práticas que favoreçam a construção do novo conhecimento, e que é aceito cientificamente. Auxiliando, portanto, no enfrentamento da ignorância conceitual dos conhecimentos que descrevem o mundo e as relações do homem com a natureza. O que pode contribuir à desvinculação do medo para como os fenômenos científicos, em nosso caso, da FN.

Neste sentido, Andrade e Romero (2009), afirmam que esse medo advém da falta de informação tecnológica e científica. Além disso, entendem que uma maneira de combater e exceder este sentimento de temor em relação aos fenômenos radioativos está nas propostas educacionais.

É importante destacar que por mais que as práticas efetivadas com a AC parecem potencializar as ações que envolvem o social, não se trata de simples aplicações dos conhecimentos da FN, mas abrangem se inteirar das problemáticas pertinentes do ato de se viver em sociedade. Para tanto, foram abordados, na AC e em sala de aula, tópicos que valorizassem essas perspectivas.

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta uma breve abordagem teórica à investigação qualitativa em educação e ao estudo de caso. Também serão aludidas as fontes de recolha de dados da investigação, que se desenvolveu por meio da observação participante e dos inquéritos – questionários investigativos. Em seguida, é feita a descrição da principal estratégia pedagógica da investigação, a aula de campo, bem como das atividades em classe, as quais foram ministradas pelo investigador desta pesquisa.

3.1. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Este trabalho pretende, em termos gerais, favorecer a educação em ciências mais especificamente direcionada a estudantes do ensino médio, lembrando que esta tem por objetivo:

[...] fazer com que o aluno venha a compartilhar significados no contexto das ciências, ou seja, interpretar o mundo desde o ponto de vista das ciências, manejar alguns conceitos, leis e teorias científicas, abordar problemas raciocinando cientificamente, identificar aspectos históricos, epistemológicos, sociais e culturais das ciências. (MOREIRA, 2004, p. 01).

Ainda segundo Moreira (2004), nos dias atuais a educação em ciência é um campo de pesquisa bastante consolidado por mais que ainda se tenha debilidades e/ou dificuldades. Em relação às suas origens e evolução, se deu por meio de grandes projetos curriculares, nos anos 50/60 e estudos desenvolvidos nos anos 80, 90 e nos últimos anos, sobre, respectivamente, concepções alternativas; mudança conceitual; representações mentais; relacionados com o professor de ciências e microetnográficos. (op. cit. p. 06).

Já em relação à pesquisa denominada qualitativa, Moreira (2003) apresenta que seu domínio metodológico tem como aspecto crucial a interpretação dos dados. Onde, se tem a “interpretação do ponto de vista de significados. Significados do pesquisador e significados dos sujeitos”. Quanto ao pesquisador que assume essa abordagem, afirma que também transforma dados e eventualmente utiliza

classificações e tabelas, entretanto, assume uma sistemática distinta da investigação quantitativa, já que a estatística que usa é predominantemente descritiva.

Neste contexto, Bogdan e Biklen (1994) apresentam que a investigação qualitativa é um termo genérico que “[...] agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características [...] Privilegiam, essencialmente, a compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação”. Além disso, as estratégias mais representativas nesta abordagem são a observação participante e a entrevista em profundidade, onde o pesquisador é parte integrante da investigação, pois se insere e é conhecedor do meio investigado.

Dentre as características da investigação qualitativa, Bogdan e Biklen (1994), ressaltam que:

(I) Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal; (II) A investigação qualitativa é essencialmente descritiva. Busca-se analisar os dados sem reduzi-los à simbologia matemática, respeitando-se a forma em que foram registrados ou transcritos; (III) Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos. Dissociar os processos dos resultados é deixar de verificar uma série de questões que podem revelar como os mesmos foram obtidos; (IV) A análise dos dados tende a ser indutiva. As abstrações são construídas à medida que os dados são recolhidos e agrupados e não têm por objetivo confirmar hipóteses prévias; (V) O significado tem importância vital na abordagem qualitativa. A preocupação com as chamadas perspectivas participantes, isto é, o registro tão rigoroso quanto possível do modo como as pessoas interpretam os significados. (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p.50).

O estudo de caso tem um campo de trabalho mais específico. Constitui-se em uma unidade dentro de um sistema mais amplo (LUDKE e ANDRÉ, 1986). Seu desenvolvimento consiste nas seguintes fases: “uma primeira aberta ou exploratória, uma segunda mais sistemática em termos de coleta de dados e uma terceira, com a análise e interpretação dos dados, seguidas da elaboração de um relatório”. Dentre as características denominadas pelos autores como essenciais ao estudo de caso, tem-se a busca de descoberta, interpretação em contexto, representação da realidade e uso de variadas fontes de informação.

A presente pesquisa foi entendida como pesquisa qualitativa com anuência ao estudo de caso uma vez que indica estar de acordo com as características descritas anteriormente.

A fase de execução da pesquisa ocorreu em dois contextos: na atividade de campo e em sala de aula. Buscou-se favorecer uma efetiva aproximação do pesquisador com os alunos em ambos os contextos, de modo a amenizar a dificuldade inerente de se registrar o cotidiano e assim permitir que a observação seja a mais fiel possível aos fatos ali ocorridos; registrados por meio de notas de campo - representação das observações do professor-investigador.

3.2. CONTEXTO DA PESQUISA

Esta investigação decorreu em uma escola da educação básica localizada em Cuiabá. Foram participantes 30 alunos do 3º ano do EM e 01 professor-investigador. O maior interesse deste estudo ocorreu na atividade de campo realizada no HCMT - Hospital de Câncer de Mato Grosso, neste município.

No quadro 01 é apresentada a ementa da disciplina de Física no contexto escolar, que se fundamenta no livro didático adotado pela escola. Nota-se que tópicos de FN não estavam como programáticos. No bimestre em que se desenvolveram as atividades desta pesquisa os alunos já tinham estudado os tópicos Introdução à Eletricidade, Associação de Resistores, Corrente Elétrica e Campo Elétrico.

Quadro 01: Ementa da disciplina curricular Física

Ano letivo: 2011	
Turma: 3º Ano do Ensino Médio	
Disciplina Curricular	Física
Aulas semanais	02
Ementa	Eletromagnetismo: Introdução à Eletricidade; Campo Elétrico; Potencial Elétrico; Corrente Elétrica; Potência Elétrica; Associação de Resistores; Geradores e Circuitos Elétricos e Campo Magnético.
Bibliografia adotada	GASPAR. A. Física: Volume Único. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2005. 530p.

A escolha desta escola atendeu a valorização dos acontecimentos da comunidade onde se insere a instituição escolar, uma vez que este centro hospitalar encontra-se próximo à escola em questão.

3.3. ETAPAS DA PESQUISA

Nas descrições que se seguem detalham-se o planejamento para o desenvolvimento desta investigação. Da elaboração do plano de ação e do questionário investigativo aos encontros realizados.

3.3.1 Elaboração do Plano de Ação das atividades didáticas e do Questionário Investigativo.

Partindo do pressuposto de que “é indispensável uma análise prévia daquilo que se vai ensinar” (MOREIRA, 1997) buscou-se na seleção e na sequência dos conteúdos lecionados conformidade com temas estruturadores que envolvem tópicos de FN disponibilizados em Brasil (2002). Os conteúdos disciplinares trabalhados envolveram o tema estruturador Matéria e Radiação, que aborda as seguintes componentes: Matéria e suas propriedades, Radiações e suas interações, Energia nuclear e Radioatividade, Eletrônica e Informática. Destes concentramo-nos na questão Energia Nuclear e Radioatividade, que busca possibilitar aos aprendizes:

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. (BRASIL, 2002 p. 104).

Entende-se que as capacidades descritas acima vêm de encontro aos objetivos deste trabalho, pois se procurou ensinar tópicos da FN ao passo que o material didático utilizado - provido de exemplos relacionados ao cotidiano, presentes no meio de comunicação e de acentuada relação com a aplicação tecnológica, era aperfeiçoado.

Após definido o ambiente para a realização da AC, todos os procedimentos foram tomados: consentimentos e disponibilidades da escola e da unidade hospitalar, plano de aula, guia da atividade de campo, transporte dos estudantes, autorização dos pais, dentre outros.

A sequência de ações se desenvolveu de acordo com a seguinte ordem: 1. Apresentação do projeto de pesquisa e aplicação do questionário investigativo, Pré-Teste (anexo); 2. Atividade de campo; 3. Aulas dialógicas e 4. Aplicação do questionário investigativo, Pós-Teste (anexo). Outras formas de divisão seriam possíveis, entretanto, desenvolver a atividade de campo antes das aulas formais, em sala de aula, poderia despertar o interesse dos aprendizes, uma vez que partiríamos do conhecimento físico já contextualizado o que poderia favorecer a predisposição à aprendizagem desses conhecimentos.

O conteúdo programático, como se observa no quadro abaixo, foi dividido em dois módulos: I. Contexto histórico da FN e conceitos básicos da radioatividade e II. Princípios físicos e tecnológicos da radioterapia.

Quadro 02: Conteúdo Programático

Módulo	Conteúdo
CONTEXTO HISTÓRICO DA FÍSICA NUCLEAR E CONCEITOS BÁSICOS DA RADIOATIVIDADE	Modelos atômicos; O átomo e suas partículas; As contribuições de Wilhelm Conrad Roentgen, Antoine Henri Becquerel, Pierre e Marie Curie; Produção e propriedade da radiação nuclear.
PRINCÍPIOS FÍSICOS E TECNOLÓGICOS DA RADIOTERAPIA	Aplicações de materiais radioativos na medicina; Rejeitos radioativos; Noções de tratamentos radioterápicos; Interações e/ou efeitos da radiação com/sobre o organismo.

O questionário investigativo (anexo), de caráter individual, visou verificar principalmente os subsunçores e a aprendizagem dos tópicos de FN selecionados. Compunha-se de perguntas de múltipla escolha e foram aplicados antes e após as atividades didáticas.

Antes de responderem às questões referentes a tópicos de FN os alunos foram orientados, no mesmo inquérito, a compartilhar uma posição sobre os conteúdos de Física lecionados nas escolas e do seu interesse em relação a esses conhecimentos. Buscou-se com isso verificar predisposição destes alunos aos conhecimentos promovidos pelo ensino de Física neste grau de escolaridade. Uma vez que a predisposição à aprendizagem é umas das condições para a aprendizagem significativa (NOVAK, 1984).

3.3.2 Atividades didáticas

3.3.2.1 - 1º Encontro: Apresentação do projeto, das normativas da atividade de campo e aplicação do Pré-teste.

A operacionalização dos trabalhos se deu, inicialmente, com a apresentação aos alunos das ações didáticas a serem desenvolvidas. Em seguida, as normativas, geral e específica, do ato da AC, tanto em relação ao ambiente escolar quanto do ambiente da sua realização foram repassadas visando um bom desenvolvimento da mesma. Envolveu questões, tais como: local da aula de campo, autorização da coordenação pedagógica escolar e dos pais, transporte, horário de saída da unidade escolar, tempo estimado da atividade de campo, exigência do uniforme escolar, não utilização de bonés e chinelos, dentre outras. Na sequência, os alunos foram solicitados a responder o questionário investigativo da pesquisa.

3.3.2.2 - 2º Encontro: Aula de campo

Em campo, no setor de radioterapia do Hospital de Câncer de Mato Grosso (HCMT), realizou-se a aula. Em função da quantidade de estudantes e pelo fato de que o setor permaneceu em funcionamento durante a AC, a turma escolar foi dividida em dois grupos, que participaram da atividade de campo em dias subsequentes. O tempo de cada grupo no local foi, em média, de 01 hora e desenvolveu-se seguindo a organização do setor radioterápico, conforme quadro abaixo:

Quadro 03: Organização local

Ambiente	Tempo (min)	Algumas discussões
Parte externa do HCMT	15	Uma visão geral dos conhecimentos científicos, valorizando a evolução do entendimento da FN e suas implicações no contexto social; a missão do HCMT; o tratamento oncológico e a Física.
Sala de Sistema de planejamento (Sala da Física)	15	Interação da radiação com o corpo humano; reação das células sadias e cancerígenas com a radiação; planejamento dos tratamentos por meio do uso de programas computacionais.

Sala de comando da radioterapia externa	05	Controle das sessões radioterápicas; normas de segurança e simbologias específicas.
Salas de Radioterapia	25	Evolução tecnológica; noções do funcionamento do aparelho de teleterapia; aplicação das radiações externa e interna; e equipe multiprofissional.

Conforme vimos no Referencial Teórico, a atividade de campo é uma forma da utilização de fontes variadas, em nosso caso, na busca do conhecimento oferecido no ensino e aprendizagem em Ciências. Entretanto, não basta apenas presenciar o novo, mas sim adquirir capacidade de se envolver e relatar os fenômenos presenciados. Desse modo, no desenvolvimento da AC procurou-se “criar situações, em que aumentem a probabilidade do aprendizado visado”, como defendido por Perrenoud (1999). Para isso, momentos de interação entre os alunos, o professor-investigador e o físico residente que nos acompanhou foram promovidos, em um diálogo baseado na observação dos princípios físicos envolvidos nos tratamentos radioterápicos assim como os riscos físicos, químicos e biológicos dos eventos ali desenvolvidos.

Na parte externa do HCMT (figura 01), proporcionou-se aos estudantes uma reflexão sobre a prestação de serviços no combate ao câncer que esse hospital oferece.



Figura 01 – Hospital de Câncer de Mato Grosso

O setor radioterápico localizado nesta instituição hospitalar possui equipamentos cujos princípios de funcionamento são os conhecimentos desenvolvidos pela FN e pela engenharia nuclear; este setor realiza a radioterapia, cuja técnica como veríamos adiante combina o uso de substâncias radioativas, computadores e detectores. Tem-se a denominada radioterapia externa – teleterapia, e radioterapia interna - braquiterapia. Outra especialidade oncológica é a

quimioterapia, sendo que esta se diferencia da radioterapia tendo, portanto, efeitos específicos. Cada paciente tem o tratamento de acordo com a situação em que se encontra e pode ser submetido tanto aos tratamentos já citados como também ao procedimento cirúrgico. Destes tratamentos, abordamos na AC, a radioterapia e suas modalidades.

Posteriormente, no setor radioterápico fomos recepcionados pelo físico em radioterapia que nos acompanhou durante a AC. Tivemos acesso aos ambientes onde se procedem as etapas do procedimento de radioterapia. Seguem descrições.

O primeiro ambiente (figura 02) é chamado neste hospital de “Sala da Física”. Neste local, os alunos já tinham ciência de que a radiação é aplicada em certa região do corpo acometido pela doença, viu-se como é realizado o planejamento virtual, cálculo da dosagem radioativa e também a definição da área a ser irradiada. Sendo necessária, portanto, a análise cuidadosa da quantidade de radiação para promover um tratamento além de eficiente seguro, pois altas doses podem acarretar danos celulares. Esta análise propicia também uma margem de segurança para a proteção dos tecidos saudáveis vizinhos à enfermidade.



Figura 02– “Sala da Física” - Planejamento tridimensional

Em contato com os computadores utilizados neste ambiente, tivemos detalhes dos programas computacionais. O segundo grupo a participar da AC contou com a presença do presidente do HCMT; físico médico em radioterapia. Neste momento, os alunos foram orientados quanto à ação da radiação no corpo humano, tal como o questionamento levantado: o que acontece com as células saudáveis próximas ao local

onde se recebe radiação? Foi salientado que essas células possuem uma capacidade de regeneração em relação às células cancerosas. E é esta capacidade de se regenerar do dano causado pela radiação que possibilita o uso da radioatividade na medicina.

Em direção às salas onde são realizadas as radioterapias os alunos foram instigados a perceber a construção e distribuição física dos ambientes, e verificar se a forma como se apresentam seguem normas técnicas e padronizações. Percebeu-se que os ambientes têm disposições estruturais específicas – em forma de corredores que se assemelham a labirintos constituídos por grossas paredes; são projetadas de modo a atender as exigências, tais como blindagem, distância das fontes radioativas, controle de monitoração radiológica, entre outras, impostas pelos órgãos competentes à atividade radioativa. Por meio dessas instalações se confere maior proteção aos que ali trabalham ou transitam.

Outro ponto importante, neste momento, está representado em destaque na figura 03: a representação simbólica específica que é utilizada internacionalmente para indicar a presença radioativa acima do normal. Conforme recomenda a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, foi enfatizado que este símbolo deve ser respeitado e não temido. A diferença está no conhecimento, uma vez que muito do temor das pessoas em relação às ações que lidam com algum tipo de radiação consiste do não entendimento dos fenômenos que regem essas ações, conforme defendem Andrade e Romero (2009).



Figura 03 – Símbolo internacional indicativo da presença de radiação ionizante.

A figura 04 mostra o ambiente de sessões de teleterapia e o equipamento utilizado. Conforme explicita a Sociedade Brasileira de Radioterapia – SBRT, dependendo da energia utilizada, que é fornecida pelo equipamento, a teleterapia é denominada em Ortovoltagem e Megavoltagem. Dentre estes temos as unidades de Roentgenerapia, Telecobaltoterapia e os Aceleradores lineares de partículas; sendo este último o utilizado no HCMT.



Figura 04– Equipamento para teleterapia

As discussões neste ambiente foram voltadas aos princípios básicos de funcionamento de um equipamento radioterápico, procurando perceber que os avanços dos conhecimentos da FN e das novas tecnologias permitiram que fossem construídas estruturas nucleares peculiares à prática médica.

A teleterapia se caracteriza pelo fato da fonte de radiação está localizada distante do paciente. Consiste na aplicação diária de uma dose de radiação, em média 25 sessões; ou seja, a dose radioativa pré-definida para um paciente não é aplicada de uma só vez, esses intervalos de tempo servem para que as células sadias possam se recuperar da incidência radioativa.

O procedimento radioterápico se inicia com o posicionado correto do paciente, posteriormente feixes radioativos, gerados pela máquina de tratamento, são incididos na área previamente delimitada pelos especialistas. Cada aplicação dura em média 10 minutos e o paciente fica deitado, imóvel na mesa junto ao equipamento, enquanto isso é monitorado via vídeo da sala de comando situada em ambiente próprio, ao lado da sala onde abriga o equipamento de teleterapia. (figura 05).



Figura 05 – Sala de comando da teleterapia.

Na sala onde se realiza o procedimento de braquiterapia (Figura 06), tomou-se ciência de que nesta modalidade a radiação tem origem em materiais radioativos introduzidos dentro e/ou ao redor do tumor. São utilizados como fonte o cobalto, céσιο e irídio, dentre outros.

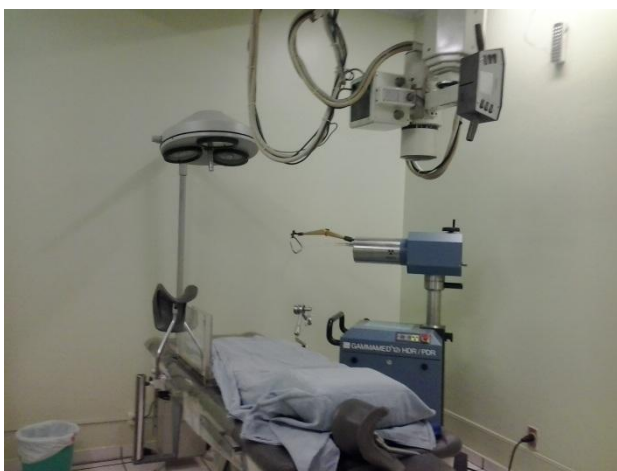


Figura 06 – Sala de braquiterapia

Neste ambiente, novas discussões foram promovidas, tais como: “Será que uma pessoa que passa por tratamento radioterápico fica radioativa”? “Quais são os profissionais capacitados para o manuseio destes tratamentos”? Novamente os alunos participaram ativamente; dando sequência às discussões foi salientado que conforme alerta a CNEN não se deve confundir irradiação com contaminação. A irradiação é a exposição de um objeto ou de um corpo à radiação; já a contaminação se caracteriza pela presença de um material indesejável em determinado local. Um objeto ou o próprio corpo quando irradiado, seguindo todas as normas de segurança, não se torna

contaminado, desse modo, os pacientes que se submetem a tratamentos radioterápicos não ficam radioativos, logo podem conviver normalmente na presença de seus familiares.

Os tratamentos radioterápicos necessitam de uma equipe multidisciplinar, composta pelo médico radio oncologista, físico em radioterapia, enfermeira em oncologia, técnico de radiologia em radioterapia, entre outros. São especialistas que trabalham de forma integrada no combate à doença.

A radioterapia é um dos exemplos do manuseio lícito das radiações. Para melhor expor este uso pacífico foi apresentado aos estudantes alguns dos órgãos responsáveis pela utilização de material radioativo: Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA⁴ trabalha com os seus Estados-Membros e parceiros no mundo todo para promover o uso seguro e pacífico das tecnologias nucleares; Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN⁵, autarquia federal brasileira vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, é um órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização, estabelece normas e regulamentos em radioproteção que licencia, fiscaliza e controla a atividade nuclear em nosso país. Desenvolve ainda pesquisas na utilização de técnicas nucleares em benefício da sociedade; Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste - CRCN/ CO⁶, é uma unidade da CNEN, vinculada à Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento – DPD, está localizado no município de Abadia de Goiás/GO. Criado em 1997, tem como objetivo primordial abrigar e monitorar os depósitos definitivos de rejeitos oriundos do acidente radiológico de Goiânia, ocorrido em setembro de 1987.

Para finalizar a AC, já em frente ao hospital, os alunos foram motivados a mencionarem alguns conceitos dos quais acreditavam que estariam ali envolvidos (ver quadro 04). Reforçou-se também quanto à importância das pesquisas oriundas da comunidade científica; e mais uma vez os aprendizes foram incentivados a se posicionarem em relação à relevância do que presenciaram.

⁴ Disponível em: <http://www.iaea.org>

⁵ Disponível em: <http://www.cnem.gov.br>

⁶ Disponível em: <http://www.crcn-co.cnem.gov.br>

Quadro 04: Alguns questionamentos do professor-investigador

Questionamentos	Conceitos evocados
Conceitos físicos envolvidos	Átomo, núcleo, elétrons, radiação, tecnologia, energia, força, raios-X; e palavras diversas: símbolo, medo, câncer, físico nuclear, contato, interação e vida.
Relevância dos conhecimentos	Tratamento de doenças, cura do câncer, evolução nas pesquisas e entendimento de tecnologias.

Posteriormente, o professor-investigador comentou os conceitos evocados e solicitou que cada aluno se atentasse aos que foram mencionados para que em posteriores discussões, em sala de aula, estes fossem trabalhados, esclarecidos e/ou realizadas adequações dos significados àqueles cientificamente aceitos. Para isso, foram realizadas aulas dialógicas na semana seguinte à atividade de campo.

3.3.2.3 - 3º, 4º e 5º Encontros: Aulas dialógicas

Dando sequência em nossas ações didáticas foram realizadas três aulas dialógicas. Cada aula teve um tempo médio de 50 minutos, ocorreram em uma mesma semana e tiveram a presença de todos os alunos que participaram da AC. Com o auxílio de multimídia como instrumento e a discussão como meio de envolver os alunos, o conteúdo programático foi desenvolvido: Iniciou-se com os modelos atômicos; o átomo e suas partículas; as contribuições de W. C. Roentgen (1845-1923), A. H. Becquerel (1852-1908), Pierre (1859-1906) e Marie Curie (1867-1934) à radioatividade; produção e propriedade da radiação ionizante. Posteriormente, os questionamentos foram direcionados às aplicações dos conhecimentos da FN na medicina, mais especificamente, no tratamento radioterápico desenvolvido no HCMT.

Na primeira aula, o Módulo I - Contexto histórico da FN e conceitos básicos da radioatividade foi iniciado com o levantamento das concepções dos aprendizes acerca do conceito de FN. Prosseguimos com estudo de algumas contribuições de determinados cientistas, com isso pretendeu-se distanciar da exposição de ideias prontas sem o embasamento teórico/histórico que o auxilie em sua legitimação perante a comunidade científica. Tais contribuições, como discutido, levaram às

concepções do átomo e suas partículas, bem como dos modelos atômicos já desenvolvidos, da clássica à quântica.

Em nossa segunda aula foram referidos alguns estudos que levaram à descoberta da radioatividade, evento que marca o início do desenvolvimento da FN. Seguimos com as descrições das ideias mais aceitas, averiguadas nos livros didáticos consultados do EM; em geral, se referem às contribuições de Roentgen, Becquerel, Pierre e Marie Curie. Foi abordado quanto à produção e propriedades das radiações. Os experimentos sugeriam que a radioatividade era o resultado da desintegração de núcleos atômicos instáveis; os quais emitem continuamente radiação de modo a alcançar a estabilidade. Essa “taxa” de transformações denomina-se atividade da amostra e o tempo necessário para que o número de isótopos radioativos de uma substância se reduzirá à metade é denominado meia-vida.

Na terceira aula, com o início do Módulo II – Princípios físicos e tecnológicos da radioterapia, vimos que as radiações denominadas ionizantes são radiações com energia suficiente para alterar a estrutura de um material, por meio da retirada de elétrons dos seus átomos. E devido ao tipo de radiação e energia a ela associada, temos diferentes aplicações e riscos.

E assim, uma visão geral sobre as aplicações e implicações da FN foi debatida, entre estas os acidentes nucleares e radiológicos: Chernobyl (1986), Goiânia (1987) e Fukushima (2011). Levantou-se também a situação do Brasil na geração de energia por meio da central brasileira Almirante Álvaro Alberto (Angra1, Angra 2 e Angra 3). Foi discutido que segundo dados oficiais⁷ as usinas nucleares oferecem uma importante contribuição para a matriz elétrica brasileira; representam 3% da geração nacional. Também lembramos que além dessas aplicações, as radiações são utilizadas em pesquisas científicas e na arqueologia e que essas aplicações radioativas originam os denominados rejeitos radioativos, que é “qualquer material resultante de atividades humanas que contenha radiação em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na Norma de Licenciamento de Instalações Radioativas e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista”, conforme define a CNEN.

⁷ Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/AEmpresa.aspx>

Em seguida, tratamos com maior ênfase dos efeitos da radiação ionizante no corpo humano, mais especificamente, a utilização médica da FN. Foram utilizadas algumas das imagens registradas na AC como orientação das discussões de modo a usufruir, ainda mais, das potencialidades dessa estratégia educacional. Ressaltou-se que as radiações interagem com a matéria, cujos efeitos dependem, principalmente, da energia das radiações e do meio com o qual elas interagem e que essa interação envolve outros campos de conhecimentos além da Física, como a Química e a Biologia.

As aulas dialógicas foram finalizadas com menção à equipe multiprofissional. Para atender as exigências, por exemplo, da CNEN e da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária exige-se que dentre a equipe se tenha o radio oncologista e o físico em radioterapia. O médico radio oncologista é responsável na orientação e supervisão dos procedimentos radioterápicos que são submetidos os pacientes; O físico em radioterapia realiza os cálculos para o planejamento do tratamento de acordo com as prescrições do radio oncologista, também monitora o controle de qualidade dos equipamentos de modo a garantir a segurança e o correto funcionamento dos mesmos.

3.3.2.4 - 6º Encontro: Aplicação do Pós-teste

Na semana seguinte às aulas dialógicas, realizou-se a aplicação do questionário investigativo da pesquisa (Pós-teste). Também foi solicitado, aos que se interessarem um breve depoimento referente às ações desenvolvidas. Este encontro marcou o término das atividades com os sujeitos da pesquisa. Os dados recolhidos serão apresentados e analisados a seguir.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme apresentado no capítulo 3, Metodologia, os instrumentos de coleta de dados da pesquisa foram o **questionário investigativo** e as **notas de aulas** oriundas da observação participante do pesquisador. Recolhidos, antes, durante e após as atividades didáticas desenvolvidas sendo estes analisados de forma qualitativa à luz dos referenciais. Optou-se, para essa análise, apresentar e imediatamente proceder a respectiva análise dos resultados.

A turma escolhida para a pesquisa tem 37 alunos frequentes. Destes, no primeiro inquérito (Pré-teste) participaram 29 alunos; 30 foram à atividade de campo; 35 assistiram às aulas dialógicas e 25 responderam o inquérito no segundo momento (Pós-teste). Para que o estudante fosse considerado sujeito da investigação exigia-se que o mesmo tivesse participado de todo o processo das ações desenvolvidas, neste caso, uma totalidade de 25 aprendizes.

4.1.1 Análise dos questionamentos I e II

Os questionamentos I e II serviram para o pré e pós-teste, sendo composto por dois questionamentos iniciais, anterior, portanto, às questões de múltipla escolha referentes os tópicos de FN. São eles: ***I** - Para você os conhecimentos da Física lecionados nas escolas são: Desnecessários uma vez que não têm aplicações no dia-a-dia; Necessários para o entendimento do meio em que vivemos; Complicados e desinteressantes; Não faz sentido sem o uso da matemática; **II** - Seu interesse em relação aos conhecimentos da Física é: Nenhum; Indiferente; Regular; Ótimo.*

Esses questionamentos são entendidos como uma forma de os estudantes se posicionarem sobre o ensino de Física na educação básica. Como já argumentado em outro momento, essas questões iniciais procuram atender as ideias defendidas por Ausubel, Novak, Gowin e Moreira ao entenderem que a AS é aprendizagem com

significado, compreensão, sentido, capacidade de transferência e que a predisposição à aprendizagem é umas das condições da aprendizagem significativa. E é essa predisposição que se pretendia averiguar.

Nos gráficos a seguir (Figuras 07 e 08) são apresentados os dados obtidos para esses questionamentos.

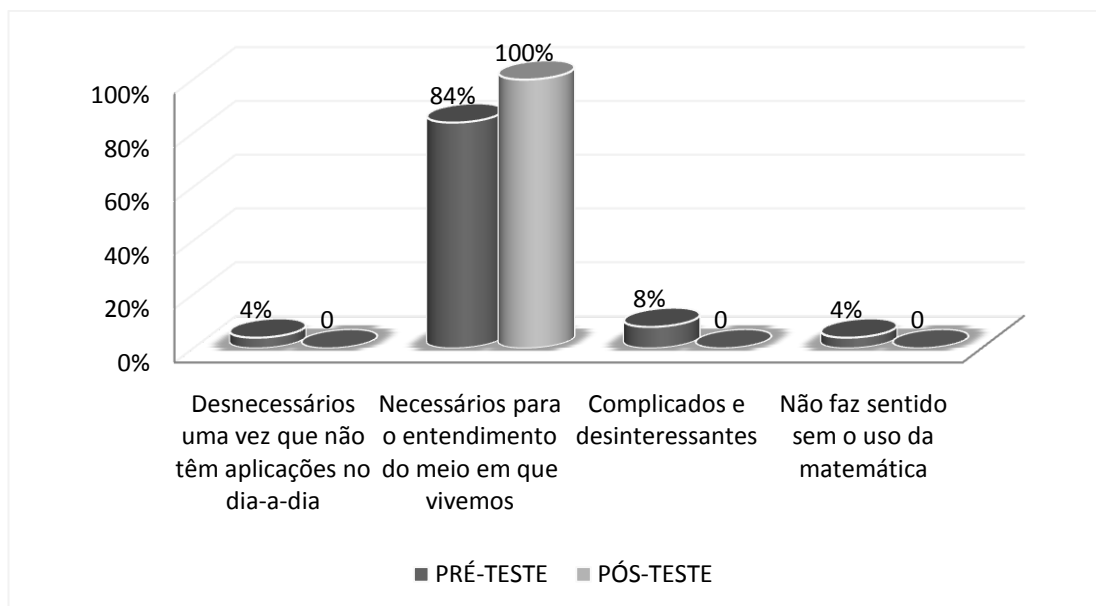


Figura 07 - Gráfico das respostas ao questionamento I

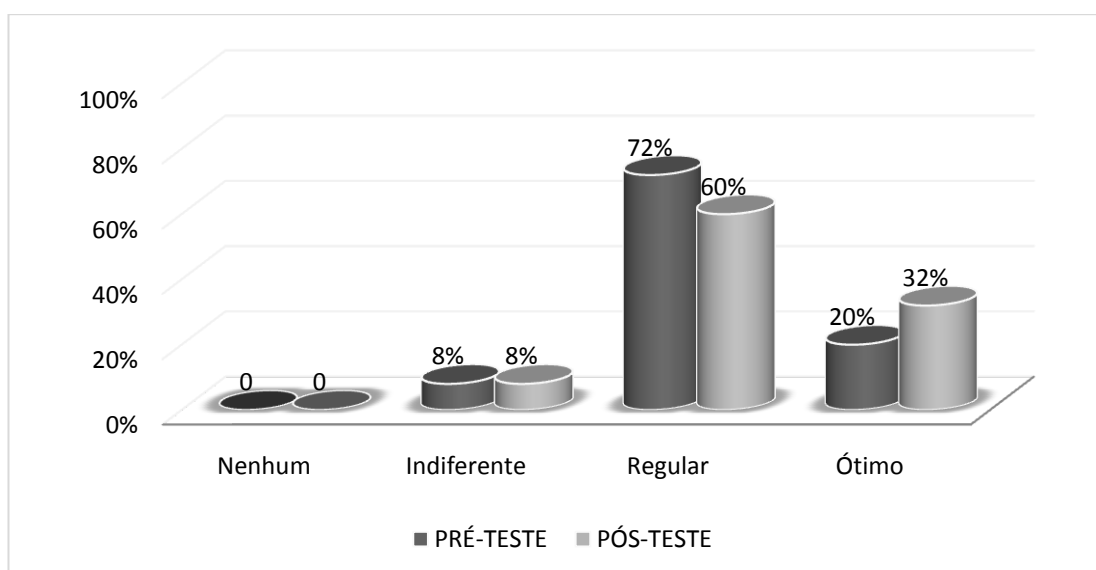


Figura 08 - Gráfico das respostas ao questionamento II

Os resultados, apresentados no primeiro gráfico (figura 07), revelaram que para uma parcela reduzida dos alunos estes conhecimentos não parecem ter aplicação em nosso cotidiano (4%), são complicados e desinteressantes (4%), subordinados à matemática (4%) e para 84% dos alunos, no pré-teste, os conhecimentos físicos são importantes para o entendimento do meio em que vivemos; já no pós-teste esse percentual passou para 100%. Essa unanimidade obtida no pós-teste sugere uma reestruturação das referidas noções na forma de perceber a relevância do entendimento dos fenômenos físicos assim como reestruturação de valores da importância destes conhecimentos.

O gráfico representado pela figura 08 demonstra a ausência de posicionamentos que se revelaram como nenhum interesse para com esses conhecimentos, tanto no pré quanto no pós-teste; não teve alteração no percentual que se revelam indiferentes; Já em relação aos valores regular e ótimo nota-se que a maioria (72%) apresenta interesse quanto aos conhecimentos da Física, no pré-teste; de forma semelhante tem-se este resultado no pós-teste, entretanto, observa-se um aumento em relação ao valor ótimo, de 20 para 32%.

Esses resultados parecem sugerir que foi alcançado o compartilhar de posições e de interesses acerca dos conhecimentos de Física lecionados. E assim, se o interesse dos aprendizes foi despertado pode-se favorecer a predisposição e esta por sua vez apresenta uma relação particular com a AS. (AUSUBEL, 1968; NOVAK e GOWIN, 1981; MOREIRA, 2005).

4.1.2 Análise das questões de múltipla escolha

O questionário investigativo é composto por quinze questões de múltipla escolha sobre tópicos de FN. Essas questões foram elaboradas pelo pesquisador-investigador com base em livros textos do EM. Foram abordados: objetivo da física nuclear, estrutura do átomo e suas partículas, modelos atômicos, descoberta da radioatividade, rejeitos radioativos, aplicações e efeitos da radiação ionizante e tratamento radioterápico em Mato Grosso, entre outros. Temas trabalhados tanto na

atividade de campo quanto nas aulas posteriores (Módulos I e II). No primeiro questionário aplicado, pré-teste, pretendia-se levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre conceitos de FN. No pós-teste, segundo questionário aplicado, a intenção foi ver se houve evolução da aprendizagem utilizando-se principalmente da atividade de campo.

Nos gráficos a seguir (figuras 09 a 23), são apresentadas as respostas recolhidas dos **25 alunos** a cada questão do questionário investigativo, pré e pós-teste, em relação as suas alternativas, (a), (b), (c) e (d), destas apenas uma é considerada correta. Por opção será apresentado o gráfico e em seguida será descrito a análise dos resultados obtidos. A análise se deu em relação a todo o contexto envolvido, desde a elaboração das questões – objetivo e eficiência, até o último encontro com os alunos; pretende-se observar concepções dos alunos sujeitos da pesquisa acerca da FN, indícios de captação de significados dos conceitos estudados e possíveis causas que levaram ao erro.

Posteriormente, na figura 24, se apresentam os percentuais de número de acertos de todas as questões que compõem o questionário investigativo. A título de comparação foram analisados juntos o pré e o pós-teste.

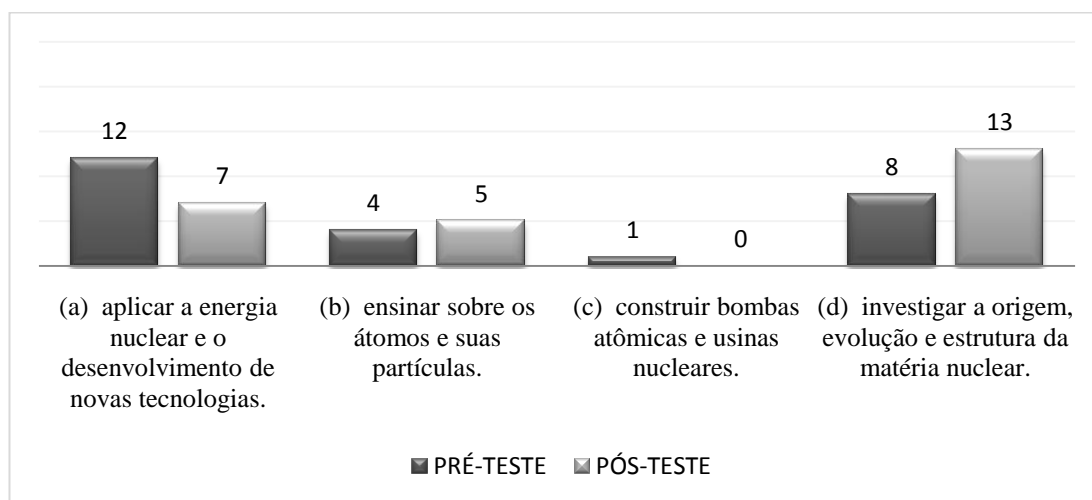


Figura 09 - Gráfico das respostas à questão 01 (Q01)

A questão 01 (Q01) trata de uma visão geral da FN e de seus objetivos, que em síntese investiga a compreensão da origem, evolução e estrutura da matéria nuclear, conforme alternativa (d). Os dados demonstram, figura 09, que 13 alunos, no pós-teste, afirmaram ser esta a opção correta, configurando um aumento de 5 alunos em

número de acertos. Essa questão teve como objetivo valorizar o entendimento inicial daquilo que é proposto pelo professor para estudo, de modo a ter significância para os estudantes. Conforme afirmam Ausubel (1963) e Moreira (1997), tem que fazer sentido, tem que ter significado lógico para que então se transforme em significado psicológico.

Os dados também apontam que nenhum dos alunos pesquisados apreende a FN como destinada à construção de bombas atômicas, já que a alternativa (c) não foi marcada posteriormente às atividades didáticas; o que talvez contribua para amenizar certas concepções que alimentam o medo em relação ao arcabouço de conhecimentos desta área da Física, em concordância com as ideias de Andrade e Romero (2009).

Observa-se uma distribuição das respostas em relação às alternativas (a), (b) e (d), tanto no pré quanto no pós-teste; mais precisamente, entre (a) e (d). Parece razoável que alguns alunos tenham considerado como corretas as alternativas que relacionam a FN com o desenvolvimento de novas tecnologias, uma vez que é comum pensar na radioatividade sendo aplicada por meio de mecanismos tecnológicos; ou com o ensino de átomos e suas partículas, já que o detalhe estar em se lidar, especificamente, com o núcleo atômico. Isso explicaria, em parte, a dispersão das respostas entre as alternativas e também indica que das alternativas apresentadas a (c) é a que mais se distancia dos objetivos da FN.

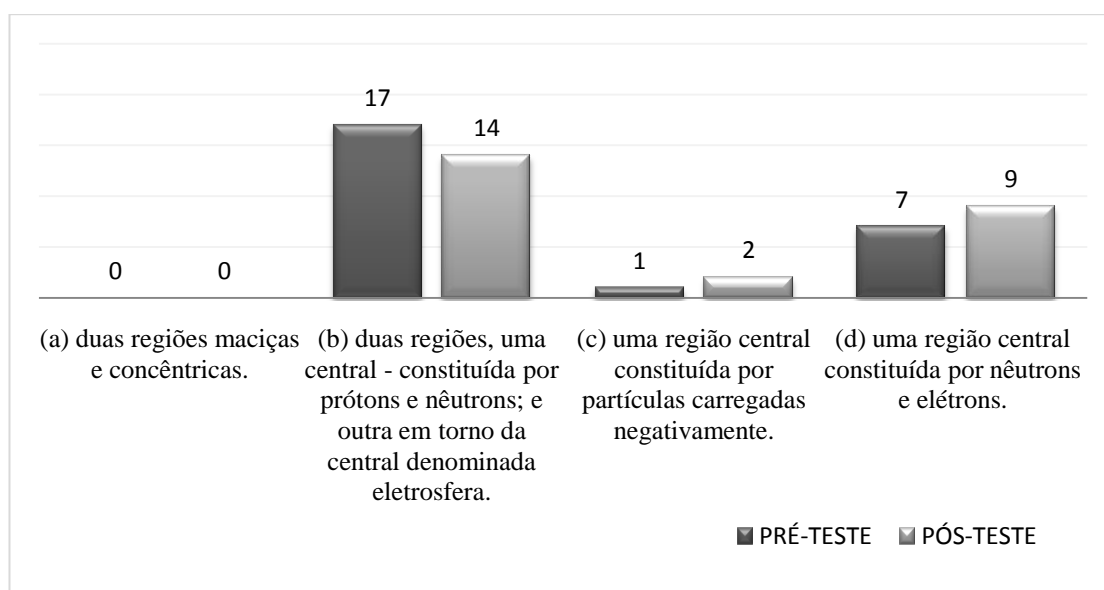


Figura 10 - Gráfico das respostas à questão 02 (Q02)

Com a questão 02 (Q02) examinou-se quanto ao entendimento da estrutura dos átomos em relação às regiões que os constituem (núcleo e eletrosfera) e das partículas básicas (próton, nêutron e elétron) de acordo com o modelo atômico de Rutherford-Bohr modificado, cujo comando da questão é: “Segundo este modelo, um átomo tem:”.

Os dados demonstram, figura 10, uma diminuição nos acertos (03 alunos). Essa redução, que ocasionou aumento em (c) e (d), pode ter ocorrido em virtude da interpretação das alternativas, uma vez que pode ter-se entendido que os átomos são compreendidos por apenas uma região [central] e não por duas como se afirma em (a) e (b). Continuando o raciocínio por supressão, pelo fato de serem dois tipos de partículas básicas nesta região central – núcleo, elimina-se também a alternativa (c), assim fica-se com (d); que é a alternativa que concorreu mais evidentemente com a correta (b).

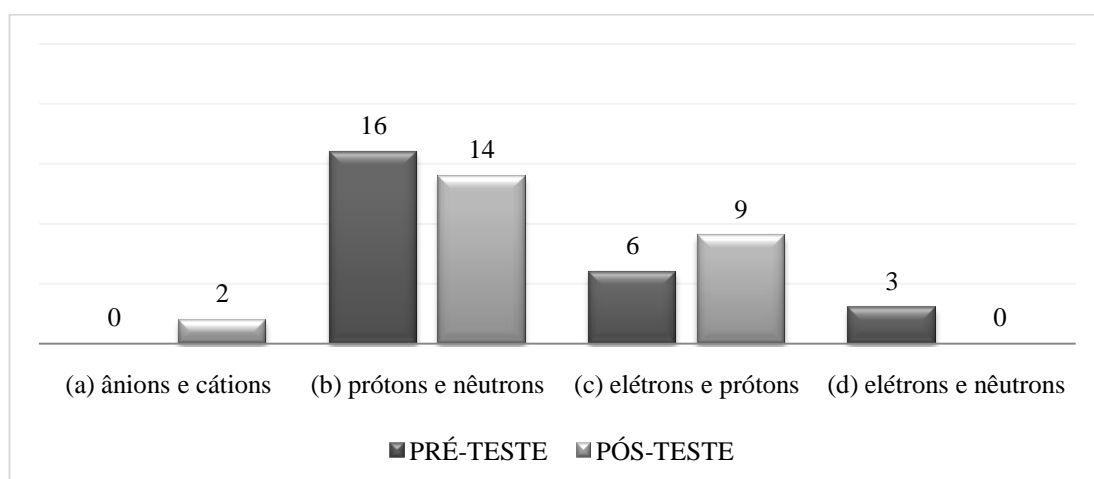


Figura 11 - Gráfico das respostas à questão 03 (Q03)

A Q03 também trata da estrutura atômica, entretanto, nesta, se avalia especificamente das partículas que constituem o núcleo do átomo: “Hoje, sabemos que os núcleos atômicos são constituídos basicamente de:”. Pelos dados, figura 11, observa-se que, sendo (b) a alternativa considerada correta, houve uma redução nos acertos (02 alunos), aparecendo um aumento (03 alunos) na alternativa (c). Ao que parece o relacionamento à estrutura cognitiva dos alunos destes conceitos teve aspecto arbitrário e literal. (Ausubel, 1968, Moreira, 2005).

Entre os participantes, 02 alunos afirmam que ânions e cátions constituem os núcleos atômicos, talvez esses alunos tenham se familiarizado com essas denominações por tê-los estudados durante as nossas aulas dialógicas, já que não apareciam inicialmente (pré-teste), ou seja, aparentemente não tratavam de conhecimentos prévios.

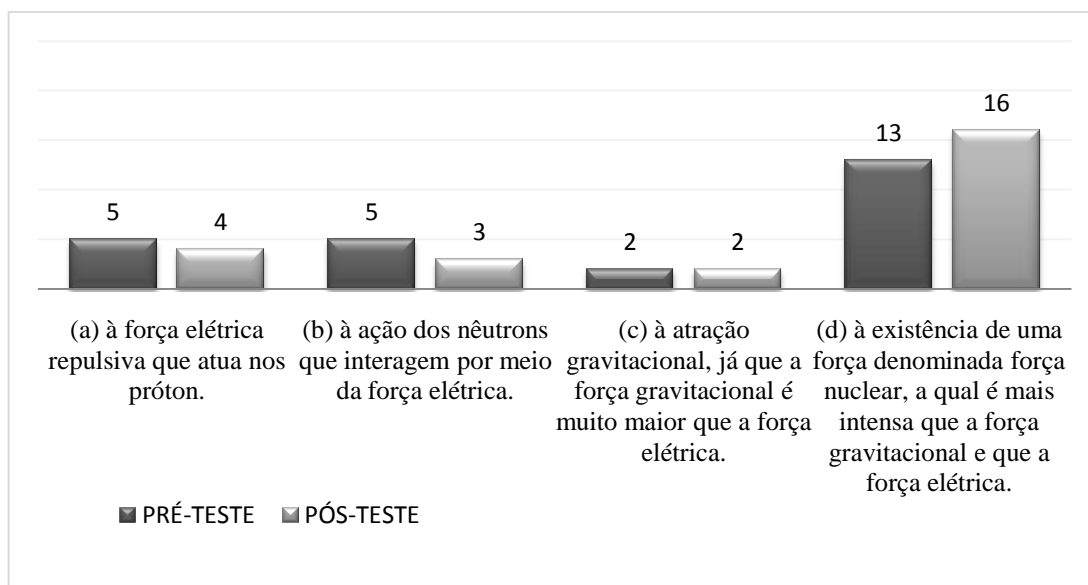


Figura 12 - Gráfico das respostas à questão 04 (Q04)

A Q04: “Cientistas observaram que alguns materiais emitem radiação. Uma dessas partículas foram usadas para investigar o próprio núcleo atômico, o qual se mantém unido devido”, ou seja, trata da força nuclear e sua relevância para a manutenção do núcleo. Os dados demonstram, figura 12, um aumento nos acertos (de 13 para 16 alunos); ainda revelam que praticamente o mesmo número de alunos entendeu como corretas, no pré e pós-teste, as alternativas (a), (b) e (c).

A dificuldade quanto ao entendimento correto (d) pode ter sido acentuada pelo enunciado da questão, uma vez que se inicia tratando de emissão de radiação, posteriormente de bombardeamento de partículas com o núcleo e por fim solicita-se a força que atua no núcleo atômico. Um enunciado mais claro quanto ao foco - núcleo e força - poderia ter auxiliado os alunos em uma melhor compreensão; Por exemplo, seria apropriado trazer na questão argumentos ou contextos específicos do conhecimento que se pretendeu avaliar, neste caso, interação entre as partículas básicas existentes no núcleo do átomo e os tipos de forças.

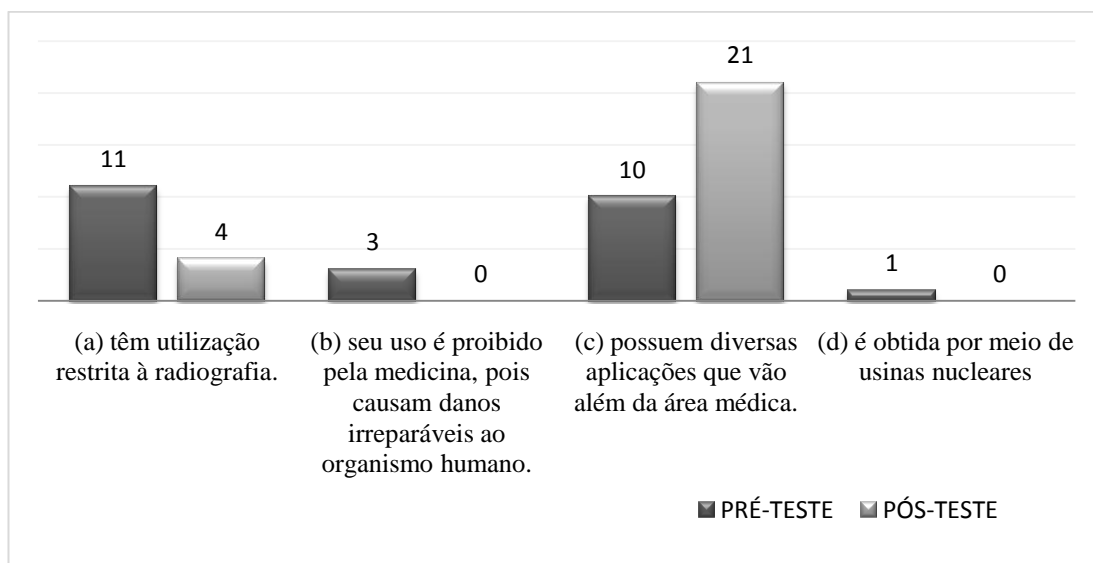


Figura 13 - Gráfico das respostas à questão 05 (Q05)

A Q05 investigou concepções acerca da produção e aplicação dos raios X na atualidade. Para tanto, apresenta no enunciado fatores histórico-humanos da radiação mencionada de modo a dar argumentos para possíveis assimilações por parte dos alunos, ao ligar o evento histórico com suas implicações: “Os fenômenos radioativos começaram a ser observados com a descoberta dos raios X, em 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen. Essa radiação nos dias atuais”.

Plotados na figura 13, os dados apontam que 21 dos 25 alunos pesquisados passaram a afirmar que os raios X possuem diversas aplicações que vão além da área médica. Esse aumento expressivo nos acertos, mais que o dobro, pode indicar que após as ações didáticas desenvolvidas os alunos compreenderam que as radiações, dentre estas os Raios X, estão presentes no cotidiano do mundo contemporâneo.

Nota-se também, por meio desses dados, que no pós-teste nenhum aluno considerou as alternativas (b) e (d) como verdadeiras; indicativa de mudanças de opiniões sobre o contexto da produção, do uso e da interação da radiação com o organismo humano.

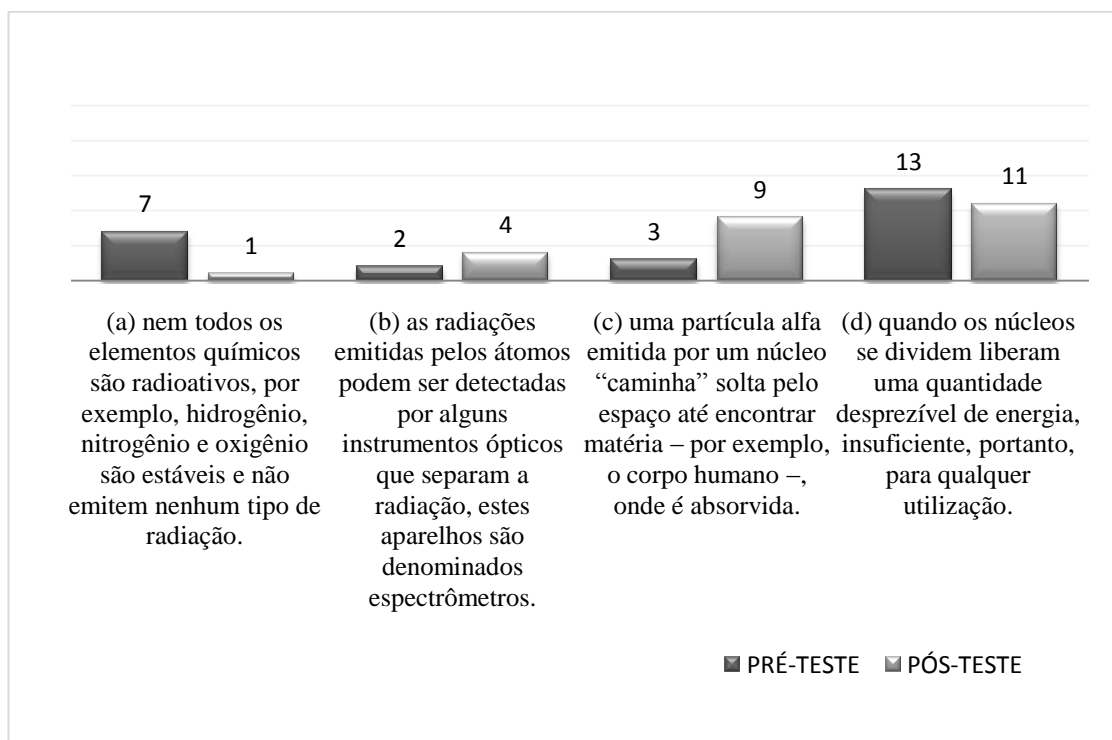


Figura 14 - Gráfico das respostas à questão 06 (Q06)

Na Q06: “A descoberta da radioatividade deu o primeiro passo no desenvolvimento da física nuclear, culminando com a produção de elementos radioativos artificialmente. A radioatividade se caracteriza pela emissão de radiação. Sobre esse assunto, marque a alternativa INCORRETA”, avalia-se ideias referentes à relação da descoberta da radioatividade com o desenvolvimento da FN e a caracterização básica da radioatividade. São fornecidas três alternativas com dados corretos e apenas uma incorreta, que deveria ser identificada.

É demonstrada pelos dados, figura 14, uma pequena redução do pré-teste em relação ao pós-teste (02 alunos). Além disso, os acertos no pós-teste revelam apenas 44% em aproveitamento, o que implica em um baixo resultado em termos de aprendizagem desse assunto.

Os dados também indicam que, no pós-teste, a alternativa que demonstra ter concorrido com a opção esperada foi a (c). É provável que o aluno tenha entendido o termo “caminha” como incorreto. Já em relação à questão (d), neste caso, a opção a ser identificada, nota-se que a falseabilidade da questão é bem sutil: “[...] *desprezível de energia, insuficiente*”, isso pode ter corroborado para os resultados obtidos.

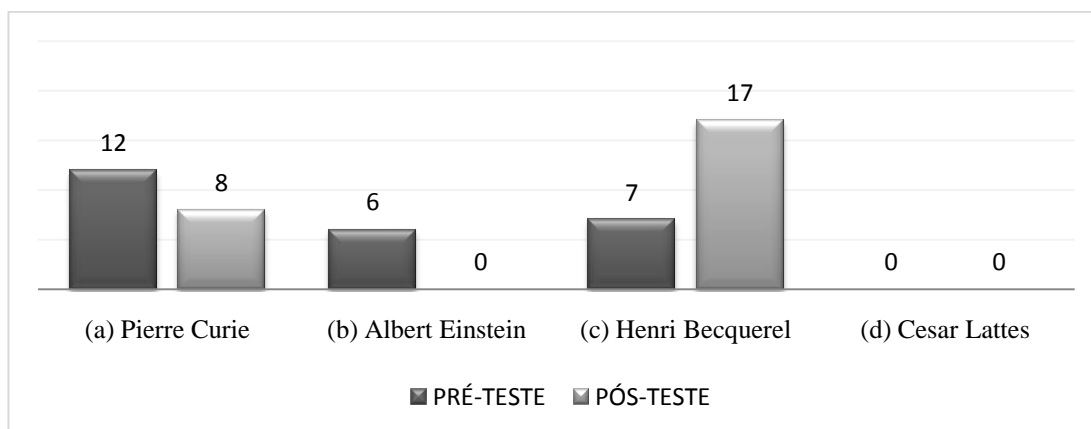


Figura 15 - Gráfico das respostas à questão 07 (Q07)

Apresentando um acontecimento histórico da descoberta da radioatividade: “Observou-se que, depois de guardar um pedaço de minério (radioativo) dentro de uma gaveta onde havia um pacote de chapas fotográficas virgens, que elas haviam sido expostas à luz, apesar de estarem dentro de uma gaveta e embrulhadas em papel negro. Após investigações, se concluiu que a exposição das chapas se devia às radiações emitidas pelo minério. O cientista desse contexto histórico foi”, se avalia, na Q07, o entendimento dos alunos em relação ao conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social (BRASIL, 2002).

Neste contexto, foi discutido junto aos alunos que Henri Becquerel, em 1896, estabeleceu que os sais de urânio emitiam radiações análogas às dos Raios-X e que átomos de alguns elementos químicos são naturalmente radioativos. Levando ao entendimento de que a origem da radiação relaciona-se à estrutura do átomo.

Os resultados obtidos, figura 15, no questionário avaliativo anterior às atividades didáticas sugerem que parte dos alunos atribuiu tal feito histórico a Albert Einstein (b), talvez seja por ser uma das figuras mais populares da Física; provavelmente manifestação dos subsunçores desses alunos. Em contrapartida, nos dois questionários, pré e pós-teste, não houve menção a César Lattes (d), o que pode sugerir que este cientista, físico brasileiro, não seja tão conhecido por parte desses estudantes.

No pós-teste há indícios de que os alunos ficaram em dúvidas quanto às alternativas (a) e (c), situação aceitável já que esses dois cientistas foram estudados

como importantes ao entendimento da radioatividade. Como são contemporâneos pode-se dizer que, nesta questão, foi exigido conhecimento do aluno que em pouco contribui ao real objetivo de uma avaliação de conceitos; a memorização de datas. Mesmo assim, tem-se um acréscimo expressivo nos acertos (de 07 para 17 alunos). Nota-se, então, que posterior às ações didáticas, parece ter havido uma melhor compreensão dos acontecimentos históricos em relação aos seus respectivos personagens.

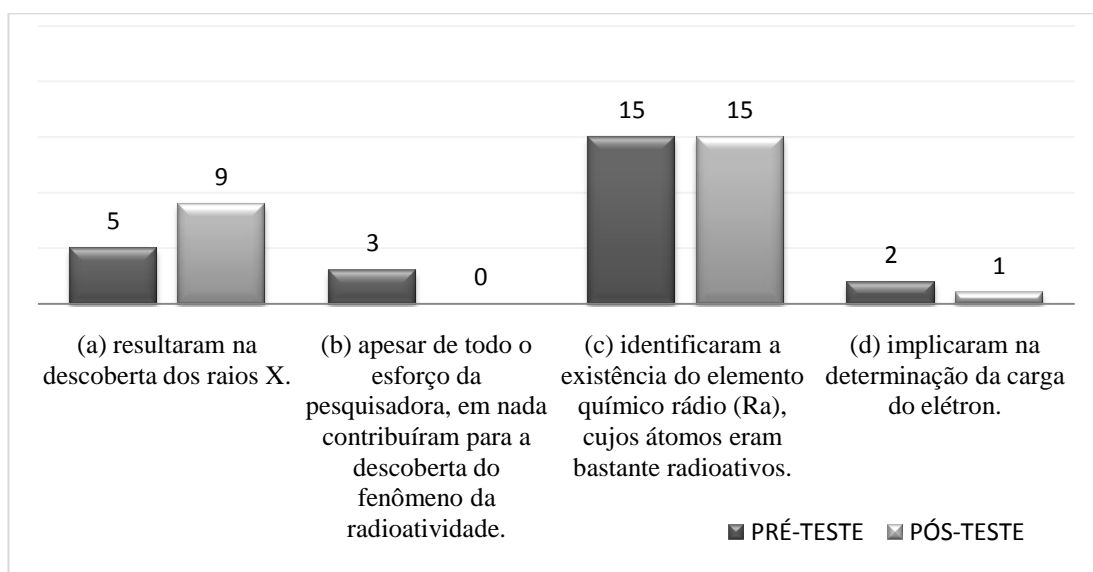


Figura 16 - Gráfico das respostas à questão 08 (Q08)

Esta questão assim como a questão anterior trata de acontecimentos histórico-humanos da descoberta da radioatividade: “A radioatividade é um fenômeno nuclear, ou seja, núcleos de determinados elementos químicos emitem espontaneamente radiações. Marie Curie, em seu laboratório - um galpão despojado e mal aparelhado desenvolveu experimentos nesta área. Suas pesquisas”.

Na intervenção muitas foram às perguntas dos alunos em relação à Marie Curie, entretanto, em geral, relacionadas à sua vida pessoal. Foi discutido que essa pesquisadora teve um importante papel no entendimento da radioatividade como propriedade atômica; e que até mesmo a procedência do termo radioatividade é a ela atribuída. Marie e seu esposo Pierre Curie estudaram os denominados raios de Becquerel e identificaram a existência de novos elementos químicos cujos átomos eram bastante radioativos: o rádio (Ra) e o polônio (Po).

Os dados demonstram que posteriormente à AC e as aulas dialógicas, os alunos que antes afirmavam que as pesquisas de Marie Curie em nada contribuíram ao estudo da radioatividade já não mais se posicionaram assim. As respostas estão plotadas na figura 16.

Nota-se estagnação no número de acertos, alternativa (c). Este não aumento no pós-teste talvez possa ser explicado pela “concorrência” entre as alternativas (a) e (c), pois ambas representam assuntos que foram abordados nas atividades desenvolvidas. O já mencionado conflito entre acontecimentos e personagens contemporâneos.

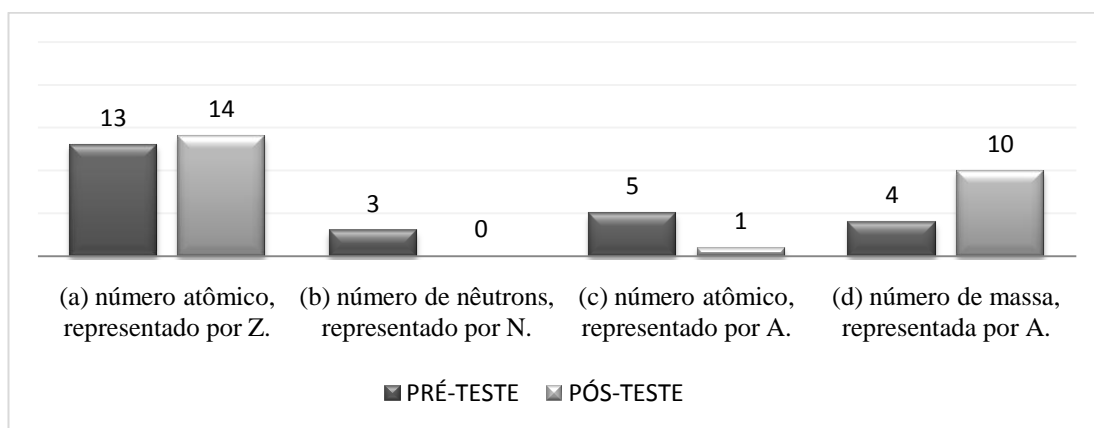


Figura 17 - Gráfico das respostas à questão 09 (Q09)

A Q09: “A soma do número de prótons e nêutrons é chamada de” pode ser entendida como uma abordagem acerca da linguagem do conhecimento estudado. Todas as alternativas tratam de conceitos e suas respectivas notações. Nesse sentido, Moreira (2005) trata o conhecimento como linguagem. Afirma que a linguagem representa uma maneira singular de perceber a realidade e que ensinar uma linguagem implica em ensinar um modo de ver o mundo.

Na intervenção discutiu-se que na descrição das propriedades do átomo usasse, com frequência, três números que identificam o núcleo do elemento: número de prótons ou número atômico representado por Z, número de nêutrons representado por N e número de massa, A; e que para qualquer núcleo devemos ter: $A = Z + N$.

Os dados revelam, figura 17, que no pré e pós-teste a alternativa (a) foi considerada como verdadeira pela maioria dos alunos; provavelmente pelo fato desses estudantes já terem estudado esse assunto nas aulas de química, fato

mencionado em nossas aulas. Entretanto não condiz com o comando da questão, logo, incorreta.

Pelo resultado se observa que no pós-teste, os alunos praticamente se dividiram entre (a) e (d), sendo esta última a alternativa correta. Por mais que se obteve um aumento expressivo (de 04 para 10 alunos) em número de acertos, ainda assim se apresenta inferior em termos de demonstração de aprendizagem desse assunto.

O aspecto importante a se ressaltar é que as notações desses conceitos compreendem à aprendizagem mecânica. Para Moreira (1999b, 1997, 2005) toda aprendizagem trata-se do armazenamento de informações na estrutura cognitiva do aprendiz e a diferença básica entre AS e aprendizagem mecânica está na relacionabilidade à estrutura cognitiva. E assim chega à discussão de que essas notações são atribuídas a esses conceitos pelas pessoas, ou seja, o “significado está nas pessoas, não nas palavras”.

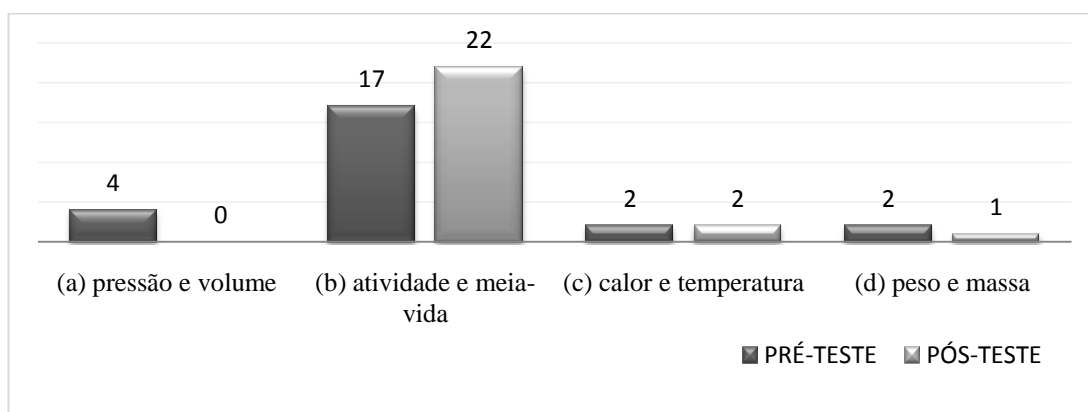


Figura 18 - Gráfico das respostas à questão 10 (Q10)

Essa questão: “A emissão radioativa é um processo estatístico, isto é, existe uma probabilidade de decaimento para todos os núcleos. No estudo da radioatividade, duas grandezas são de fundamental importância” versa sobre as propriedades da radioatividade. Observa-se que seu enunciado é sugestivo, ou seja, a alternativa correta (b) parece se destacar dentre as demais.

Plotados na figura 18, os dados demonstram que 22 alunos dos 25 participantes afirmam que atividade e meia-vida, são grandezas importantes no estudo da radioatividade. Como no questionário anterior 17 alunos já pareciam ter essa

compreensão, o entendimento foi aparentemente aprimorado nas ações desenvolvidas.

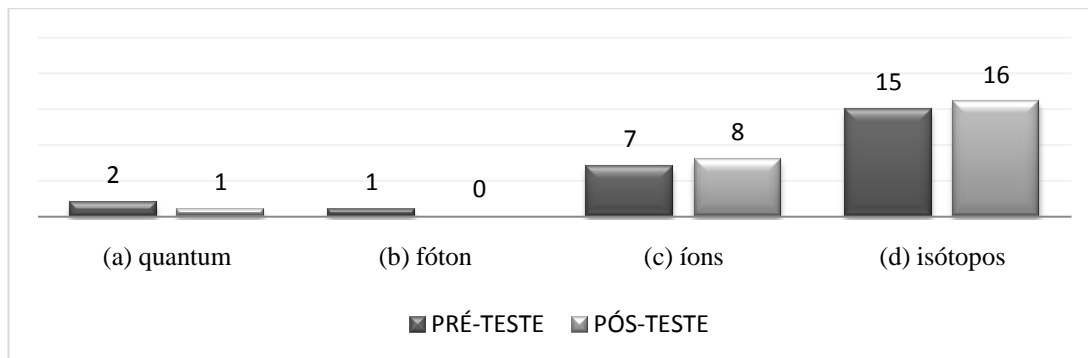


Figura 19 - Gráfico das respostas à questão 11 (Q11)

A Q11, assim como a questão anterior trata das propriedades da radioatividade: “Se alterarmos o número atômico, teremos um novo elemento químico. Mas, somente a modificação no número de massa não altera o elemento químico. Ou seja, um mesmo elemento químico pode existir com diferentes números de massa, são os chamados”.

As respostas a essa questão, plotadas na figura 19, indicam que praticamente não se tem mudanças nas opiniões. Sendo (d) a alternativa correta tem-se uma mínima diferença entre o pré e o pós-teste: 01 aluno; assim também se apresenta a alternativa (c).

Na intervenção foi abordado que átomos do mesmo elemento químico possuem o mesmo número atômico (Z), mas não necessariamente o mesmo número de massa (A), já que podem diferir pelo número de nêutrons (N), são os denominados isótopos. Além dessa intervenção, caberia também tratar este conceito valorizando sua denominação, que é caracterizada pelos termos “iso” (igual) e “topos”(lugar), ou seja, “o mesmo lugar”. Como o número atômico é o mesmo o seu lugar na tabela periódica também é a mesmo; se exploraria mais ainda os significados por traz dessa nomenclatura.

Nesta questão, assim como vimos na Q09, tratamos de aprendizagem mecânica. Ou seja, para o entendimento de isótopos não se faz necessário interação cognitiva entre conhecimentos: o novo e o prévio; de modo que, nesse processo, conforme afirma Moreira (2005), o conhecimento prévio ficaria mais elaborado em

termos de significados, e adquire mais estabilidade. Já que esta interação é característica da AS.

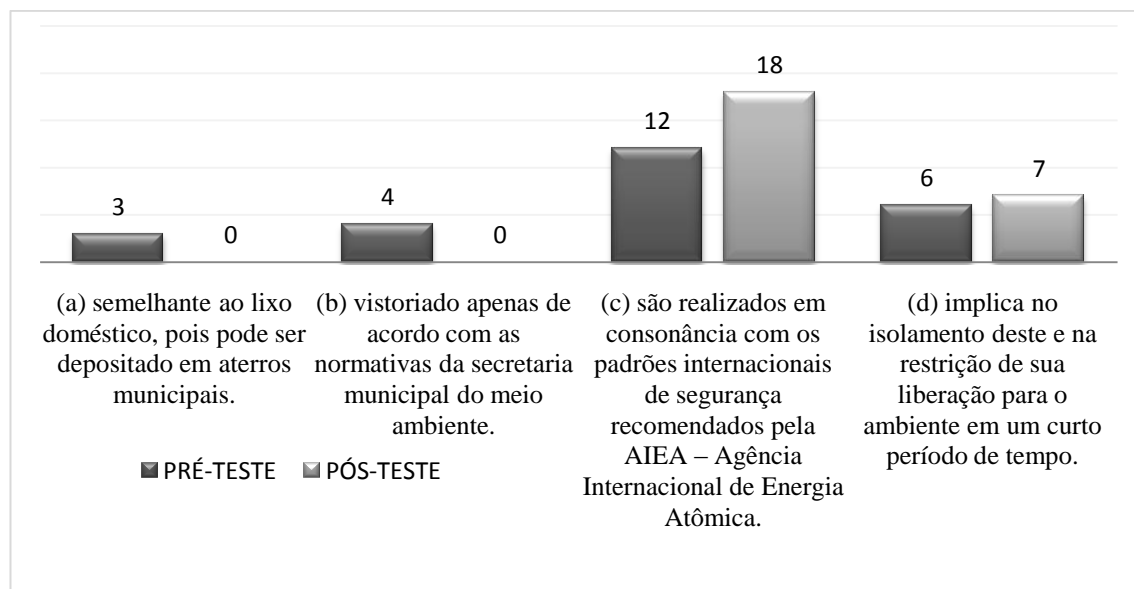


Figura 20 - Gráfico das respostas à questão 12 (Q12)

A Q12: “Os processos que utilizam material radioativo também geram lixo, conhecido como rejeito radioativo, os quais são classificados de acordo com o grau de sua radiação. O tratamento desse lixo é” vai além do entendimento das aplicações das radiações ionizantes, pois alerta quanto à implicação socioambiental desse manuseio.

As respostas a essa questão podem ser analisadas na figura 20 e demonstram que a maioria dos alunos, em maior número no pós-teste, afirmou que o tratamento dos rejeitos radioativos é realizado em consonância com os padrões internacionais de segurança recomendados pela AIEA, conforme alternativa (c).

Também se observa que diferentemente do pré-teste, o questionário investigativo aplicado após as intervenções junto aos alunos, não apresenta uma divisão entre as opções de respostas; ficando somente entre a alternativa correta (c) e (d). Nesta apenas o termo “*curto período*” a torna incorreta dentro do contexto; provavelmente foi o ponto que corroborou para que esses estudantes a assinalasse como correta. Já as demais alternativas se apresentam totalmente incorretas e nenhum dos alunos, após as atividades didáticas, as considerou. O que sugere que esses alunos parecem ter entendidos conceitos físicos com análise em suas aplicações

e as consequências de suas ações. Isso pode indicar valorização de se aprender para a cidadania, para a vida; provável evidência de uma aprendizagem que além de significativa é crítica. (MOREIRA, 2005).

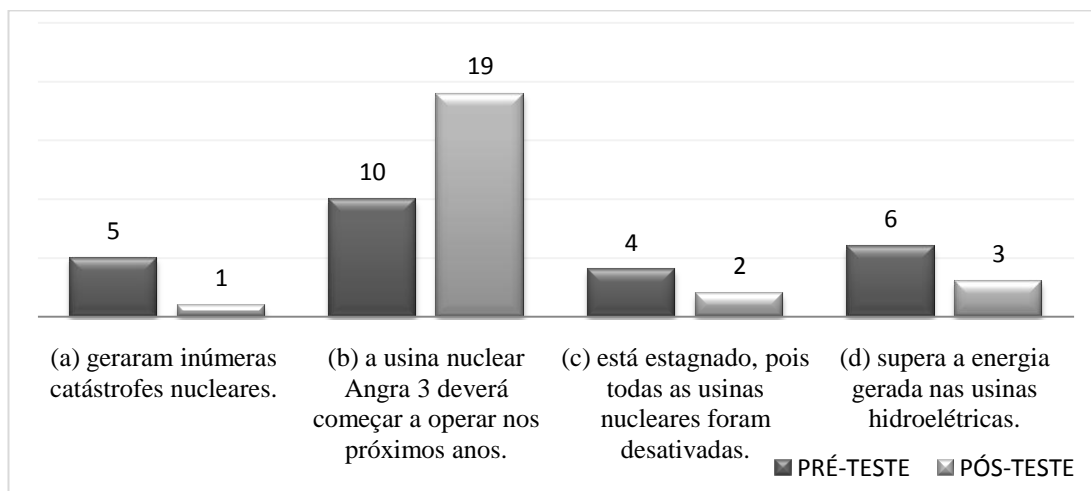


Figura 21 - Gráfico das respostas à questão 13 (Q13)

Para a questão 13, gráfico da figura 21, que tratou da situação brasileira em relação à energia nuclear, entre os participantes, 19 alunos consideram que a atual situação do Brasil na produção de energia nuclear pode ser representada pela alternativa (b), que é a correta.

Pelas inserções dos aprendizes, durante a intervenção, se observou acreditarem que em nosso país se utilizavam apenas usinas hidroelétricas para a geração de energia. Observação que contraria o fato de que, no pré-teste, 06 alunos consideraram que o atual estágio da produção de energia nuclear no Brasil supera a energia gerada nas usinas hidroelétricas, possivelmente se confundiram com a interpretação do enunciado por se tratar de um tema pouco trabalhado nas aulas de Física do EM. No entanto, após as ações didáticas, esse entendimento pode ter sofrido mudanças, possivelmente com construção de significados, como indicado pelo aumento no número de acertos, de 10 para 19 alunos.

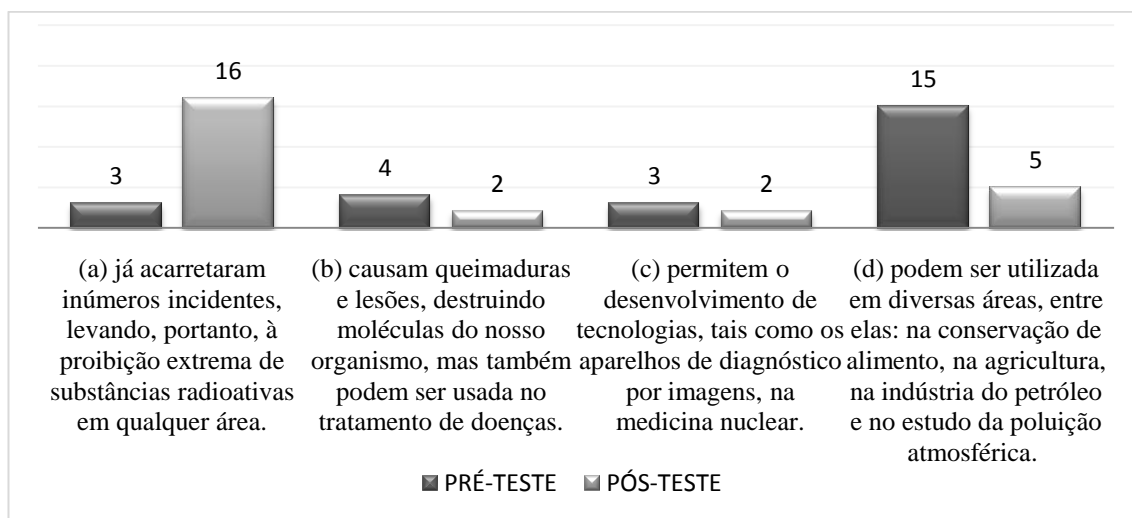


Figura 22 - Gráfico das respostas à questão 14 (Q14)

Sendo a questão 14: “As radiações interagem com a matéria e os efeitos dessas interações dependem, principalmente, da energia das radiações e do meio com o qual elas interagem. Sobre esses efeitos assinale a proposição INCORRETA”, se observa que não traz apenas efeitos da radiação no organismo (b), conforme sugere o comando da questão; têm-se também aplicações das radiações (c) e (d), além de supostas implicações de seu uso (a), essa que parece suscitar o medo em relação a este assunto, sendo esta a opção que deveria ser identificada.

Pelo gráfico das respostas a essa questão, figura 22, entre os participantes, 16 alunos, após as atividades didáticas, consideraram incorreta a alternativa que afirma ser proibido o uso de substâncias radioativas em qualquer área. Como se observa no gráfico da figura 21 o aumento em acertos, no pós-teste, foi muito expressivo, de 03 para 16 alunos. Já no pré-teste a alternativa (d) foi a respondida pela maioria dos alunos, que apresenta dados corretos, portanto não atende ao comando da questão.

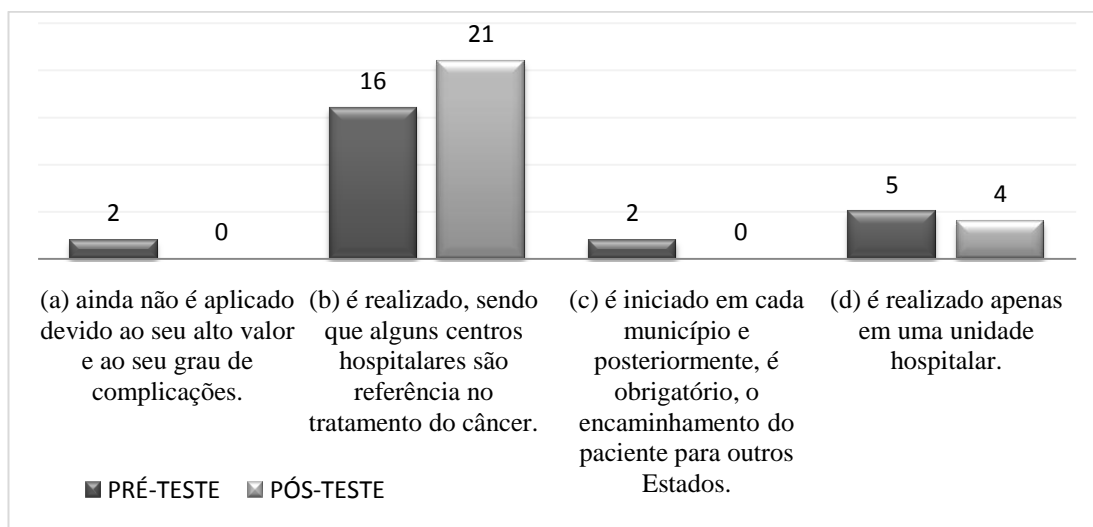


Figura 23 - Gráfico das respostas à questão 15 (Q15)

Foi por meio da Q15: “A terapia com radiação, também conhecida como radioterapia, é uma técnica médica que combina o uso de substâncias radioativas, computadores e detectores. Em Mato Grosso, esse tipo de tratamento” que mais diretamente se procurou averiguar o entendimento a respeito da atual condição do nosso estado em relação aos tratamentos oncológicos.

Os dados indicam, figura 23, que após as ações didáticas, 21 alunos dos 25 participantes parecem entender que, em Mato Grosso é realizada a terapia com radiação e que não é obrigatório o encaminhamento do paciente para outros Estados.

Na intervenção feita junto aos alunos foi abordado que a unidade hospitalar onde se realizou a atividade de campo é classificada pelo Ministério da Saúde como Centros de Alta Complexidade em Oncologia no Estado de Mato Grosso; este credenciamento só é concedido a serviços capazes de oferecer atenção integral ao paciente em um só espaço físico.

Os demais alunos marcaram que este tipo de tratamento é realizado em apenas uma unidade hospitalar. Talvez possa ter influenciado para que esses 04 alunos demonstrassem essa opinião o fato de que a atividade de campo se realizou em apenas uma unidade hospitalar.

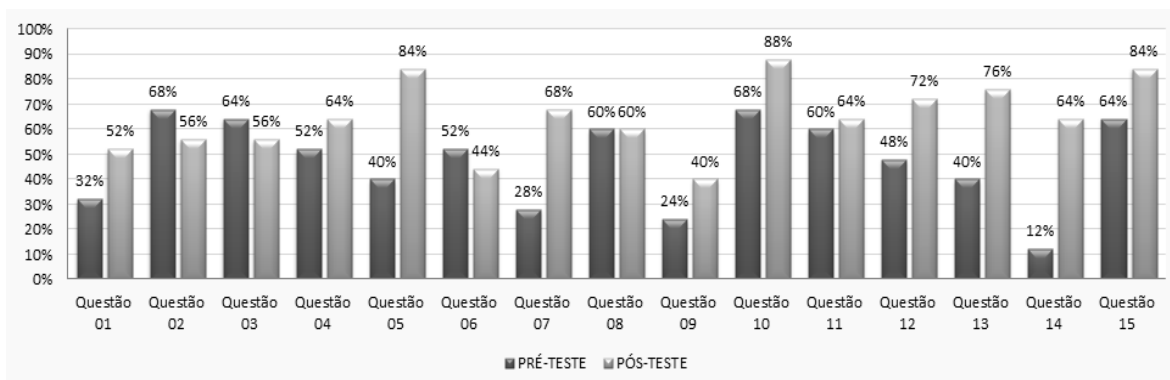


Figura 24 – Gráfico dos percentuais de acertos recolhidos referente a cada questão.

De modo geral, junto aos alunos, foram abordadas noções de FN, suas aplicações e implicações na sociedade. No intuito de permitir ao aluno compreender conceitos básicos da estrutura da matéria – questões 01, 02, 03, 04 e 09; identificar os processos históricos da descoberta da radioatividade – questões 05, 06, 07 e 08; compreender e interpretar os fenômenos físicos da radiação – questões 06, 07, 08, 10, 12 e 14; confrontar as tecnologias utilizadas em radioterapia com os princípios da FN – questões 12, 13, 14 e 15; e sensibilizar-se quanto o papel social das aplicações de substâncias radioativas – questão 15.

Os resultados recolhidos, figura 24, mostram que 11 das 15 questões superaram o pré-teste nos acertos. O que parece indicar que os estudantes estruturaram conceitos importantes para a compreensão de tópicos de FN; favorecendo a construção das relações envolvidas entre sujeito e ambiente, símbolos e significados, e conceitos e eventos.

4.1.3 Indícios de Aprendizagem Significativa Crítica: Discussão acerca das aulas dialógicas e Depoimentos extraídos do questionário investigativo (Pós-teste).

A atividade de campo foi complementada com aulas dialógicas em sala de aula, uma vez que a AC pede momentos de discussão para análise e estudo do material “recolhido”. Essas aulas foram realizadas com toda a turma, 37 alunos, e não apenas com os participantes da atividade de campo, 30. Evidentemente que seria importante que toda a turma tivesse participado da AC, entretanto, esta situação pode

reforçar a ideia de que estávamos lidando com situações do cotidiano e estas, assim como a natureza, não se fundamentam na idealização.

Nas aulas, como já mencionado, foram trabalhados os módulos I e II compostos por tópicos de FN, abordados desde a AC. Em sala de aula, fez-se uso de multimídia – slides com utilização de imagens, entre outras, dos personagens que contribuíram ao desenvolvimento da FN e radioatividade com ilustrações de alguns dos experimentos que os ajudaram para tais feitos e os levaram aos modelos atômicos; ao entendimento da estrutura no átomo e, em especial, do seu núcleo; às características e propriedades da radiação ionizante. Momentos valorizados por discussões mediadas pelo professor-investigador e pelas imagens registradas na AC.

Entendendo que de maneira progressiva, os significados vão sendo adquiridos/construídos/internalizados (MOREIRA, 2010), a análise qualitativa desta pesquisa foi além das respostas dadas aos questionários investigativos, analisou-se também as inserções recolhidas durante as atividades didáticas e os depoimentos extraídos no último encontro com os sujeitos da pesquisa.

Essas participações são resultados das discussões levantadas em sala de aula e que promoveram inserções dos alunos, anotadas durante e/ou posteriormente as aulas dialógicas e, como o professor-investigador não era o professor efetivo da turma, ou seja, não os conheciam por nomes, essas participações não trazem referências aos alunos autores. Entretanto, na descrição dos depoimentos extraídos do pós-teste a identificação dos alunos foi feita, inicialmente, pela elaboração de uma lista em ordem alfabética dos sujeitos da pesquisa e, depois, se fez uso das primeiras e últimas letras desses nomes como codificação. Porém, em situações que coincidirem os códigos, estes serão diferenciados por números conforme sua ordem na lista elaborada.

As palavras dos alunos foram transcritas literalmente juntas ao texto que se segue e, por opção, a análise será feita em seguida. De modo a obter indícios do processo que geriu a construção do conhecimento dos conceitos físicos estudados e de possíveis evidências de AS e ASC.

Nas aulas, em geral, se observou participações mais frequentes dos alunos que foram à atividade de campo, principalmente quando tratamos dos conhecimentos que

compunham o segundo módulo, que tratava das aplicações de materiais radioativos, em especial na medicina oncológica.

Antes do início da primeira aula ouvia-se variados comentários sobre a atividade desenvolvida no HCMT, por exemplo:

“Foi muito legal a aula de campo”;

“Moro há muito tempo perto do hospital e não sabia que usavam radiação”.

E alunos que não foram na aula de campo cobravam:

“Também quero ir”.

“Vai ter outra aula de campo lá no hospital?”

Falas que parecem significar aceitação da AC como estratégia didática, motivação ao seu desenvolvimento e tomada de consciência quanto aos acontecimentos do seu entorno. Conjecturas que se fortalecem com os seguintes depoimentos: *“Adorei a aula de campo e fez muita diferença, pois aprendi muito. Agradeço a oportunidade” (MN2); “Foi muito interessante, pois é uma forma de incentivar os alunos a saberem mais sobre a Física Nuclear. Tirar os alunos da sala de aula é bom porque cansa todo dia, em sala de aula, só escrevendo” (MA) e “As aulas fora das salas, sendo aplicadas, são interessantes, pois despertam mais o nosso interesse de aprender e de visualizar coisas novas.” (AM).*

Além disso, podem também serem interpretadas como indicadores da necessidade da diversificação das práticas educacionais, como sugerido por Moreira (2005) e da busca de informações em fontes variadas (BRASIL, 1998); e que foram mencionadas pelos alunos ao se fazer referências às estratégias didáticas, ao currículo escolar e à importância de outras ações como as que realizamos: *“É muito importante a dinâmica nas aulas para que elas não se tornem monótonas e pouco produtivas” (RA); “Gostei muito da aula, pois pude ter um pouco mais de conhecimento sobre a Física. A aula foi muito importante, mas claro que ia ser melhor ainda se todas as pessoas tivessem oportunidade a uma aula como essa.” (FS) e “A aula de campo tem que ser regulamentada no currículo do aluno” (MS).*

Já nos seguintes relatos pode-se verificar a relação entre a atividade de campo e as aulas dialógicas: *“A aula que tivemos no Hospital de Câncer e posteriormente em sala de aula, abriu nossas mentes sobre os conhecimentos da Física, vimos que estes abrangem muitos campos; a aula foi muito proveitosa e muito conceituada.” (KN) e*

“A aula de campo juntamente com a aula na sala foi de grande importância na minha aprendizagem, pude notar que a radiação também gera benefícios, benefícios esses que melhoram a condição de vida de inúmeros pacientes com câncer. Pude também perceber que a Física não se limita apenas em uma sala de aula, mas também em outros ramos importantes da vida.” (TG). Isso pode significar que se demonstrou eficiente a maneira adotada por esta pesquisa, que valorizou a ideia de complementaridade dessas práticas e do desenvolvimento da AC anteriormente as aulas dialógicas de modo a motivar os alunos ao estudo que estava sendo proposto.

Na aula inicial, conforme recomenda Ausubel (1968) foi feita uma exploração dos entendimentos prévios dos alunos a respeito da FN e da radioatividade e suas relações com as ações sociais e as novas tecnologias. Verificou-se que os estudantes percebiam os conceitos físicos da radioatividade apenas como assunto estudado em aulas de química; ao serem questionados quanto a isso responderam:

“Apenas o professor de química ensinou sobre radiação”.

De fato, durante o planejamento das atividades, verificou-se que o livro de química⁸ adotado por aquela instituição trata de tópicos da radioatividade em alguns de seus capítulos. Já o livro de Física⁹ traz em seu último capítulo tópicos da Física Moderna, mais especificamente, trata de conceitos quânticos; da nuclear aborda somente os modelos atômicos. O que corrobora com o trabalho de Valente et al (2008) na conclusão de que os tópicos de FN são pouco explorados nos livros de Física do EM. Isso pode resultar em práticas educacionais sem um embasamento científico que propicie vínculo com as questões sociais, abordagens contextualizadas e interdisciplinares.

Como já referido, a atividade de campo no setor radioterápico trata de temas de caráter interdisciplinar, envolve também, por exemplo, conceitos químicos e biológicos. Isso pode demonstrar que as ações desenvolvidas por meio da AC vêm de encontro à forma mais direta e natural de se conceber temáticas interdisciplinares, segundo Brasil (2002) que é “examinar o objeto de estudo disciplinar em seu contexto real, não fora dele”.

⁸ SANTOS, W. L. et al. Química e Sociedade: Volume Único. 1ª ed. São Paulo: Nova Geração, 2005. 742p.

⁹ GASPAR, A. Física: Volume Único. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2005. 530p.

Nesse sentido, na descrição do aluno **BP** observa-se menção à interdisciplinaridade das ações desenvolvidas: *“Aprendi nessa aula prática que a Física pode ser olhada de uma forma menos chata, cansativa e complicada. A Física por si só é um estudo aprofundado, junto com a química, para entendemos o meio onde vivemos e as coisas simples do nosso dia-a-dia, entre outros fatores que antes eu não entendia. Essas aulas servem como quebra de barreiras entre aluno e escola”*.

Outro ponto que parece revelar-se neste depoimento é que o termo “quebra de barreira” sugere uma maior aproximação de todos os envolvidos nas ações educacionais e que integram a escola. Cada um deve assumir suas responsabilidades, estas que são individuais, entretanto, em prol do coletivo. Dentre os integrantes, tem-se o professor e o aluno; sendo que ao professor cabe planificar a agenda de atividades; enquanto que ao aluno, compete querer aprender. (NOVAK, 1984).

Dando sequência na aula, discussões foram propostas e se observou certo temor em relação à radioatividade. Observação ressaltada na fala de uma aluna:

“Tenho medo da radiação por ser algo invisível e sem cheiro”.

Em relação à participação da aluna, abordou-se a caracterização da radiação e da radioatividade. Sendo radiação uma forma de transmissão de energia à distância que acontece por meio de pequenas partículas que se deslocam com grande velocidade, ou por ondas de natureza eletromagnéticas, como por exemplo, a luz e o infravermelho; já radioatividade está ligada diretamente ao núcleo do átomo, na qual, como veríamos adiante, ao final do processo de reação o núcleo sofre alteração. Intervenção que vem de encontro em mediar o aprender por meio da interação social e do questionamento e a partir daquilo que o aluno já sabe (MOREIRA, 2005), ao passo que são orientados ao entendimento científico.

Em seguida a mesma aluna brincou:

“Da luz eu não tenho medo”.

Aproveitando ainda o momento, lembrou-se do episódio ocorrido na AC onde um aluno antes de entrar na sala de aplicação de teleterapia declarou que estava com medo e questionou:

“Não é perigoso?”.

Naquela ocasião foi esclarecido que todo o ambiente acolhe às normas de segurança que regem estas atividades; possui circuitos interligando portas e aparelho radioterápico, assim, este estando em funcionamento as portas, obrigatoriamente, estarão fechadas. Além disso, desligando o aparelho a radiação é imediatamente interrompida. Este mesmo aluno, agora em sala de aula, declarou:

“Hoje, eu não teria medo em entrar naquela sala”.

E complementou informando que até comentou com seus pais o quanto é interessante as profissões que tratam dos fenômenos da FN.

Essas discussões parecem ter contribuído à superação do medo a estes fenômenos, uma vez parte do medo que as pessoas sentem em relação aos processos nucleares é proveniente da falta de conhecimento científico e que, de modo geral, os conhecimentos adquiridos favorecem a segurança e a autonomia (ANDRADE e ROMERO, 2009).

Posteriormente, outro aluno questionou a vantagem das aplicações da radiação:

“E o custo benefício da utilização da radiação, compensa? E os acidentes?”.

Neste momento o seu colega de turma foi enfático:

“Cara, lembra-se da quantidade de pessoas procurando ser curado?”.

Estes alunos estavam no grupo que teve de aguardar um pouco junto aos pacientes, na recepção do setor radioterápico, antes de entrarmos nos ambientes onde se realizou a AC.

Observa-se que as discussões levantadas até o momento parecem revelar entendimentos pessoais dos fenômenos radioativos e suas implicações no contexto social. Aparentemente tudo que eles têm em mente é fruto dos meios de comunicação e/ou provenientes das experiências com familiares e amigos, já que alguns alunos faziam menção a tios, mães e amigos que realizam ou realizaram tratamentos oncológicos. Talvez essas inserções espontâneas sejam demonstrações de que esses cidadãos-estudantes não estão totalmente alheios aos acontecimentos do meio que vivem.

No entanto, no contexto das salas de aula, ao professor cabe conduzir e ao aluno ser conduzido; de modo que ao estudante “quase sempre não lhe é solicitado atividades que conduzem ao desenvolvimento do pensar, do sentir e tomar decisão.” (RINALDI, 2002). Procurando amenizar essa situação, permitiu-se, neste trabalho,

que o aluno falasse. O papel do professor-investigador foi contemplado como mediador, uma vez que é importante como facilitador à ASC o abandono da narrativa, que “implica a busca de outras maneiras de ensinar, nas quais, metaforicamente, o professor fale menos, narre menos, e o aluno fale mais, participe criticamente de sua aprendizagem”. (MOREIRA, 2005).

Após a sondagem de abertura das aulas deu-se início ao primeiro módulo – Contexto histórico da FN e conceitos básicos da radioatividade, com o objetivo de permitir que os estudantes compreendessem que a Física foi e continua sendo construída ao longo do tempo. Para isso, foram estudadas as especificidades básicas do átomo e de suas partículas além das contribuições dos cientistas para a descoberta da radioatividade. Verificou-se que os estudantes demonstraram uma ideia de que os modelos atômicos são de difícil compreensão. Além disso, evitavam pensar em um modelo contrário à analogia de sistema planetário. A afirmação de um aluno ilustra esse fato:

“Mas sempre vi desenhos assim”.

Fazendo referência ao núcleo sendo o equivalente ao Sol e os elétrons como planetas que giram ao seu redor. Provavelmente os conhecimentos prévios dos alunos estavam impedindo a captação dos significados do novo entendimento - noções do modelo atômico quântico. Neste caso, como sugere Moreira (2005) faz-se necessidade da desaprendizagem; onde, “aprender a desaprender é aprender a distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio e libertar-se do irrelevante”. Para isso, foi enfatizado que o modelo quântico associa a energia do elétron à probabilidade de sua localização e também foi realizada a apresentação da ilustração que caracteriza este modelo. Procurou-se promover o esquecimento seletivo. Fazendo uso apenas das concepções relevantes ao passo que um panorama geral da Física construída no século XX foi sendo discutida.

Na segunda aula, realizou-se um breve comentário sobre os tópicos estudados na aula anterior, de modo a atender a reconciliação integrativa como princípio programático instrucional potencialmente facilitador da AS (MOREIRA, 2005). Após isso, deu-se sequência no estudo da descoberta da radioatividade. Buscou-se destacar as dificuldades de se afirmar o real mentor de determinadas descobertas de

outrora, e, neste contexto, debatemos o trabalho realizado por Becquerel como fruto de um “longo e tortuoso caminho que levou à descoberta da radioatividade”¹⁰.

Ao longo das discussões sobre a descoberta da radioatividade, notou-se interesse em relação à pesquisadora Marie Curie:

“É verdade que ela morreu de [devido ao] câncer?”;

“Eles [o casal Curie] tiveram filhos?”.

Na intervenção junto aos alunos destacou-se que a pesquisadora foi contemplada com dois prêmios Nobel; em certo período de sua vida volta o estudo da radioatividade para as aplicações terapêuticas e, veio a óbito depois de muitos problemas de saúde.

Com o estudo da produção e das propriedades das radiações nucleares, alguns estudantes manifestaram compreender os fenômenos estudados, evidências de que aprenderam que a radioatividade acontece a partir do núcleo do átomo e o fato de um elemento químico emitir radiação depende basicamente de os núcleos de seus átomos serem ou não instáveis. Manifestações que podem ser representadas pela seguinte afirmação:

“Entendi que tem elemento químico radioativo e não radioativo e é no núcleo do átomo que está a diferença. Antes eu ficava pensando de onde vinha se podia ser tocado, visto...”

Sobre esta abordagem foi recolhido o seguinte depoimento: *“Aprendi mais sobre a Física Nuclear, a respeito dos elementos químicos que são radioativos e os que não são”.* (TA).

Verificou-se também que alguns dos alunos pareciam já terem estudados as grandezas físicas atividade e meia-vida, e que a busca por semelhança e diferença entre esses conceitos os auxiliavam em uma melhor compreensão:

“Eu ouvi falar em atividade e meia-vida, mas não entendia muito bem a diferença.”

¹⁰ Texto disponível na página do Instituto de Física da UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o título “A Descoberta da Radioatividade”, sendo este baseado no artigo de R.A. MARTINS, “Como Becquerel não descobriu a radioatividade”, publicado no **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 7, n. especial, p. 27-45, jun. 1990.

Momento que foi propício para explorar as relações, similaridades e diferenças, entre estas grandezas, de modo a favorecer a reconciliação integrativa (MOREIRA, 2005).

Posteriormente, foi discutido que de modo semelhante a outras descobertas no campo da Física, as radiações nucleares foram empregadas em várias ações humanas, dentre estas, nas usinas nucleares. Nos momentos em que esse assunto foi abordado, pelas atitudes dos alunos – expressões de novidade e pela ausência de inserções, aparentemente sugerem que este assunto ainda não tinha sido trabalhado. Provavelmente pelo fato dos tópicos de FN e suas aplicações serem praticamente inexistentes nos livros do EM (VALENTE et al, 2008). E assim, uma visão geral sobre as aplicações da FN foi discutida, em particular as que envolvem o emprego de grande quantidade de energia liberada quando ocorre a divisão nuclear. Como forma de expressar seu entendimento a este respeito recolheu-se o seguinte depoimento: “*A utilização da energia nuclear como fonte energética se deve a grande quantidade de energia gerada nas reações nucleares.*” (EJ).

Em seguida foi abordado que essas aplicações se baseiam em técnicas que têm grande influência na nossa forma de interagir com o mundo nas mais variadas áreas: saúde, indústria, agricultura, pesquisa, entre outras. Neste momento, uma aluna interagiu com aparente admiração:

“Nossa, são tantas, né?! é até difícil de imaginar viver sem”.

Participação que pode ser complementada com os depoimentos que se seguem, respectivamente dos sujeitos da pesquisa LN, MN1 e AS: “*Ao sair da sala de aula foi possível ver realmente a utilização da radiação com seres humanos, possibilitando assim o aprendizado, pois ficou muito mais interessante à aula sobre a medicina nuclear e a radiação*”; “*A Física é muito usada em todos os lugares e nas tecnologias*”; e “*Foi muito importante a ida ao Hospital de Câncer, pois pude conhecer mais de perto a Física, no meio em que vivemos, vi que se tem muita utilização fora da sala, e que a Física está em todo nosso meio*”.

Esses posicionamentos além de sugerirem que as ações desenvolvidas favoreceram a habilidade de compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana (BRASIL, 2002), podem indicar que esses alunos conseguiram observar a constante interação entre as atividades humanas e os

fenômenos da FN (SOUSA et al, 2008). E ainda corroboram para que se amenize a debilidade encontrada no trabalho de Valente et al (2008) quanto a ausência de materiais didáticos que suscitem discussões das “questões sociais atuais que envolvem aspectos de física nuclear”. Neste processo – relacionamento da FN às ações cotidianas talvez seja um caminho propício à estruturação dos conceitos estudados. Estes que na visão de Novak (1984) são importantes para a estrutura do conhecimento e a construção de significados.

Iniciado o segundo módulo – Princípios físicos e tecnológicos da radioterapia, cujo objetivo foi compreender as aplicações de materiais radioativos e suas implicações junto à sociedade, seguiu-se a aula repassando as instituições responsáveis pelo manuseio e/ou controle legal das radiações. Assim como ocorreu na AC as atribuições dessas instituições foram referidas. Depois foram tratados dos acidentes nucleares e radiológicos e dos rejeitos radioativos. Foi solicitado que os aprendizes comentassem o que sabiam sobre esses assuntos. Um dos alunos expôs:

“O acidente na China foi muito grave”.

Neste momento, o riso tomou conta da turma.

“Peraí”...

Exclamou o aluno e continuou:

“Na China não... deixa pra lá”.

Foi confirmado que ele estava se referindo ao ocorrido no Japão, logo, foi somente confusão entre países. Em seguida, outros estudantes fizeram menção aos acidentes em Chernobyl - Ucrânia, 1986, Goiânia - Brasil, 1987 e Fukushima - Japão, 2011. Sendo este último o mais comentado, provavelmente por ser o episódio recente em relação os demais. Neste momento, um aluno se expressou da seguinte maneira:

“Eu vi na TV que as pessoas estavam tomando pílulas de Iodo, não é isso”?

Procurando atender a este questionamento, foi utilizada como referência a entrevista¹¹ da professora especialista em FN Regina Bitelli Medeiros do departamento de diagnóstico por imagem da UNESP - Universidade Estadual Paulista. Foi discutido em sala que, segundo a especialista, em se tratando de

¹¹ MEDEIROS, R. B. Radiação nuclear pode causar de queimaduras a câncer, diz especialista: depoimento. [14 de março, 2011]. São Paulo: *GI – Globo Notícias*. Entrevista concedida a Marília Juste e Tadeu Meniconi.

radiação ionizante é importante se evitar não apenas a exposição como também a incorporação das substâncias radioativas.

Ao serem questionados se lembravam do conceito de radiação ionizante, um aluno respondeu:

“Causa ionização”.

Participação que gerou risos da turma, mas outra aluna interveio:

“Mas é isso mesmo, pois retira elétrons do átomo, ou algo assim”.

A aluna demonstrou uma participação ativa, ao que parece fez uso dos “significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos”. (MOREIRA, 2005).

Após relembrarmos o conceito de radiação ionizante, continuamos com a explanação ao questionamento quanto às pílulas de iodo. Foi esclarecido que uma das formas mais comum de incorporação dessas substâncias radioativas é pela inalação de gases que se misturam à atmosfera depois de um vazamento. E assim:

Um dos elementos que representa maior ameaça neste sentido é o iodo [...] o corpo humano precisa dele para que a tireoide funcione normalmente e tende a absorver as partículas de iodo radioativo que ficam suspensas no ar. Para evitar que isto ocorra, estão sendo dadas pílulas de iodo não radioativo à população. Desta forma, o corpo fica saturado do elemento e, mesmo se ele for inalado na forma radioativa, não será absorvido. (MEDEIROS, R. B, 2011).

Nas discussões foram observadas demonstrações que poderiam ser traduzidas em: “Os conhecimentos da FN estão mesmo no cotidiano das pessoas!” Indicando que ao serem utilizados eventos conhecidos pelos alunos e/ou próprios das relações CTS surgem manifestações de interesse ao conhecimento estudado, fator que favorece a ASC.

Em seguida, fazendo uso de imagens registradas na AC, iniciou-se o estudo mais especificamente da FN e o tratamento radioterápico. Foi um dos momentos de maior descontração nas aulas, pois os alunos se identificavam nas imagens apresentadas nos slides e faziam comentários:

“Olha, me lembro desse momento”;

“Foi aí que físico nos mostrou como é feito o cálculo da radiação”;

“Viram a espessura da porta?!”;

“É dali que sai a radiação”;

“Cara, naquela sala é muito frio”.

Já os alunos que não foram à AC aproveitaram para mais uma vez reafirmarem que gostariam de terem ido.

Durante a abordagem da simbologia obrigatória nos ambientes que lidam com radiação ionizante um dos estudantes disse:

“Vi este símbolo quando fiz raios-X”.

Mais uma vez se observou o estabelecimento de relações entre o assunto estudado e ações que vão além do ambiente escolar. A participação do estudante foi aproveitada para que se posicionassem diante do seguinte questionamento: Por que há um aviso/recomendação às mulheres grávidas nos locais onde se manuseiam algum tipo de radiação acima do normal? Esta interação proposta pelo professor-investigador atende ao planejamento didático flexível, possível de improvisos pertinentes ao assunto estudado; já que o questionamento foi originado da participação do aluno. Além disso, assegura que em geral os episódios no contexto escolar são singulares, ao passo que “ninguém, nem mesmo o professor, jamais viveu com condições exatamente iguais”. (PERRENOUD, 1999).

Seguem as inserções dos alunos à questão levantada:

“Deve prejudicar a gravidez, é claro.”

“A radiação ionizante age no DNA”.

“O bebê recebe a radiação”.

Na intervenção foi salientado de que toda mulher antes de se submeter a qualquer procedimento com radiação ionizante deve comunicar ao seu médico a gravidez ou suspeita. É este profissional que avaliará os riscos e benefícios dessa exposição de modo a garantir a segurança à gestação e ao feto.

Notou-se que ao serem incentivados a se posicionarem alguns dos aprendizes conseguiram fazer alusões satisfatórias à questão levantada; enquanto que outros por mais que não se posicionaram aparentavam ainda terem dificuldades em relacionar os conceitos físicos estudados e suas relações interdisciplinares com o questionamento levantado. O que pode indicar a não homogeneidade do processo que leva à aprendizagem, em outras palavras, significa que estes alunos aprendem de maneiras e tempos distintos. Uma vez que por mais que os conhecimentos estudados sejam públicos e possíveis de serem compartilhados, a aprendizagem desses tem

caráter peculiar e pessoal (NOVAK, 1984). Além disso, esses acontecimentos vivenciados em sala parecem indícios dos tipos de aprendizagem definidas por Ausubel: representacional, conceitual e proposicional, uma vez que os alunos demonstraram capacidades de nomear, conceituar e expressar os significados de ideias representadas por grupos de palavras. (AUSUBEL apud MOREIRA, 1997).

O depoimento que se segue parece sugerir que o aluno **PH** se coloca como integrante ativo no contexto educacional e que as ações desenvolvidas foram importantes ao seu aprendizado ao afirmar que elas *“trouxeram vontade de aprender e estudar mais sobre o assunto; Curiosidade foi despertada; Entendemos o uso da Física em diversas áreas da vida”*. O mesmo aluno também traz indicativa de que toda prática educacional direcionada à aprendizagem humana deve ser avaliada e aperfeiçoada permanentemente: *“Foi um ensino completo, claro que pode melhorar, mas foi diferente do que estamos acostumados – estudantes de escolas públicas; A explicação, o entendimento e o despertar sobre a matéria foram completos; Devemos entender e aprender de que a Física é tão importante quanto às outras matérias... (Isso foi percebido desse estudo)”*.

De acordo com os depoimentos das alunas **AC** e **AR**, descritos respectivamente a seguir, ao que parece às ações desenvolvidas conduziram à tomada de consciência das próprias capacidades de aprender além de mudança na maneira de entender os conhecimentos físicos: *“Confesso que após as aulas da Prof.^a Sandra, meus conhecimentos sobre a Física Nuclear se ampliaram de uma forma que nem eu mesma estou reconhecendo. E creio que levarei estes conhecimentos para toda vida”* e *“Hoje em dia acho que a Física é importante, por que nela encontramos muitas coisas que não sabemos”*.

Pelas inserções e depoimentos dos alunos, o ensino de Física que procura valorizar os significados exige distanciamento da simples transmissão de conhecimento, e se configura na sua gradativa construção (NOVAK, 1984). Para isso, ao professor, se faz necessário além do honesto entendimento daquilo que se quer ensinar, o entendimento de como se observar essa construção, ou seja, de como se dá a aprendizagem. Desse modo, favorecer uma aprendizagem que além de conceitual, crítica acerca das aplicações e implicações sociais dos tópicos de FN.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que por mais que se tenha uma constante interação entre as atividades humanas e os fenômenos da FN, estes são pouco explorados nos livros de Física do EM: “nenhum dos textos traz elementos suficientes às discussões das questões sociais atuais” que envolvem aspectos desta área do conhecimento (SOUSA et al, 2008; VALENTE et al, 2008). Neste sentido, as ações desenvolvidas na presente pesquisa parecem que contribuíram para amenizar essas debilidades por meio de uma abordagem contextualizada e interdisciplinar do ensino de Física. Para tanto, vivenciou-se na AC, em local propício, princípios físicos envolvidos nos tratamentos radioterápicos assim como os riscos físicos, químicos e biológicos dos eventos. Lembrando que “[...] é impensável o desenvolvimento do ensino de ciências de qualidade sem o planejamento de trabalhos de campo que sejam articulados às atividades de classe” (BRASIL, 1998).

Entretanto, conforme discutido no capítulo II, anteriormente ao desenvolvimento de novas propostas didáticas é necessária a análise fundamentada se estas corroboram ou não à aprendizagem dos conhecimentos propostos. Na perspectiva da ASC de tópicos de FN por meio de AC, das teorias que se dedicam ao entendimento do processo ensino-aprendizagem e suas relações com o aprender à cidadania, buscou-se ancoragem na TAS e na TASC.

Os dados recolhidos indicam que a AC suscitou a motivação dos estudantes para com o estudo proposto. Provavelmente resultando em alunos predispostos à aprendizagem, esta que é umas das condições para a AS (NOVAK, 1984); diante dos resultados, acredita-se que o objetivo desta proposta tenha sido cumprido, uma vez foram observados indícios de aprendizagem com significados tendendo à reflexão crítica, conforme discutido no capítulo IV. Com isso, foi possível construir um produto didático, validado no desenvolvimento desta pesquisa, que auxilie o professor de Física do EM em AC que aborde temas de FN e dentre eles a radioterapia.

De modo a reduzir as dificuldades encontradas nesta investigação seria interessante trabalhar em conjunto com professores de química e biologia, o que

pode valorizar ainda mais as relações interdisciplinares inerentes nos fenômenos da radioatividade e suas interações.

Outro resultado relevante suscitado nesta pesquisa é que a AC não deve substituir as aulas em sala de aula uma vez que além de ir contra a diversificação do ensino aqui discutida, tem-se que as aulas formais fundamentam e sistematizam os conhecimentos científicos.

Os resultados também indicam que as ações desenvolvidas se revelaram como promissoras na trajetória do conhecimento - pesquisa, ensino e extensão. Contexto sugestivo de uma “transposição social” dos conhecimentos difundidos nas Universidades à comunidade não acadêmica. Nesse contexto, os alunos percebem os significados dos conceitos científicos próprios aos fenômenos radioativos e se posicionam de forma crítica perante suas aplicações sociais, tecnológicas e socioambientais, mostrando-se competentes para tratar desses assuntos junto à comunidade da qual fazem parte; convertendo-se então em potenciais multiplicadores desses conhecimentos. Provavelmente, mais pessoas procurariam tratamento oncológico quando necessário e, com isso, se amenizaria a tendência de senso comum quando se trata de radioatividade a dar maior valor aos acidentes nucleares e radiológicos.

Em relação às perspectivas de pesquisas futuras, entende-se que seria importante outras abordagens que permitam avaliar mais claramente a AS dos conhecimentos dessa proposta, como, por exemplo, uma ênfase maior na extensão, ou seja, que se desenvolva o potencial multiplicador anteriormente citado, de modo que esses alunos levem de fato esse conhecimento à sociedade não acadêmica. Outro ponto a se considerar é que se faça o entendimento do papel da aprendizagem mecânica (AM) nas práticas educacionais; não é que se queira defender a exclusividade da AM no ensino de Física, entretanto, esta se fez necessária quando se tratou de determinados tópicos no desenvolvimento das ações didáticas, conforme discutido no Capítulo V. Também parece ser necessária mais pesquisas que tratem do impacto social da Física, em especial de seus desdobramentos tecnológicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R; ROMERO, T. R. L. **Físicos da Alegria: Projeto de ensino sobre radiologia para crianças do hospital de câncer**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2009, Vitória. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória: Sociedade Brasileira de Física, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, 1998. 138 p.

_____. **Orientações Curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação Básica. Brasília, 2002. 200p.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto. Portugal. Porto Editora, 1994. 338p.

GOWIN, D.B. **Educating**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1981. 210p.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1986. 99p

MEDEIROS, R. B. Radiação nuclear pode causar de queimaduras a câncer, diz especialista: depoimento. [14 de março, 2011]. São Paulo: *GI – Globo Notícias*. Entrevista concedida a Marília Juste e Tadeu Meniconi.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. Actas del II Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos: Universidad de Burgos, p. 19-44, 1997.

_____. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre, 2005. 24p. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2011.

_____. **Aprendizagem significativa**. Editora Universidade de Brasília, Brasília. 1999a. 129p.

_____. **Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos**. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos. Burgos. Espanha. Texto de Apoyo n° 19, 2003. 38p.

_____. **Teorias de Aprendizagem**. 1. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999b. 195p.

_____. **Pesquisa básica em educação em ciências: uma visão pessoal**. Porto Alegre, 2004. <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Pesquisa.pdf>

NOVAK, J.D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Pioneira, 1981. 252p.

NOVAK, J.D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984. 212p.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigação em Ensino de Ciência**, Porto Alegre, RS, v.5, n.1, p. 23-48, mar. 2000.

PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999. 90p.

RINALDI, C. **Características do perfil atual e almejado do professor de Ciências de Mato Grosso: Subsídios para o estabelecimento do status epistemológico da Educação Ética**. 2002. 320p. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, UFMT, Cuiabá, 2002.

SOUSA, W. B. et al. **Física das Radiações: Uma proposta para o ensino médio**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008, Curitiba. XI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2008.

VALENTE, L. et al. **Física Nuclear: Caminhos para a sala de aula**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008, Curitiba. XI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2008.

ANEXO

QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO

UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso
PPGEC – Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências
Ensino de Física
Mestranda: Sandra Maria Gomes de Sousa
Professor Orientador: Dr. Carlos Rinaldi
Professor Co-orientador: Me. Miguel Jorge Neto

Identificação:

I - Para você os conhecimentos da Física lecionados nas escolas são:

- desnecessários uma vez que não têm aplicações no dia-a-dia;
- necessárias para o entendimento do meio em que vivemos;
- complicados e desinteressantes;
- não faz sentido sem o uso da matemática.

II - Seu interesse em relação aos conhecimentos da Física é:

- nenhum
- indiferente
- regular
- ótimo

01. De modo geral, podemos dizer que o objetivo da física nuclear é:

- (a) aplicar a energia nuclear e o desenvolvimento de novas tecnologias.
- (b) ensinar sobre os átomos e suas partículas.
- (c) construir bombas atômicas e usinas nucleares.
- (d) investigar a origem, evolução e estrutura da matéria nuclear.

02. No início deste século, o modelo adotado para descrever o átomo era o de Rutherford-Bohr. Segundo este modelo (modificado), um átomo tem:

- (a) duas regiões maciças e concêntricas.
- (b) duas regiões, uma central - constituída por prótons e nêutrons; e outra em torno da central denominada eletrosfera.
- (c) uma região central constituída por partículas carregadas negativamente.
- (d) uma região central constituída por nêutrons e elétrons.

03. Hoje, sabemos que os núcleos atômicos são constituídos basicamente de:

- (a) ânions e cátions
- (b) prótons e nêutrons
- (c) elétrons e prótons
- (d) elétrons e nêutrons

04. Cientistas observaram que alguns materiais emitem radiação. Uma dessas partículas foram usadas para investigar o próprio núcleo atômico, o qual se mantém unido devido:

- (a) à força elétrica repulsiva que atua nos próton.
- (b) à ação dos nêutrons que interagem por meio da força elétrica.
- (c) à atração gravitacional, já que a força gravitacional é muito maior que a força elétrica.
- (d) à existência de uma força denominada força nuclear, a qual é mais intensa que a força gravitacional e que a força elétrica.

05. Os fenômenos radioativos começaram a ser observados com a descoberta dos raios X, em 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen. Essa radiação nos dias atuais:

- (a) têm utilização restrita à radiografia.
- (b) seu uso é proibido pela medicina, pois causam danos irreparáveis ao organismo humano.
- (c) possuem diversas aplicações que vão além da área médica.
- (d) é obtida por meio de usinas nucleares

06. A descoberta da radioatividade deu o primeiro passo no desenvolvimento da Física Nuclear, culminando com a produção de elementos radioativos artificialmente. A radioatividade se caracteriza pela emissão de radiação. Sobre esse assunto, marque a alternativa INCORRETA.

- (a) nem todos os elementos químicos são radioativos, por exemplo, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio são estáveis e não emitem nenhum tipo de radiação.
- (b) as radiações emitidas pelos átomos podem ser detectadas por alguns instrumentos ópticos que separam a radiação, estes aparelhos são denominados espectrômetros.
- (c) uma partícula alfa emitida por um núcleo “caminha” solta pelo espaço até encontrar matéria – por exemplo, o corpo humano –, onde é absorvida.
- (d) quando os núcleos se dividem liberam uma quantidade desprezível de energia, insuficiente, portanto, para qualquer utilização.

07. Observou-se que, depois de guardar um pedaço de minério (radioativo) dentro de uma gaveta onde havia um pacote de chapas fotográficas virgens, que elas haviam sido expostas à luz, apesar de estarem dentro de uma gaveta e embrulhadas em papel negro. Após investigações, se concluiu que a exposição das chapas se devia às radiações emitidas pelo minério. O cientista desse contexto histórico foi:

- (a) Pierre Curie
- (b) Albert Einstein
- (c) Henri Becquerel
- (d) Cesar Lattes

08. A radioatividade é um fenômeno nuclear, ou seja, núcleos de determinados elementos químicos emitem espontaneamente radiações. Marie Curie, em seu laboratório - um galpão despojado e mal aparelhado -, desenvolveu experimentos nesta área. Suas pesquisas:

- (a) resultaram na descoberta dos raios X.
- (b) apesar de todo o esforço da pesquisadora, em nada contribuíram para a descoberta do fenômeno da radioatividade.
- (c) identificaram a existência do elemento químico rádio (Ra), cujos átomos eram bastante radioativos.
- (d) implicaram na determinação da carga do elétron.

09. A soma do número de prótons e nêutrons é chamada de:

- (a) número atômico, representado por Z.
- (b) número de nêutrons, representado por N.
- (c) número atômico, representado por A.
- (d) número de massa, representada por A.

10. A emissão radioativa é um processo estatístico, isto é, existe uma probabilidade de decaimento para todos os núcleos. No estudo da radioatividade, duas grandezas são de fundamental importância:

- (a) pressão e volume
- (b) atividade e meia-vida
- (c) calor e temperatura
- (d) peso e massa

11. Se alterarmos o número atômico, teremos um novo elemento químico. Mas, somente a modificação no número de massa não altera o elemento químico. Ou seja, um mesmo elemento químico pode existir com diferentes números de massa, são os chamados:

- (a) quantum
- (b) fóton
- (c) íons
- (d) isótopos

12. Os processos que utilizam material radioativo também geram lixo, conhecido como rejeito radioativo, os quais são classificados de acordo com o grau de sua radiação. O tratamento desse lixo é:

- (a) semelhante ao lixo doméstico, pois pode ser depositado em aterros municipais.
- (b) vistoriado apenas de acordo com as normativas da secretaria municipal do meio ambiente.
- (c) são realizados em consonância com os padrões internacionais de segurança recomendados pela AIEA – Agência Internacional de Energia Atômica.
- (d) implica no isolamento deste e na restrição de sua liberação para o ambiente em um curto período de tempo.

13. A Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, situada no município de Angra dos Reis, foi assim denominada em homenagem ao pesquisador pioneiro da tecnologia nuclear no Brasil e principal articulador de uma política nacional para o setor. Sobre o atual estágio da produção de energia nuclear brasileira sabe-se que:

- (a) geraram inúmeras catástrofes nucleares.
- (b) a usina nuclear Angra 3 deverá começar a operar nos próximos anos.
- (c) está estagnado, pois todas as usinas nucleares foram desativadas.
- (d) supera a energia gerada nas usinas hidroelétricas.

14. As radiações interagem com a matéria e os efeitos dessas interações dependem, principalmente, da energia das radiações e do meio com o qual elas interagem. Sobre esses efeitos assinale a proposição INCORRETA:

- (a) já acarretaram inúmeros incidentes, levando, portanto, à proibição extrema de substâncias radioativas em qualquer área.
- (b) causam queimaduras e lesões, destruindo moléculas do nosso organismo, mas também podem ser usada no tratamento de doenças.
- (c) permitem o desenvolvimento de tecnologias, tais como os aparelhos de diagnóstico por imagens, na medicina nuclear.
- (d) podem ser utilizada em diversas áreas, entre elas: na conservação de alimento, na agricultura, na indústria do petróleo e no estudo da poluição atmosférica.

15. A terapia com radiação, também conhecida como radioterapia, é uma técnica médica que combina o uso de substâncias radioativas, computadores e detectores. Em Mato Grosso, esse tipo de tratamento:

- (a) ainda não é aplicado devido ao seu alto valor e ao seu grau de complicações.
- (b) é realizado, sendo que alguns centros hospitalares são referência no tratamento do câncer.
- (c) é iniciado em cada município e posteriormente, é obrigatório, o encaminhamento do paciente para outros Estados.
- (d) é realizado apenas em uma unidade hospitalar.

Obrigada por sua participação!